

Gödöllői Agrártudományi Egyetem  
Gazdaságtudományi Kar

# **TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK**

## **Jegyzet**

Szerkesztette: Dr. Tolner László egyetemi docens

Írták: Dr. Bardóczyné dr. Székely Emőke egyetemi docens  
Loksa Gábor tanszéki mérnök  
Dr. Nováky Béla egyetemi docens  
Dr. Tolner László egyetemi docens

Gödöllő  
2003

# Tartalomjegyzék

1. Az élet feltételei a földön	1
2. Meteorológia	4
3. Vízgazdálkodás	14
4. A bioszféra alkotó anyagok tulajdonságai	48
5. Növényvédőszer	66
6. A növények kémiai összetétele és minősége	74
7. A tápanyagutánpótlás	82
8. A talaj	89
9. Talajkészleteink	107
10. A termőföld értéke	110
Vizsgakérdések	116

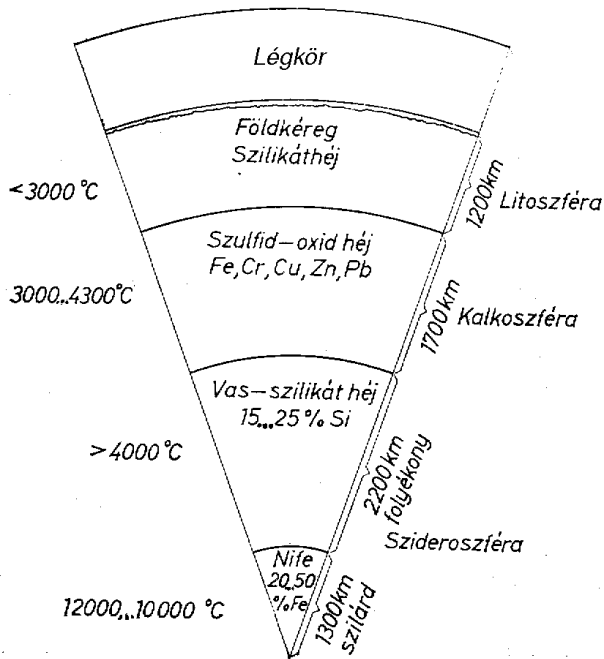
## Bevezetés

A tantárgy segítségével a hallgatók egyfelől megismerik azokat a legfontosabb kémiai fogalmakat és folyamatokat, amelyek a talajtani, növénytáplálási, állatélettani és hidrológiai ismeretkörökhöz szükségesek, másfelől enciklopédikus ismereteket szereznek a talajról, a vízről és a levegőről, mint a mezőgazdasági termelés eszközeiről. Hangsúlyozott ismereteket szereznek a termőföldről, mint legfontosabb természeti kincsünkről. A tantárgy oktatása során kiemelt hangsúlyt kapnak azok az ismeretkörök, amelyek lehetővé teszik, hogy szakmailag megalapozódjon a hallgatók későbbi közigazdasági tanulmányai számára a termőfölddel és a vízkészletekkel való gazdálkodás.

## 1. Az élet feltételei a földön

### A föld

A 6000 km sugarú közel gömb alakú föld belseje nem homogén. A mintegy 1300 km sugarú közel 10000 C° hőmérsékletű mag körül különböző tulajdonságú héjak helyezkednek el (1.1 ábra). A föld szilárd kérgé a föld sugarához képest vékony 10-40 km vastag héj a felszínen. A kéreg a kontinensek alatt 30-40 km, míg az óceán alatti mintegy 10 km.



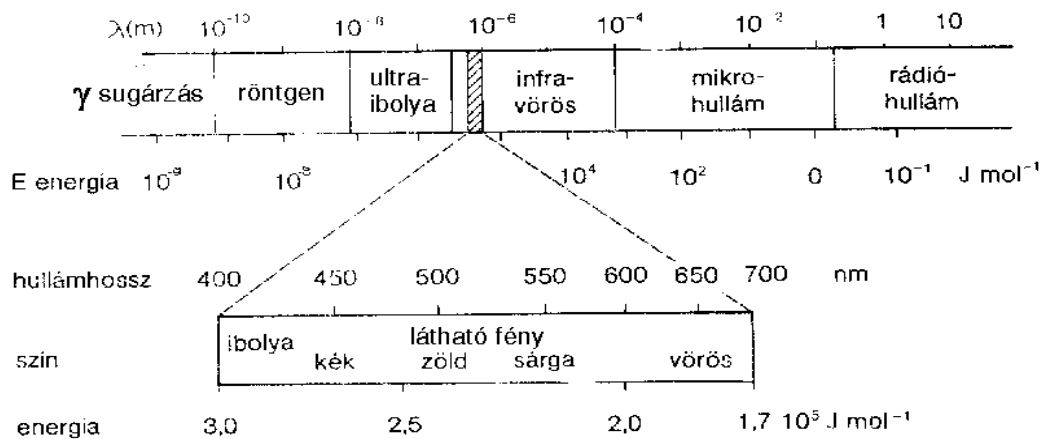
1.1 ábra A föld kémiai felépítése

A földfelszín 1/3-át kitevő kontinensek évi néhány centiméterrel elmozdulnak egymáshoz képest. A mi térségünkben az afrikai kontinens kéreglemeze folyamatosan közeledve becsúszik az európai lemez alá. Ez a mozgás kezdte felgyűrni 20 millió évvel ezelőtt az Alpokat és a Kárpátokat. Ez az emelkedés még ma is tart. A mozgás miatt a kőzetlemezekben feszültség keletkezik, amit az időszakonként felszabadul földrengést okozva. Ez a zóna jelenleg a Földközi-tenger vidékén van. A mozgások eredményeképpen hazánk területén jelentős mennyiségben tengeri üledékek is találhatóak.

A földi élet lehetőségét jelentős mértékben az a mintegy 1000 km vastag légkör jelenléte biztosítja, amely a kívülről érkező sugárzások megsűrűsével, az energia megőrzésében, és az oxigén, a széndioxid, valamint a nitrogén szolgáltatásával pótolhatatlan szerepet tölt be.

### A napsugárzás

A földre az energia elektromágneses sugárzás formájában érkezik és távozik is el onnan. Az elektromágneses spektrumot a 1.2 ábra mutatja.

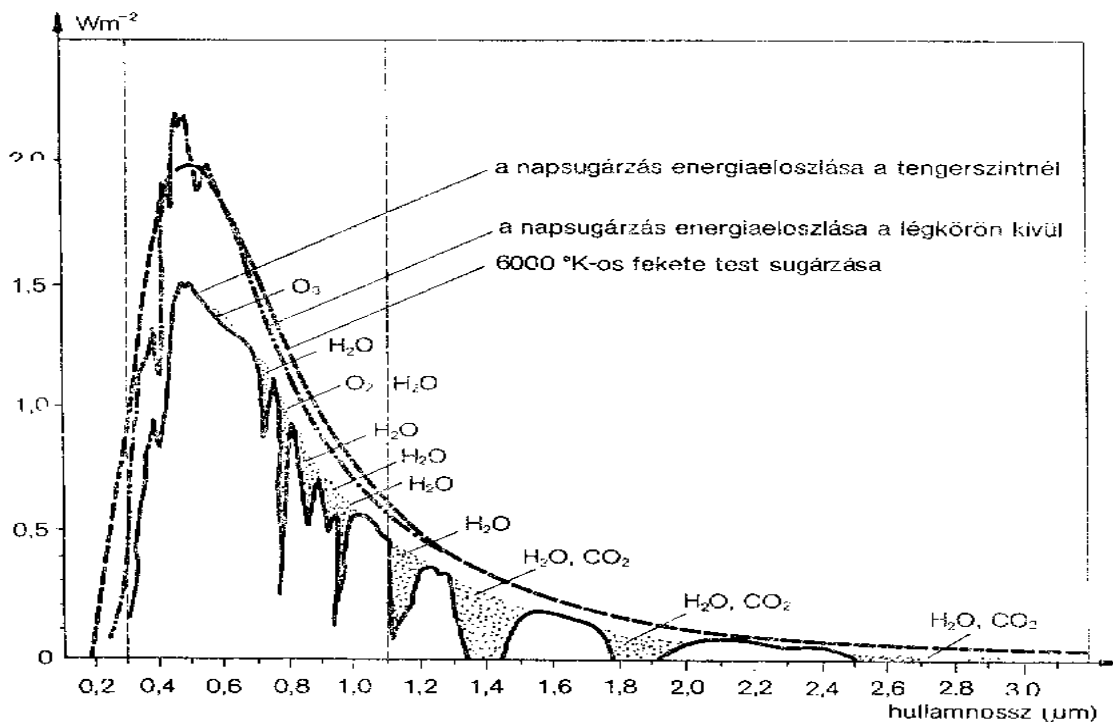


1.2 ábra Az elektromágneses spektrum

A legrövidebb hullámhosszú, egyben legnagyobb energiájú  $\gamma$  sugárzás az atommag kölcsönhatás energiatartományába tartozik. A röntgen sugárzás az atom belső elektronpályáinak gerjesztésének megfelelő energiatartományba tartozik. Az atomok vegyértékhejével kapcsolatos kölcsönhatások, vagyis

a kémiai reakciók energiájának megfelelő energiájú az ultraibolya és a látható tartományba eső sugárzás energiája. Infravörös illetve mikrohullámú tartományban a molekulákon belüli, illetve a molekulák mozgása tartozik. Ebbe a tartományba esik a földfelszín hősugárzása is. Rádióhullámokat, illetve mikrohullámot elektronikus eszközökkel is elő lehet állítani.

A nap energiáját magfúziós folyamatok szolgáltatják. A föld légkörét elérő sugárzás döntően a mintegy 6000 °C hőmérsékletű napkoronából származik. A napsugárzás összetételét a légkörön kívül, illetve a légkör által megszűrt összetételt az 1.3 ábra mutatja.



1.3 ábra A napsugárzás összetétele

A légkörben levő anyagok különböző hullámhossztartományokat szelektíven szűrik ki.

Különös jelentősége van köztük az ózonnak, ami az élővilágra káros ultraibolya sugárzás jelentős részét képes elnyelni. Ezért aggasztó hogy olyan környezetszennyező anyagok elsősorban a halogénezett szénhidrogének, közülük is különösképpen hűtőgépekből és kozmetikai spray-ekből származó freon jelentős mértékben károsította ezt a **védő ózonréteget**.

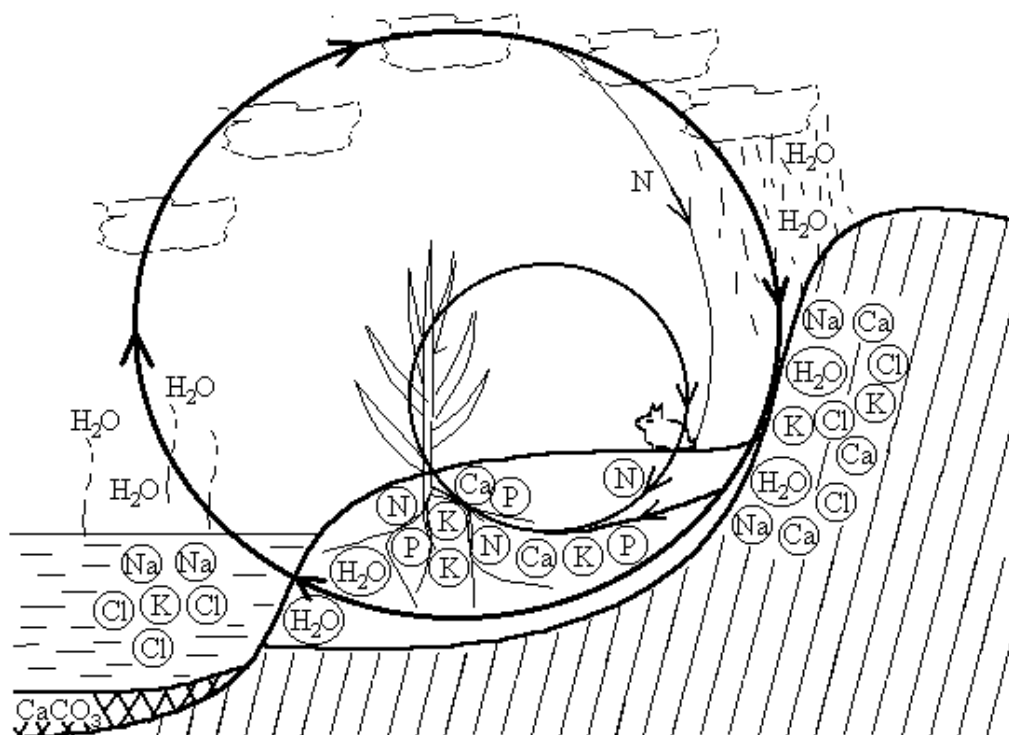
A vízgőz és széndioxid az alacsonyabb hullámhosszú (infravörös és mikrohullám) sugárzásokat nyeli el, azt a tartományt amelyet a föld kisugároz. Ez az úgynevezett **üvegházhatás** (az üvegházban ugyanezeket a sugarakat az üveg nyeli el), és nagyon fontos a föld energiaháztartása szempontjából. A fosszilis tüzelőanyagok nagymértékű égetése hatására a légkör széndioxid tartalma növekedik, ez a föld általános melegedését eredményezi. Amennyiben ez a hatás tartósnak bizonyul, a sarki jég jelentős része elolvad. Ez a tengerszint emelkedésével, és a tengerparti sűrűn lakott területek elöntésével jár.

### Az elemek geológiai és biológiai körforgása

A Föld felszínén előforduló elemek átrendeződésében, vegyületeik mozgásában két körfolyamat ismerhető fel, az egyik geológiai, a másik biológiai jellegű. E két folyamat nem független egymástól, hanem a talajban egymással szorosan összekapcsolódva, egy időben megy végbe. Ezáltal a talaj az összekötő kapocs a kőzetek, a vizek, a légkör, valamint az élőlények között, így a benne végbemenő folyamatok nem csupán helyi jelentőségűek, hanem a Föld egészének anyag- és energiaátalakulásait is befolyásolják.

A **geológiai körforgás** (1.4 ábra) során a kőzetek anyaga fokozatosan elmállik, az oldható sókat a víz bemossa a talajvízbe, innen azok a folyókba, majd az óceánokba kerülnek. Ennek hatására a tengerfenéken különböző vastagságban üledékes kőzetek halmozódnak fel, mint pl. a mészkő és a

dolomit. Idővel a kéregmozgások hatására a tengerfenék anyaga a felszínre jut, és az üledékes kőzeteken megindul a mállás, esetleg a talajképződés, majd megismétlődik az anyagok geológiai körforgása.



1.4 ábra A tápelemek geológiai és biológiai körforgása

Az élet kialakulása után megindult a **biológiai körforgás** is. Az élőlények alkalmazkodtak a környezetükben lévő közeghez, és az életfolyamataikhoz szükséges tápanyagokat folyamatosan onnan veszik fel. Az élővilág fejlődése során, az élőlények közvetítésével ezért az elemek geológiai körforgásából jelentős anyagmennyiség került a biológiai körforgásba. Az idők folyamán a növények tápanyagai felhalmozódtak a kőzetmálladékban, amely ezáltal fokozatosan talajjá vált. Ekkor alakult ki a talaj legfontosabb tulajdonsága, a termékenység.

A biológiai körforgás során a növények gyökereikkel felveszik a talajból a szükséges tápanyagokat, amit aztán testük anyagának felépítéséhez használnak fel. Elpusztulásuk után a talajba visszakerült maradványaik a mikroszervezetek hatására egyszerű anyagokra bomlanak, amelyek pedig ismét a magasabb rendű növények táplálékául szolgálhatnak.

A biológiai körforgást nemcsak az anyagok oldhatósága irányítja, hanem a talajban lévő élőlények tápanyagigénye is. Minél nagyobb mennyiségre van szükségük a növényeknek egy tápelemből, annál többet vesznek fel belőle, majd idővel annál több halmozódik fel a termőhely közelében.

A biológiai körforgásban résztvevő anyagok, amikor az élőlények testében tárolódnak, időlegesen kikerülnek a geológiai körforgásból. Ezáltal ezeknek az anyagoknak a tenger felé haladása lelassul. Az ember azzal, hogy a mezőgazdasági termékek jelentős részét városokban fogyasztja el, és anyagcsere termékeit a csatornarendszeren keresztül a folyókba üríti, meggyorsítja az élőlények számára fontos anyagok tengerbe mosódását. Hasonlóan gyorsítóhatású a műtrágya alapanyagok kitermelése és alkalmazása is.

## 2. Meteorológia

### Bevezetés

A meteorológia a Föld szférái közül a levegőburok fizikai folyamataival, jelenségeivel foglalkozó tudomány, amely három nagyobb tudományterületre osztható: a légkörtanra, az éghajlatra, és az alkalmazott meteorológiai rész tudományterületek összességére. A légkörtan a légkörben lejárató folyamatok és ott tapasztalható jelenségek fizikai hátterének feltárásával és vizsgálatával foglalkozik. Az éghajlatban a légkörfizikai jelenségek, folyamatok által hosszú időn át előidézett állapotok tulajdonságai összességével foglalkozik. Az alkalmazott meteorológiai rész tudományok az adott tevékenység és a meteorológia kapcsolatát tárja fel, az adott tevékenység minél eredményesebb folytatása érdekében.

### Az éghajlatban alapjai.

A légkör állapotának feltárása, folyamatai nyomon követése rendszeres mérések és megfigyelések folytatását igényli. Ezen megfigyelések és mérések alapján határozható meg a légkör tulajdonságai, amelyek halmazából un. statisztikai karakterisztikák állapíthatók meg a légkör egy-egy térben elhatárolt elemére, egy adott földrajzi területre vonatkozó légtérre. Ily módon megfogalmazhatóak a légkörfizikai jelenségek jellemző tulajdonságai, azok mértékeinek, időbeliségeinek és változékonyságainak lényegi vonásai, azok együttes rendszere. Az éghajlat tehát egy adott terület időjárás változásai kereteit, az uralkodó időjárás rendszerét határozza meg.

Attól függően, hogy mekkora függőleges és vízszintes kiterjedésű térrész éghajlatát tekintjük, szokás az éghajlat különböző osztályairól beszélni. Makroklímáról beszélünk akkor, amikor kb. 3 km vastagságú, 1000 km-es nagyságrendű horizontális kiterjedésű térrész éghajlatáról van szó (pl.: a Kárpát-medence éghajlata). Mezoklímának nevezzük azt, amikor kb. 1 km alatti magasságú, és 100 km-es nagyságrendű vízszintes kiterjedésű térrész éghajlatát tekintjük (pl.: a Balaton térségének éghajlata). Mikroklíma alatt az 1-2 m függőleges és 10-100 m vízszintes kiterjedésű térrész éghajlatát értjük (pl.: egy növényállomány éghajlata). Ez utóbbit a domborzat szintváltozása és a növénymagasság változó volta miatt nagyobb térséget tekintve terepklímának is szokás nevezni.

### Az éghajlat-alakító tényezők.

Az éghajlatot alapvetően a hő-és vízellátottság határozza meg. A hő-és vízellátottság azonban függ a napsugárzástól és a földrajzi szélességtől, a felszíntől, a tengerszint feletti magasságtól, a légtömegektől, illetőleg az emberi tevékenységtől. A légkör állapotának mindenkori döntő meghatározója a napsugárzás, hiszen így módon jut energiához a Föld-légkör rendszer, és ennek hatására generálódnak a légkör folyamatai.

#### • A napsugárzás és a földrajzi szélesség.

A napsugárzás un. szoláris éghajlati öveket jelöl ki a Földön. A forró éghajlati öv területe a térítőkörök által közbezárt terület, ahol a napsugárzás beesése egész évben derékszöghöz közeli, illetőleg ahol a napsugárzás időtartamát tekintve a nappalok és éjszakák hossza közel azonos. Ez tehát egy meglehetősen állandó és nagy intenzitású sugárzásbevételt eredményez. A sugárzási egyenleg tekintetében a besugárzás mindig felülmúlja a kisugárzást. Ennek következtében az éghajlati elemek közel állandóak, erős feláramlások jellemzik a területet, ahol a passzát szélrendszer az uralkodó. Nincsenek évszakok, hanem attól függően, hogy a trópusi cella mely zónájába tartozik a vizsgált terület, beszélhetünk száraz, vagy nedves időszakról. Éghajlati szempontból igen stabil terület a forró öv.

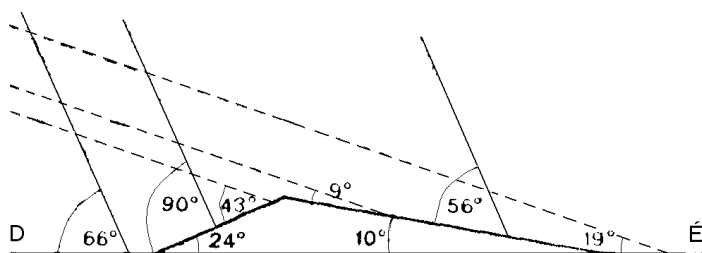
A mérsékelt éghajlati öv területei a Föld északi és déli félteke térítő-és sarkköre által közbezárt területi, ahol a napsugárzás beesése sohasem éri el a derékszöveget, illetőleg a nappalok és éjszakák hosszának az év folyamán bekövetkező jelentős változása miatt a be-és kisugárzás aránytalanul oszlik el. Ebből az következik, hogy az éghajlati elemek nagyon változékonyságúak. A területre a nyugati áramlás a jellemző, amelynek során ciklonok és anticiklonok épülnek ki. Ezen légnyomási képződmények segítségével valósul meg a meleg, nagy nedvességtartalmú trópusi levegő és a hideg, kis nedvességtartalmú sarkvidéki levegő keveredése, biztosítva ezzel a szakadatlan anyag- és energiátanszportot az intenzív és a csekély besugárzásban – energia-bevételben – részesülő területek között. Itt jelenik meg a leghatározottabban és a leginkább elkülöníthetően a négy évszak.

A hideg éghajlati öv területei a sarkkörökön túli területek, ahol a napsugárzás beesési szöge a legcsekélyebb és kb. fél évig nincs besugárzás, míg a másik fél éven át ugyan folyamatos, de igen kis

szög alatt. Ez a kisugárzáshoz mérten csekélyebb besugárzást eredményez, Ebből következően az éghajlati elemek változékonyságát tekintve egy hosszú állandó és egy rövid rendkívül változékony időszak adódik. Ennek megfelelően két évszak figyelhető meg, egy hosszú fagyos tél és egy rövid változékony nyár. Az átmenet néhány hetes csupán.

- **A felszín.**

Az éghajlat szempontjából alapvető a felszín szerepe, ugyanis a napsugárzás energiája a felszín közvetítése révén válik felvehetővé a levegő számára. A Naptól érkező elektromágneses sugárzás legintenzívebb közeli ultraibolya, látható és infravörös tartományba eső részét a levegő átengedi. Ennek egy részét a felszín elnyeli, másik részét visszaveri. A felszín felmelegedését csak a felszín által elnyelt sugárzás eredményezi, amelynek következtében válik a felszín intenzívebb kisugárzóvá a hosszú hullámú tartományban. Így jut energiához a levegő. A folyamat során tehát lényeges, hogy a felszínre érő sugárzás milyen arányban nyelődik el illetőleg verődik vissza, amelyet a felszín sugárzás-visszaverő képességével, az ún. albedóval fejezünk ki. Ez a felszín anyagától és alakjától függ. Az felszín minőséget az anyagi összetétel, szerkezet, szín, nedvességtartalom és borítottság jelenti. Tekintsük a Földünk két meghatározó felszínét, a szárazfölkét és tengereket viselkedését a rájuk érkező napsugárzás esetében. A szárazfölkét esetében a sugárzás a talaj szerkezetessége függvényében csak néhány milliméterig hatol be, míg a tengereket esetében ez akár 200-250 m is lehet. Ebből következően az a sugárzás elnyelésében, az energiátárolásban és energiátárolásban sokkal nagyobb anyagmennyiség vesz részt a tengereket esetében, mint a szárazfölkétnél. A szárazfölkét sugárzás-visszaverő képessége távol határok között változik, hiszen a világos színű, sima, kevés nedvességtartalmú felszín több sugárzást ver vissza mint a sötét színű, érdes (pl.: szántott), nagy nedvességtartalmú felszín. A tengereket esetében a visszaverés csekély, és ez az arány mindig állandó (kivéve az időlegesen, vagy folyamatosan befagyott területeket). A szárazfölkét esetében az év folyamán a felszín borítottsága is változik, (hóborítottság, vízborítottság, növényzet, természetes és mesterséges felszín-átalakítás stb.) amelynek hatása a felszín által elnyelt és visszavert rövidhullámú sugárzás arányának változása tekintetében van szerepe. Mindezeket egybevetve a szárazfölkét esetében nagy napi és évi hőmérsékleti ingások figyelhetőek meg, míg a tengereket esetében ezek csekélyek. A tengereket nagy hőtároló képességgel rendelkeznek, míg a szárazfölkét csak csekély mértékben képesek a hőt tárolni. Az éghajlat-befolyásolás mértékét és időbeliségét tekintve tehát a tengereket esetében hosszú távúságot és állandóságot, míg a szárazfölkét esetében rövidtávúságot és változékonyságot kell érteni.



2.1 ábra Az égtáji kitérés hatása besugárzás szögére

A felszín alakja, pontosabban a vízszinteshez viszonyított hajlásszöge illetve az égtáji kitérés meghatározó az adott felszín besugárzását tekintve. A vízszinteshez viszonyított hajlásszög változásával a vizsgált felszínre eső sugárzás szöge változik, ezzel együtt az egységnyi területen elnyelődő sugárzás is másként alakul (2.1 ábra)..

Ebből következően a nagyobb energia-bevitelben részesült térfelszín esetében magasabb hőmérséklet, kedvezőbb sugárklíma alakul ki, és fordítva. Az égtáji kitérés mindezt erősítheti, vagy gyengítheti.

A felszínborítottság egyik formája a növényborítottság, amelynek éghajlat-alakító, éghajlat módosító szerepe a mezőgazdaságban igen fontos. A növényállomány zöld tömegének záródása esetén a napsugárzást felfogó és átalakító ún. aktív felszín a valóságos fizikai felszínről áthelyeződik a növényállomány felső, záródott részére. Az új aktív felszín más mértékben lesz napsugárzás elnyelő és visszaverő, illetőleg az új aktív felszín és a valóságos fizikai felszín közötti légtérben a növényborítottság nélküli nyílt térfelszínhez képest kiegyenlítettebb a légállapot, csökkennek a napi változások. A befolyásoltság a növény fejlődésével arányos, egyben az adott növény fajától, fajtájától, illetőleg azok biológiai, fiziológiai állapotától függenek.

- **A tengerszint feletti magasság.**

A tengerszintfeletti magassággal egyrészt a légnyomás, másrészt a hőmérséklet változik, mindkettő csökken. A légnyomás változása a levegő mozgását indítja el, tehát a cirkulációs viszonyokban eredményez jelentős változást. A hőmérséklet változása a kondenzációs folyamatokban eredményez változást, ugyanis elérve a 100 %-os relatív nedvességhez tartozó hőmérsékleti értéket, a harmatpontot, megindul a felhő-és csapadékképződés. Természetesen a két vázolt légkörfizikai folyamat mértéke, sebessége és minősége a tengerszintfeletti magasság változásának mértékétől, a vizsgált területek magasságkülönbségétől függ. Szintén a tengerszintfeletti magassággal változik a napsugárzás spektrális összetétele. Arról van szó, hogy a magasság növekedésével egyre csekélyebb a rövidhullámú napsugárzás elnyelődése és szóródása a ritkább és szennyezőanyagban szegényebb levegő miatt, így intenzívebb rövidhullámú sugárzás éri el a felszínt. Ez egyúttal magassági elterjedési határt jelent a természetes és termesztett növények számára.

- **A légtömegek.**

A légtömeg alatt olyan nagykiterjedésű levegőtömböt értünk, amely mozgása során megőrzi fizikai tulajdonságait. A nagykiterjedésű, homogén borítottságú felszínnek felett (sarkvidéki hó-és jég, tengerek, szárazföldek belseje, stb.) lévő levegő fizikai állapotára alapvetően hat az adott felszín, amelynek során különböző hőmérsékletű, nedvesség- és szennyezőanyag-tartalmú levegő tömbök, légtömegek jönnek létre. Ezek mozgásuk során anyag és energiáttranszportot valósítanak meg, más fizikai jellemzőkkel rendelkező levegővel, és felszínnel találkozva egymásrahatás indul meg közöttük a kiegyenlítődé irányába. Ennek során függőleges és vízszintes irányú légmozgások indulnak meg, amelynek következtében felhőképződés vagy felhőoszlás valósul meg csapadékkeletkezésként, vagy szárazságot eredményezve.

- **Az emberi tevékenység.**

Az emberi tevékenység két módon befolyásolhatja az éghajlatot. Egyrészt a felszín átalakítása, másrészt pedig a levegő összetétele megváltoztatása útján. Az épített környezet kialakítása során a felszín leburkolásra kerül, így megváltozik annak hőfizikája, Ugyancsak változik a felszín energia-átalakító szerepe a felszín anyagának megváltoztatásakor, pl.: külszíni bányászat során. A mezőgazdasági tevékenység is eredményezheti a felszín változását, pl.: a szántással, az öntözéssel, illetve magával a növények telepítésével, vagy azok megszüntetésével. A másik befolyásolási mód, a levegő összetételében előidézt változások eredményezte légköri sugárzás-átviteli módosulások. Az mezőgazdasági, de főleg ipari tevékenység, a közlekedés mint légszennyező források sokasága a légkörben jelenlévő, és a légköri sugárzásátbocsátásban szerepet játszó szilárd és légnemű anyagok mennyiségében hozhat létre változást. Ezek az anyagok a CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, freon stb. A megváltozott anyagmennyiség változó sugárzásátvitelt valósít meg, vagyis erősödik az üvegházhatás, ritkul az ózonpajzs. Ezek a befolyásolások önmagukban lokálisak ugyan, de egyre több lokális szennyező forrás jelent meg az elmúlt 150-200 évben, amely már nagyobb léptékű levegő összetételbeli változásokat eredményezett. A probléma abban van tehát, hogy az éghajlatot alakító tényezők változása geológiai időskálájú, míg az emberi tevékenységből eredő változások ennél jóval rövidebbek.

- **Az éghajlat mérőszámai és ábrázolása.**

A különböző tevékenységek művelői, ha tevékenységük meteorológiai vonatkozású kapcsolódását vizsgálják, leggyakrabban éghajlati adatokkal találkoznak, vagy éghajlati adatokat kell összeállítaniuk. Legtöbbször egy-egy átlagértékkel, középértékkel jellemezzük a hőmérsékletet, vagy napi, havi és évi összeggel a csapadékot. Természetesen nagy az információ tartalma az ilyen adatnak, de szükséges azt is tudni, hogy az adott meteorológiai paraméternek a vizsgált időszakban milyen átlagos és abszolút szélső értékei voltak. Ennek ismeretében ugyanis kirajzolódik valamennyi paraméter esetében egy halmaz, egy tartomány, amelyekből a konkrét adatok származnak. A szélső helyzetek gyakoriságának, a sok éves átlagtól való eltérésnek a vizsgálata árnyaltabbá, és egyben ismeretben gazdagabbá teszi a kérdéses éghajlati képet. Az ábrázoláskor szintén érdemes ezt jelölni, nagyban segít az adott hely, terület éghajlata természetének megértésében. Az ábrázolás tekintetében szokás a különböző meteorológiai paramétereket, állapotjelzőket földrajzi eloszlásuk szerint ábrázolni. Gyakran készülnek egy-egy mérőpontra legalább 30, de inkább 50 év méréseire támaszkodóan a hőmérséklet és csapadék – mint a hó-és vízellátottságot megjelenítő állapotjelzők – évi meneteit ábrázoló görbék, vagy oszlopdiagramok.



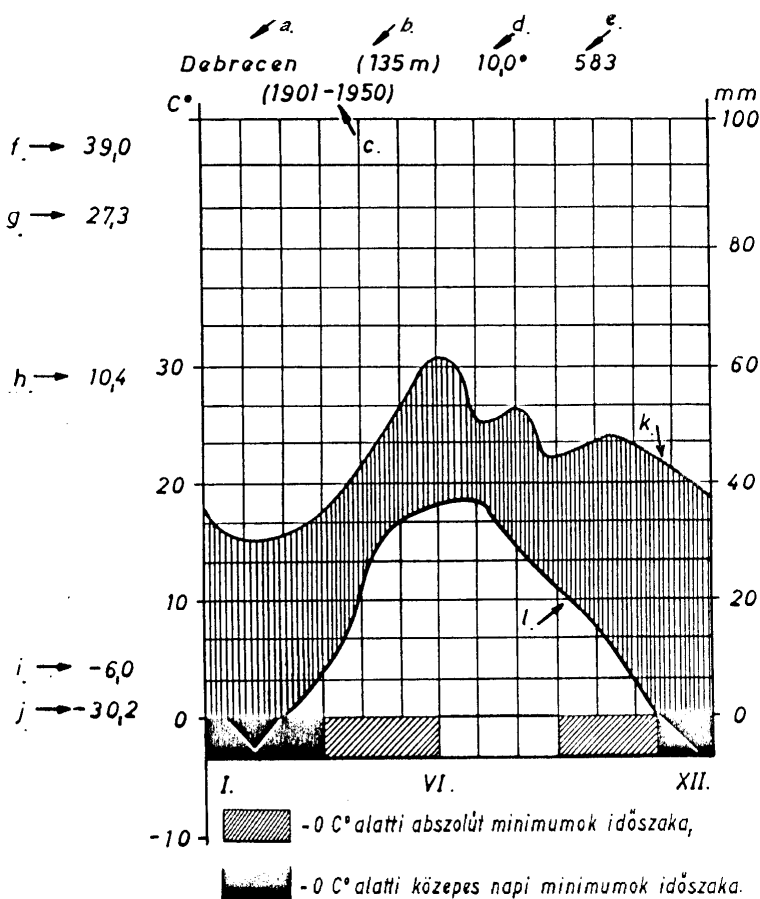
Esetünkben bemutatunk egy gyakran használt, sok hasznos információval rendelkező éghajlat-ábrázolást, a Walter-Lieth féle klímadiagramot. (2.2 ábra) A diagram lényege az, hogy a hőmérséklet és a csapadék évi menetét együtt, a hő-és vízháztartás közötti összefüggésen keresztül mutatja be. A két függőleges tengelyen a hőmérséklet és a csapadék értékei vannak feltüntetve. A skálák megválasztása energia-egyenértékük alapján történt, amely azt jelenti, hogy pl.: a levegő 10 C°-ra történő felmelegítéséhez ugyanannyi energiára van szükség, mint 20 mm csapadéknak megfelelő víz elpárologtatásához.

Az ábra tehát a két görbe egymáshoz viszonyított lefutása alapján kijelöli a száraz és nedves időszakokat. Ha ugyanis a hőmérsékleti görbe fut a csapadék görbe felett, akkor mindig több sugárzási energia érkezik annál, amennyi a lehullott csapadékból adódó víz elpárologtatásához elegendő tehát száraz a klíma, és fordítva.

### • Magyarország éghajlata

Hazánk éghajlata a „kontinentális éghajlat melegebb évszakkal” kategóriába tartozik. A domborzatból adódóan éghajlati egyöntetűség a jellemző az Alföld döntő területi arányából fakadóan. Jellemző az elkülönült négy évszak. Az ország a száraz és nedves éghajlat határán fekszik, ebből következően a csapadékkellátottság a közepes mértékű vízigénnyel rendelkező növények számára elégséges. Alapvetően a szárazföldi légtömeg (nyáron meleg, száraz, télen hideg, száraz) a meghatározó, nyár elején az óceáni légtömeg (nyáron hűvös, nedves, télen enyhe, nedves) hatása felerősödik, míg a szubtrópusi légtömeg nyáron és őszelel érezteti hatását. Fontos tudni, hogy az ország fekvését tekintve a Kárpátok és Alpok hegyláncai által határolt medence egyfajta védett területnek is tekinthető, amely sokszor abban nyilvánul meg, hogy a területünk felé közeledő légtömegek eltérülnek, hatásuk később, és gyengítettebben érvényesül. A domborzati helyzet azonban azt is eredményezi, hogy hosszabb időre állandósulni tud egy adott légköri helyzet, pl.: télen a medencét kitöltő, mozdulatlan hideg levegő helyzete, az ún. hideg párna jelenség

Magyarország esetében a globális sugárzás évi összege 4200-4700 MJm<sup>-2</sup> értékű. A legtöbb besugárzásban a Duna-Tisza közének középső területe részesül, a legkevesebb besugárzás az Alpokalja és az Északi-középhegység vidékén mérhető. Júliusban van a legmagasabb napállás és a leghosszabb besugárzási idő, míg decemberben van a legcsekélyebb besugárzás a legrövidebb nappalokkal. A felhőzet, mint a legfontosabb sugárzáskorlátozó tényező a téli időszakban a legjelentősebb. 1900-2150 óra között változik évente a napsütéses órák száma. Az ország észak-nyugati részei felé haladva csökken, míg a dél-keleti irány felé haladva növekszik a napsütéses órák száma. A magasabban fekvő területeken,



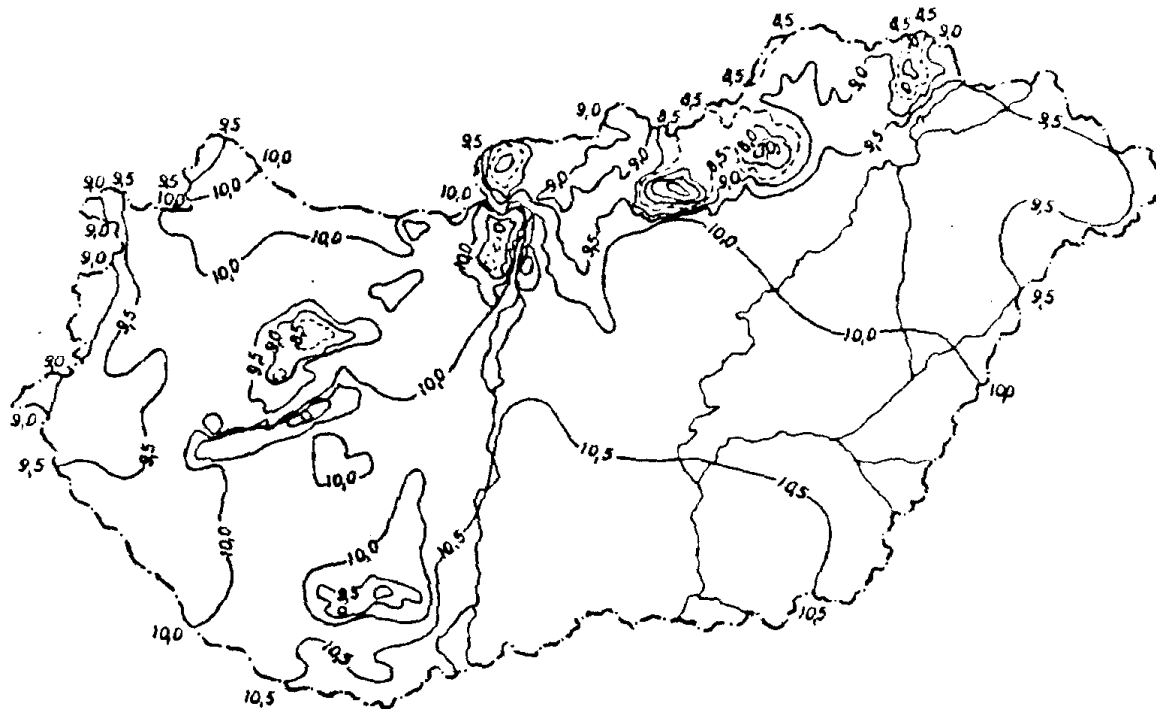
2.2 ábra Walter-Lieth féle klímadiagram

Jelölések: a.– állomás, b.– t.sz.f. magasság, c.– megfigyelési évek, d.– évi középhőmérséklet, e.– közepes évi csapadékmennyiség, f.– abszolút hőmérsékletmaximum, g.– a legmelegebb hónap napi közepes maximum hőmérséklete, h.– közepes napi ingás, i.– a leghidegebb hónap napi közepes minimum hőmérséklete, j.– abszolút hőmérsékletminimum, k.– havi csapadékösszegek görbéje, l.– havi középhőmérsékletek görbéje.

télen másfélszer annyi a napsütéses órák száma, mint az Alföldön, mivel ilyenkor gyakori, hogy az alacsonyabban fekvő területeken hideg, párás, ködös, erősen szennyezett levegő tartózkodik. Nyáron fordított a helyzet, ugyanis a hegyvidékeken gyakrabban tapasztalható borultság, így akkor az Alföld területe részesül hosszabb idejű napsütésben.

A hőmérsékleti viszonyok alakulására alapvetően a napsugárzás van hatással, illetőleg a területre érkező légtömegek. Így tehát fontos a földrajzi szélesség, tengertávolság, és a tengerszintfeletti magasság.

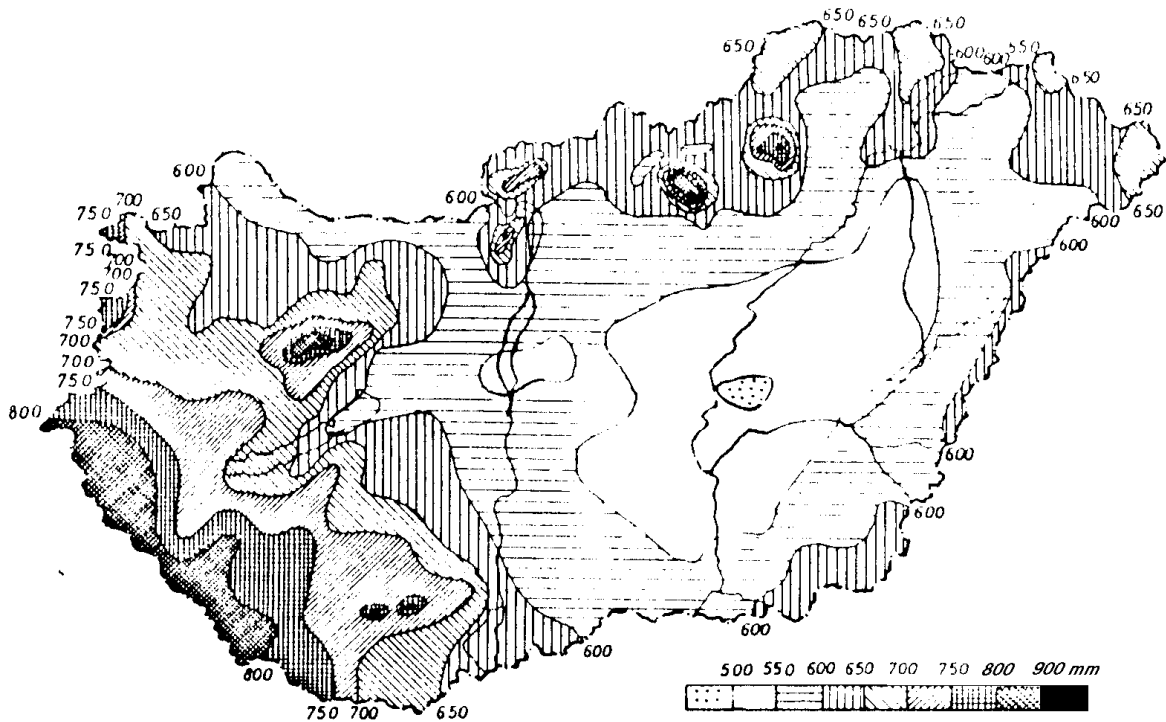
Az évi középhőmérséklet földrajzi eloszlását (2.3 ábrát) tekintve a hegyvidékek domborzata befolyásolása mellett jól látható a hőmérsékleti zonalitás. (8,5-10,5 C°). Észak-nyugat és észak-kelet felé csökken a hőmérséklet, dél felé növekszik. Legmelegebb hónap a július, leghidegebb a január.



2.3 ábra Magyarország évi középhőmérsékleteinek földrajzi eloszlása

Az ország legmelegebb része a Duna-Tisza köze déli területei. A legnagyobb hőmérsékleti ingások az ország észak-keleti vidékén fordulnak elő, hőmérsékletileg a legkiegyenlítettebb helyzet Dunántúl nyugati, délnyugati részén tapasztalható. A hegyvidékeken a magasság növekedésével csökken a középhőmérséklet. Az abszolút maximum 33 és 36 C° között alakul, míg az abszolút minimum -16 és -19 C° között szokott lenni. A közepes évi ingás 20-25 C°, míg az abszolút ingás 49-55 C° között alakul. Fontos jelző a fagymentes időszak hossza. 170-200 nap között változik. A legrövidebb fagymentes időszak az Északi középhegység területén tapasztalható, míg a leghosszabb a Duna-Tisza köze déli részén, a Mecsektől délre eső területen és a Balaton környezetében.

A csapadékviszonyokat tekintve nagyfokú tér-és időbeli változékonyságot figyelhetünk meg (lásd: 2.4 ábra). Figyelembe veendő szempont a tengerektől való távolság és a tengerszint feletti magasság. 500-900 mm között alakul a csapadék évi összege. A legcsapadékosabb terület az ország dél-nyugati területe, hiszen ez a vidék fekszik a legközelebb a tengerhez, legszárazabb vidékünk a Nagyunság. Észak-kelet. észak és észak-nyugat felé haladva nő a csapadék egyrészt nyugati irányban az óceán és az Alpok közelsége miatt, észak és észak- felé pedig a Kárpátok közelsége miatt. A csapadék évi járásának sajátos képe van, un, kettős maximummal jellemezhető. Május vége, június eleje a legcsapadékosabb az óceáni légtömegek megerősödő hatása miatt, ekkor jelentkezik tehát az első, nagyobb maximum, míg október-november hónapban a második, kisebb maximum figyelhető meg a Földközi-tenger vidékéről származó szubtrópusi ,nedves légtömeg hatására. Csapadékban legszegényebb a január. A legtöbb csapadékosabb nap ősz végén, tél elején jelentkezik, amikor több alkalommal csekélyebb mennyiségű csapadék hull közel azonos intenzitással. A legkevesebb csapadékos nap nyár végén, ősz elején tapasztalható. A csapadék egy része (50-150 mm) hó formájában hull le, hegyvidékeinken közel kétszer olyan hosszú ideig eredményezve hóborítottságot.

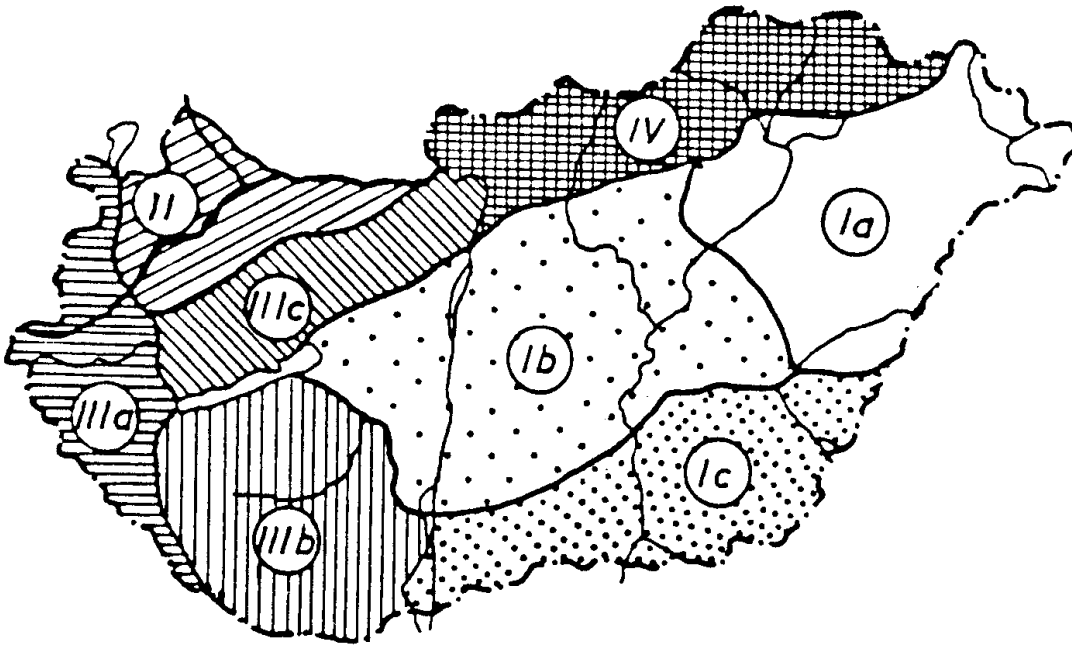


2.4 ábra Magyarország évi csapadékösszegének földrajzi eloszlása

A szélviszonyokat meghatározza, hogy milyen nagyobb térségre jellemző áramlási rendszerhez tartozik az ország területe, illetőleg a helyi domborzati viszonyok milyen módon befolyásolják a cirkulációs viszonyokat. Magyarország a nyugati áramlási zónába tartozik, ezért meghatározóak a nyugatias szelek, e mellett azonban a keleti irányú légmozgások is szerephez jutnak. Nyáron az ország nagyobb részén, a Dunántúlon és a Duna-Tisza közén nyugatias szelek vannak (ÉNY, NY), míg a Tiszántúl vidékén erőteljesebbek a keleties áramlások (ÉK). Télen a keleties áramlások érvényességi területe növekszik, és a Duna-Tisza közén is dominánssá válik. (Általában véve a Duna-Tisza köze egy összeáramlási zónának is tekinthető.) Az Északi Középhegység környezetében erős a domborzat áramlásmódosító hatása, illetőleg a Dunántúli Dombvidék É-D lefutású völgyei jelentenek erőteljes befolyásolást. Az áramlási kép egészére elsősorban a medence jelleg miatt jellemző az erős változékonyság, amely abban ölt testet, hogy a különböző mérőpontok esetében az uralkodó szélirány relatív gyakorisága 15-30% között van. Az átlagos szélsébség 2-4 m/s között alakul, Magyarország tehát a mérsékelt szelű területek közé tartozik. Legszelesebb hónapunk az április, legkevésbé szeles hónapunk a szeptember.

- **Magyarország éghajlati körzetei (2.5 ábra)**

I. **Nagyalföld és a Mezőföld.** A területre a bő napfényellátottság, a nagy hőmérsékleti ingás, a tavaszi, őszi időszakban gyakori fagyveszély jellemző. Kevés a csapadék, alacsony a levegő páratartalma, mikro-és mezoklímban szegény a terület. Döntően a szárazföldi hatások érvényesülnek. Az egyöntetű éghajlatú terület három alkörzetre osztható, ahol valamelyik meteorológiai állapotjelző szélsőséges alakulása a jellemző. Az I/a körzet, a Tiszántúl északkeleti része a legzordabb hőmérsékletű területe hazánknak. Itt alakulnak ki a legalacsonyabb téli hőmérsékletek az itt legerőteljesebben érvényesülő szárazföldi hatás miatt. Az I/b körzet, a Duna-Tisza köze középső területe, továbbá a Mezőföld vidéke a legszárazabb. Csapadékban nagyon szegény terület, az aszály által leginkább, és a leghosszabb időn át sújtott terület. A tényleges párolgás mindig alatta marad a potenciális párolgás lehetőségéhez képest. Az I/c körzet a Duna-Tisza köze déli része a legforróbb nyarú terület, ugyanis a legtöbb napsütésben részesül, illetőleg a nyári időszakban a mediterrán hatások is érvényre jutnak.



- II. **Kisalföld.** Az alföldhöz képest kevesebb napsütés, erőteljes óceáni hatás együttes érvényesülése eredményeképpen mérsékelt hőmérsékleti értékek, csekélyebb napi és évi ingások jellemzők, A csapadék és a levegő páratartalma magasabb az Alföldön mérhetőhöz képest. Bár a nyári csapadék itt is szűkös, de a téli időszakban bőségesebb, illetőleg a hóviszonyok kiegyenlítették. A több felhőzet és a magasabb páratartalom mérsékli a fagyveszélyt és az aszály kialakulását.
- III. **Dunántúli dombvidék.** Az óceáni légtömegekkel erre a területre jut a legtöbb pára és felhőzet, ezért itt az országban e legtöbb csapadék. A csapadék egyenletes, nagy a hóbősség, ismeretlen a területen az aszály Hőmérsékleti szempontból még a Kisalföldénél is kisebb napi és évi ingások a jellemzőek a csekély napfényellátottság és a sok felhőzet miatt. Az ország területén itt a legkisebb a fagyveszély. Domborzati szabdaltsága miatt a terület gazdag mikro- és mezoklimákban. A területen belül elkülöníthetők alkörzetek. A III/a körzet az Alpokalja, az Őrség, az ország délnyugati területei részesülnek a legbővebb csapadéokban. Az Alpokalja esetében a meglévő óceáni hatásokat az Alpok közelségéből eredő felhő és páranövekmény csak növeli, míg az Őrség és Zalai-dombvidék déli területei esetében a tenger közelsége is szerepet játszik a jelentős mennyiségű csapadéokban. A II/b körzet, a Balatontól délre eső területek vonatkozásában az egész évben jelentkező erőteljes mediterrán hatás a legjelentősebb. Nyáron száraz, meleg, télen enyhe és nedves a klíma. Itt a legrövidebb a fagyos időszak, különösen jelentős ez a Mecsektől délre eső vidékeken. A III/c körzet, a Balatontól északra eső területek (Bakony-Vértes-Dunazug hg.) közepes csapadékelátottság, hűvös nyár és enyhe tél jellemezte klímával.
- IV. **Északi hegyvidék.** A domborzat eredményezte függőleges hőmérsékleti tagozódás, közepes napfényellátottság, magas páratartalom a jellemző a területre. A hőmérsékleti ingások nem nagyok, jelentősek és tartósak a légmozgások, mérsékelt a fagyveszély. Összességében elmondható, hogy a különböző égtájú hegyoldalak változatos elhelyezkedése bőséges mikro-és mezoklimák forrása, így ebben a tekintetben az ország legváltozatosabb területe.

### Az agrometeorológia alapjai.

Az agrometeorológia az időjárás és éghajlat mezőgazdasággal összefüggő kérdéseit vizsgáló alkalmazott tudományterület. A különböző mezőgazdasági tevékenységi körök eltérő jelentőségű kapcsolatban vannak a meteorológiával. Az állattenyésztés az a terület, ahol a meteorológiai hatások a legkisebb jelentőségűek, hiszen pl. a belterjes állattenyésztés esetében szinte függetleníthető a folyamat az időjárástól, de a természetes környezetben élő állatok esetében is az állatok helyváltoztató képességük révén meg tudják találni a számukra kedvező, vagy még éppen kielégítő klimatikus körülményeket biztosító helyeket. Az erdészet esetében a több éven át érvényesülő meteorológiai hatások mintegy „eredő” hatás tükröződik vissza, illetőleg az erdő zárt, tömbszerű felépítettségéből adódóan a legjelentősebb a növény-éghajlat visszaható mechanizmus, amely az erdő klímája kiegyenlített jellegében

nyilvánul meg. A növénytermesztés az, ahol a legjelentősebb az időjárás hatása, miután a helyhezkööttségből adódóan a növények ki vannak téve a termőhely sokszor nagyon változékony időjárásai viszonyai egészének a tenyészidőszak alatt.

Az agrometeorológiai ismeretek tárgyalását mindig talaj-növény-légkör(TNL) rendszerben kell tárgyalni, ugyanis a rendszer elemei szoros és szakadatlan kölcsönkapcsolatban vannak egymással. A rendszer elemei közül a talaj mutatja a viszonylag legnagyobb állandóságot. Az alkalmazott fajta, a talaj művelése és tápanyag-utánpótlása és a növényvédelmi eljárások az ember által irányítottak és befolyásoltak, A meteorológiai viszonyok rendkívül változékonyak, nemegyszer szinte ugrásszerű légkörfizikai változások következnek be. A meteorológiai tényezők sorában a sugárzás, a hőmérséklet, a CO<sub>2</sub> nedvesség, és a meteorológiai eredetű káros elemek tényezőket tekintjük át a következőkben.

- **A sugárzás.**

Az éghajlat alapvető meghatározója az a sugárzási energia, amely a Napból a földfelszínre jut. A növények számára ezen az úton biztosított a fotoszintézishez és a vízforgalom fenntartásához szükséges energia, valamint a megfelelő növénytest hőmérséklet elérése. A sugárzást a növények levelei fogják fel. A sugárzás a levelekre jutva elnyelődik, visszaverődik, és részben áthalad rajtuk. A növényállományok a sugárzásnak 55-77%.-át elnyelik, 25-45%-át visszaverik és átbocsátják. A sugárzás átalakításának mértéke a növény leveleinek kiterjedésétől függ. A folyamat függ a növény fajtától, fajtájától, fejlettségi állapotától, valamint a víz-és tápanyag-ellátottságától. A növények eltérő módon reagálnak a szórt és a direkt sugárzás arányára. A fénykedvelő növények a direkt sugárzást kedvelik. Ezeknek a növényeknek vastag leveleik, sok gázcserenyílásuk és kis sejtméretük van.(gabonafélék, paradicsom, szőlő, stb.) Az árnyékkedvelő növények a szórt sugárzást kedvelik, amelyek levelei vékonyak, nagy sejtméretekkel. Termesztett növényeink közül egyik sem tartozik ebbe a csoportba, a vadon élők közül az erdők aljnövényzetét alkotó fajok sorolhatók ide. Az árnyéktűrő növények azok, amelyek mind a szórt, mind pedig a direkt sugárzást jól hasznosítják (sárgarépa, spenót, stb.). A sugárzás spektrális összetételén túl lényeges az is, hogy ilyen időtartamú sugárzás éri a növényt. Ezek szerint beszélünk rövidnappalos növényekről, amelyek fejlődéséhez a napi 8-12 órás megvilágítás szükséges.(uborka, kukorica, napraforgó, stb.) A hosszúnappalos növények esetében a napi 12-16 órás megvilágítás szükséges.(búza, burgonya, borsó, stb.) Vannak növények, amelyek számára közömbös a megvilágítás idejének a hossza.(alma, tők, paradicsom, stb.)

- **A hőmérséklet.**

A növények léte szempontjából alapvető fontosságú a hőmérséklet, hiszen a növénytest hőmérséklete a környezet hőmérsékletétől függ, illetőleg a növény valamennyi biokémiai folyamata hőmérsékletfüggő. Így az összes anyagcsere és életfolyamat sebessége, intenzitása alapvető meghatározója a külső hőmérséklet. A különböző fajok és fajták természetes földrajzi elterjedésének illetve termesztetőségének fontos befolyásolója a sugárzás mellett a hőmérséklet. Minden növény esetében van egy olyan hőmérsékleti érték – az un. bázishőmérséklet – amelynél megkezdődik a növény élettevékenysége. Ha a hőmérsékleti skálát tekintjük, kijelölhető minden növény esetében egy hőmérsékleti tartomány, amelyen belüli hőmérséklet esetében az életműködés normális. A mérsékelt szélességeken, így hazánk területe esetében is ez a tartomány a 10-30 C° között van. Az ennél alacsonyabb, vagy magasabb hőmérsékletek esetében a növények életfolyamatai sebessége változik, eltér az optimálistól. A hőmérséklet emelkedése során egyre gyorsabbá és túlzottá válnak az életfolyamatok, míg nem elérve a felső küszöbhőmérsékletet a folyamatok felgyorsulása a növény károsodásához vezethet, amely esetben még lehetséges a regenerálódás, ám az ultramaximum (hőhalál) elérésekor a növény elhal. Ez a hőmérsékleti érték természetesen faj, fajta, és fiziológiai állapot függő. Az optimálistól alacsonyabb hőmérséklet esetén lassabbá és korlátozottabbá válnak az életfolyamatok, amelyek az alsó küszöbhőmérséklet elérésekor még visszafordítható változásokat idézhetnek elő. Az ultraminimum (hideghalál) bekövetkeztekor a növény elhal. Ezek a küszöbhőmérsékletek tehát olyan un. kardinális hőmérsékleti pontok, amelyeknél megváltozik a növény viselkedése. A növény fejlődése során a különböző fejlődési fázisokban eltérőek lehetnek ezek a kardinális hőmérsékleti pontok, pl. virágzáskor szűkül az optimális tartomány, és alacsonyabbra helyeződik a felső, valamint magasabbra helyeződik az alsó küszöbhőmérséklet. Az különböző fejlődési fázisok időbeli hossza is függ a hőmérséklettől, ennek értelmében tehát a magasabb hőmérsékletű napok esetében ugyanazon fejlődési fázison hamarabb túljut a növény, mint alacsonyabb hőmérsékletű napok esetében. A hőmérsékleti igény és a növény származási helye között a hőmérséklet alapján szoros kapcsolat van, ugyanis a trópusi, szubtrópusi területekről származó növények az un. melegkedvelők, a szárazföldi és óceánmelléki vidékekről származó növények az un. mérsékelt

melegkedvelők, míg a poláris klímaterületről származó növények az un. hidegtűrők kategóriájába tartoznak.

- **A CO<sub>2</sub>.**

A fotoszintézis során a növény szerves anyagból a napsugárzás energiája felhasználásával és víz jelenlétében szerves anyagot produkál, továbbá oxigént termel. A létrejövő szerves anyag elsődleges változatában lévő szén atomszáma klimatikus függést is mutat. A mérsékelt szélességekről származó növények esetében, amelyeknél a 20-25 C° között a legoptimálisabb a szervesanyag építése az elsődleges cukor három szénatomos, ezek az un. C<sub>3</sub>-as növények.(búza, árpa, paradicsom, stb.) A trópusi és szubtrópusi területekről származó növények esetében, amelyeknél 30-35 C° között a legoptimálisabb a szerves anyag építése az elsődleges cukor négy szénatomos, ezek az un. C<sub>4</sub>-es növények.(kukorica, cukornád, stb.) Szerves anyag felhalmozásuk felül múlja a C<sub>3</sub>-sokét. A szélsőségesen száraz termőhelyek növényei az un. CSM típusú növények, amelyek sztómái nappal záródnak, tehát a CO<sub>2</sub> megkötése éjszaka zajlik.

- **A nedvesség.**

A víz a növények fejlődése, produktivitása szempontjából döntő fontosságú. Víz alkotja a növény testtömegének 60-80 %-át, víz jelenlétében válnak oldott állapotban felvehetővé a talajban tárolt különböző tápanyagok, a víz biztosítja a fotoszintézishez szükséges H-t, illetőleg a víz növényen belüli szállítódása, a növényen keresztül való levegőbe juttatása (transpiráció) a növénytest hőmérsékletének szabályozásához is hozzájárul. A TNL rendszerben a nedvességi szint megítélésének leggyakorlatibb módja a talaj nedvességtartalmának nyomon követése. A talaj nedvességtartalma alakulásában vannak bevételi és veszteség tagok. ezek sorába tartoznak meteorológiai eredetűek is A hulló és felszínközeli csapadék, mint bevételt jelentő összetevők, a talaj-és növényfelszínről származó párolgás (evapotranspiráció) mint veszteség tagok szerepelnek. A növények által felfogott csapadék (intercepció) mint veszteség tag szerepel, de a növény számára van a folyamatnak pozitív hozadéka, illetőleg az intercepció mértéke az függ a légkörfizikai helyzettől is.

A csapadék térben és időben igen változékony elem, döntően (95 %) hulló csapadék, és kis mértékben (5%) felszínközeli mikrocsapadék formájában jelent bevételt. Mennyisége és intenzitása jellemzi, osztályozható halmazállapot szerint (folyékony: eső, harmat, szilárd: hó, dér, zúzmara), képződés szerint (hulló, felszínközeli mikro). A csapadék hullásakor a csapadék egy része közvetlenül a talajra kerül, egy része pedig felfogódik a leveleken. A talajra jutó csapadék további sorsa a beszivárgás és az elfolyás. A két folyamat arányát a csapadék intenzitása mennyisége, illetőleg a talajszerkezete, dőlésszöge, borítottsága határozza meg. Ez azért fontos, mert a talaj vízkészletének növelését csak a beszivárgás eredményezi, tehát ez a vízmennyiség hasznosul csupán. A növények levelén visszatartott víz mennyisége a levél nagyságától és felületének minőségétől függ, illetőleg a csapadék intenzitásától. Az itt összegyűlt víz párologni kezd, és bár ez nem növeli a talaj vízkészletét –kivéve azt az esetet, ha a levél megtelik vízzel, és a levél végein az lecsöpög – de a párolgás ideje alatt a növény párologtatása csökken, vagy leáll, továbbá a növénytest hőmérséklete nem emelkedik. Végül is tehát az intercepció jelensége idején csökkenhet a csekélyebb párologtatás következtében a talajból felvett víz mennyisége.

A legfontosabb veszteségi tag a párolgás. A folyamat egyrészt a párolgó közeg tulajdonságaitól, másrészt pedig a párat befogadó közeg, a levegő állapotától függ. A talaj esetében a talaj szerkezete és vízgazdálkodási tulajdonságai a meghatározóak, míg a növények esetében a fizikai és biológiai állapot a döntő. A párat befogadó levegő állapotától való függés esetében a felszínre érkező sugárzás a legfontosabb, hiszen ez szolgáltatja a folyamathoz az energiát, továbbá a levegő párabefogadó képességét az aktuális páratartalom és a szél is befolyásolja. Természetes körülmények között nagyon nehéz a pontos meghatározása, több befolyásoló tényező elhanyagolása mellett általában nagyobb területre és hosszabb távra számolják.

- **Káros meteorológiai elemek.**

A mezőgazdaságban előforduló károk döntő többsége meteorológiai eredetű, így az aszály(36%), jégeső(24%), vízkár(17%), fagykár(12%), és szélkár(4%), míg az egyéb károk mind a növénybetegségek, agrotechnikai hibák, állati kártevők mindösszesen csak 7%-ot jelentenek. Ezért az agrometeorológia legfontosabb feladata ezen károk légkörfizikai háttereinek minél pontosabb feltárása, és nagy pontossággal való előrejelzésük a védekezés időben történő megszervezésének segítése érdekében.

**Aszály** Az aszály tartós és jelentős vízhiányt jelöl. Két féle aszályt különböztetünk meg. A taljaszályt és a légköri aszályt. Taljaszályról akkor beszélünk, ha legalább két héten keresztül több nedvesség párolog el a talajból (amely napi 3-5 mm lehet) mint amennyi pótlódik a csapadékhullás útján. A légköri aszály akkor fordul elő, amikor a levegő hőmérséklete 30 C° fölé emelkedik és ezzel egyidőben a levegő relatív páratartalma 30% alá csökken. Ez a helyzet nyári napokon, a legintenzívebb besugárzás időszakában, 3-5 óra hosszan szokott fennállni, illetőleg amikor szubtrópusi légtömeg áramlik be a területre. Védekezésként a kézenfekvő öntözés mellett a talaj csapadékvíz megtartó képességének növelésével érhetünk el eredményt, a szántás, tarlóhántás, kapálás, mind-mind a talaj felső rétegének lazítását eredményezi, amellyel a csapadékvíz mélyebbre jutását és a párolgás csökkentését érhetjük el. A mezővédő erdősávok alkalmazásával a párolgást generáló szél sebessége csökkenthető, ezzel a párolgás mértékét lehet fékezni.

**Jégszó** A csapadék képződési folyamatok során előállhat az a helyzet (nálunk nyáron), hogy nagyon heves feláramlások alakulnak ki, amelyek nagy mennyiségű párat emelnek jelentős magasságba, ahol a képződő csapadék szilárd halmazállapotú, és nagyméretű lesz. Az erős feláramlás miatt képződő jégszemek hosszú ideig maradnak lebegő állapotban. Közben a kisebb méretűek, - mivel jobban párolognak, - víztartalma fokozatosan átvándorol a nagyobb jégszemekre, ott kicsapódva tovább növeli azok méretét. Ezen felhőelemek erőteljes növekedésük során már olyan nehezek lesznek, hogy legyőzik a feláramlást és elkezdnek lehullani, de nagy méretük miatt hullásuk során, noha pozitív hőmérsékleti tartományú levegőbe kerülnek, nem olvadnak meg, és szilárd halmazállapotban érik el a felszínt. Ezek a jégszemek a növényállományokban csak igen nehezen vagy egyáltalán nem regenerálódó mechanikai sérüléseket okoznak. Védekezésként kis birtokméretben takarást lehet alkalmazni, nagyobb területek védelme azonban csak a felhőképződés folyamatának befolyásolása által képzelhető el. Arról van szó, hogy sok apró felhőelem kialakulását kell segíteni azért, hogy a sok apró szilárd felhőelem csapadékelemmé válásakor, vagyis hullásakor azok a felszínre érkezés előtt elolvadjanak. Ez kondenzációs magvak a felhőképződés színterébe való juttatásával érhető el. Ennek egyik módja a kondenzációs magvak (ezüst-jodid) rakétával való célba juttatása. Nagyon gyors, pontos és a helyzetet rugalmasan követő beavatkozásra van szükség.

**Vízkar** A nagyméretű esőcseppek főleg a domborzatilag szabdaltságnak esetében kimossák, beiszapolják a talajt, esetenként jelentős a talaj lemosódása is, amely a tápanyagokban leggazdagabb talajréteget károsítja. Ha a víz a beszivárgása lassabb mint a csapadék hullása, akkor a víz hosszabb-rövidebb ideig a felszínen marad, amely rothadást, gyökérfulladást okozva, a növény végleges pusztulásához vezethet. Árvizek, belvizek esetében ez különösen nagy kártéteményt jelenthet. Megfelelő területi vízrendezéssel és megelőző talajmunkálatok végzésével lehet védekezni.

**Fagykár** A fagyjelenség tipikus mikroklíma jelenség. Három megjelenési formáját különböztetjük meg: a téli kifagyást, a télvégi felfagyást és a késő tavaszi-kora őszi fagyokat. A téli kifagyás olyan esetekben fordul elő télen, amikor a talaj hótakaró nélkül marad, és a talaj víztartalma megfagy. Így az áttelelő növények nem képesek vizet felvenni, szomszédok halmak. A télvégi felfagyás helyzete akkor fordul elő, amikor tél végén a nappalok folyamán a talajfagy felenged, majd éjszaka újra megfagy. Ilyenkor naponta kétszer térfogatváltozás következik be, és ezt a térfogatváltozás – főleg több napon át – a gyökerek szakadásához vezet, így emiatt nem juthatnak vízhez a növények. A késő tavaszi-kora őszi fagyok esetében a növények sejtnedvében lévő víz fagy meg, nem regenerálódó károkat eredményezve. Késő tavasszal már, és kora ősszel pedig még hígak a sejtnedvek, ezért nagyobb a fagykár veszélye, kora tavasszal és késő ősszel ugyanis a növényi sejtnedvek koncentrációja tömény és így jobban ellenáll a fagnak. Védekezhetünk passzív módon, amikor nem a fagyjelenséget szüntetjük meg, hanem a hatását mérsékeljük (helykiválasztás, fagyűrő fajták választása, takarás, stb.), és védekezhetünk aktív módon, amikor magát a fagyjelenséget szüntetjük meg (domborzat átalakítás, füstölés, előzetes beöntözés, stb.). A fagyveszély kialakulásához bizonyos légkörfizikai helyzetek döntően hozzájárulnak. Ezek az éjszakai derült égbolt, a csekély légnedvesség, a légmozgások hiánya, stb.

**Szélkár** A szél a növényekre erős mechanikai nyomóerőt gyakorol, kimozdítja a leveleket térállásukból, így fékezhető az asszimiláció mértéke. A szél sebessége függvényében szilárd szennyezőanyagokat szállíthat, illetőleg lebegtet a levegőben. A finomabb és durvább szemcsék megsérthetik a növény felületét, és a kialakuló sebhelyek további betegségek kiinduló pontjává válhatnak, csökkentve ezzel a növény ellenálló képességét. A védekezés során a szél sebességének a csökkentése a cél, ezért a mezővédő erdősávok alkalmazása a legcélravezetőbb.

### 3. Vízgazdálkodás

#### 3.1. A természetes vizek megjelenési formái. A vízkörforgás.

##### *A természetes vizek megjelenési formái*

A Föld vízkészlete a kémiailag és biológiailag kötött vizek nélkül 1,4 milliárd km<sup>3</sup>-re becsülhető. Ennek nagy részét, mintegy 98%-át az óceánok és tengerek vize, valamint a sarki jégben és a magashegységi gleccserekben lefagyott víz teszi ki. A szárazföld igen változatos formában megjelenő vizeire és a légkörben jelenlévő vízre kevesebb, mint 2% jut. A szárazföld vizein belül, a gleccserek vizein túl, megkülönböztetik a felszíni és felszín alatti vizeket, ez utóbbin belül is kiemelten a talajnedvességet. A Föld vízkészletének mintegy 0,8%-a édesvíz, a leginkább mozgékony felszíni vizekre alig 0,03% jut.

A természetes felszíni vizeket, megjelenési formájukat tekintve, folyó- és állóvizekre osztják. A folyóvizek a földfelszín hosszirányú mélyedéseiben, a mederben összegyűlő és abban a gravitációs erő hatására mozgó vizek. Az állóvizek a felszín különböző eredetű mélyedéseiben összegyűlő és abban a gravitáció hatására nem vagy csak kismértékben mozgó vizek. A folyóvizekhez a különböző nagyságú vízfolyások (erek, patakok, folyók, folyamok), az állóvizekhez a tavak, mocsarak, lápok, általában a vizenyős helyek sorolhatók. A szárazföld mesterséges vizei a víztározók és a különböző rendeltetésű csatornák.

A felszín alatti vizek a szilárd földkéreg különböző méretű pórusaiban, repedéseiben jelenlévő vizek. A felszín alatti vizek előfordulási helyeit alkotó kőzeteket két nagy csoportra oszthatjuk: a karbonátos és a törmelékes üledékes kőzetekre. A karbonátos kőzetek (főként mészkő, dolomit) viszonylag nagyméretű hasadékaiban, repedéseiben, járataiban található víz a karsztvíz. Az törmelékes üledékes kőzetekben az üledéket alkotó kőzet változó tulajdonságaival összefüggően, mélység szerint vízvezető és vízzáró rétegek váltakozása figyelhető meg. A vízzáró rétegek közti vízvezető rétegekben előforduló vizek a rétegvizek, amelyek gyakran a légkörit meghaladó nyomás alatt vannak. Az ilyen rétegekbe mélyített furatokban a víz a vízvezető rétegeknél magasabban, esetenként a felszín fölé emelkedve (artézi víz) jelenik meg. A mélyebben fekvő karszt- és rétegvíz hőmérséklete magasabb, mint a felszín közeli vizeké; ha a hőmérsékletük meghaladja a 37 °C-ot, akkor a víz hévíz, ha pedig az összes oldott anyag-tartalma az 1 g/l-t, ásványvíz.

A felszíntől számított első vízzáró réteg fölötti vízvezető réteg pórusait teljes egészében kitöltő és a meteorológiai elemekkel viszonylag szoros kapcsolatban lévő víz a talajvíz. A felszín közeli talajvizek és a mélyebben fekvő rétegvizek közötti átmenet esetenként nehezen különíthető el. A talajvizet a felettük elhelyezkedő telítetlen rétegtől a talajvízfelszín, a talajvíztükör választja el. A talajvizek felszínén a légköri nyomás érvényesül. A talajvíz mélysége az éghajlattól és a térszín domborzati, talajtani és növényzeti adottságaitól függ. A vízfolyást sávszerűen kísérő folyami üledékekben előforduló talajvizeknek azon hányadát, ami a vízfolyás mentén telepített kutak vagy kútsorok segítségével úgy termelhető ki, hogy a kivett víz legalább fele a vízfolyásból származik, pótlódik - megállapodászerűen - a parti szűrésű víz.

A talajvizek feletti, a szilárd kéreg legfelső, a talajt is magába foglaló rétegében a szilárd fázist alkotó elemi szemcsék és aggregátumok közti pórusokat részben víz, részben levegő foglalja el. Ennek a háromfázisú rétegnek (zónának) a vizeit, szűkebb értelemben csupán a gravitációs erővel szemben visszatartott vizeit, nevezik talajnedvességnek. A háromfázisú zónában a talaj pórusaiban levő vizekre alapvetően három féle erő hat: a gravitációs, a kapilláris és a felületi (adhéziós és szorpciós) erők. A három féle erő eredő hatásának függvényében a talajnedvességben belül a következő víztípusokat különböztetik meg: a talajszemcsékhez közvetlenül és ezért nagy erővel tapadó vízburok a higroszkópos víz, a higroszkópos vizet övező, a talajszemcsékhez kisebb erővel kötődő hártavíz, a talaj kis méretű pórusait kitöltő kapilláris víz, és a nagyobb méretű pórusokban lévő gravitációs víz. A kapilláris erők a talajba beszívargó vizeket a gravitációs erő ellenében a kis méretű pórusokban visszatartják (függő kapilláris vizek). A talajvíz kapilláris megemelkedése következtében a talajvíz fölött kialakul a kapilláris víz övezete, amely összeérhet a függő kapilláris vizekkel. A természetes körülmények között felszínre bukkanó felszín alatti vizek a források, amelyek állandó vagy időszakos források lehetnek.



## A vízkörforgás

A Földön igen változatos formában megjelenő vizek, látszólagos elkülönültségük ellenére, egymással szoros összefüggésben vannak. A víz - amelyet a legtöbb természeti erőforrástól eltérően nagyfokú mozgékonyság jellemez - különböző folyamatok révén átléphet egyik megjelenési formájából valamely más megjelenési formájába. A víz valamely megjelenési formájából kiinduló és ebbe a formájába visszatérő, esetenként a víz halmazállapotának változásával is együtt járó mozgássorozatot a víz körforgásának, hidrológiai körfolyamatnak nevezik. A vízkörforgás lényeges vonásai a következők.

A felhőből kihulló csapadék egy része az alsóbb légrétegekbe jutva elpárolog. A felszín közelébe jutó csapadék egy részét a növények visszatartják: ez az intercepció. A visszatartott csapadék nagysága függ a növényi felület tulajdonságaitól (levélfelület nagysága és minősége) és a csapadék tulajdonságaitól (csapadékintenzitás, az esőcseppek nagysága). Az intercepció a lágyszárú növényeknél kisebb, a bokros-cserjés növényeknél nagyobb, a fák esetében a legnagyobb. Erdők esetében az intercepció az évi csapadék akár 25-30%-át is elérheti. A szél a visszatartott csapadék egy részét a növényekről lefújja, így a növényeken ténylegesen visszamaradó csapadék (gyakorlati intercepció) kisebb, mint a lehetséges (potenciális) intercepció. A levélfelületen maradó víz elpárolog: ez az intercepció veszteség.

A talaj felszínéig eljutott csapadék egy része a talajba szivárog. A beszivárgás az egységnyi idő alatt elnyelt csapadékkal, azaz a beszivárgás intenzitásával jellemezhető. A pillanatnyi beszivárgás függ a talaj telítettségétől és a csapadék intenzitásától. Száraz talajoknál a beszivárgás során előbb a talaj részecskék körül kialakulnak a vízburkok, telítődnek a kapilláris méretű pórusok. A beszivárgás eme szakaszában a beszivárgás intenzitása nagy. A beszivárgás során a felszínhez közeli, mindinkább telítődő talaj egyre kevesebb csapadékot képes befogadni, a beszivárgás intenzitása csökken. A telítődő talaj a beszivárgó vizet a talaj típusától függő intenzitással (áteresztő képességgel) a mélyebb, nem vagy kevésbé telített rétegekbe vezeti, és kapillárisan telíti a talaj mélyebb rétegeit, a nagyobb méretű pórusokon át a beszivárgó víz egész a talajvíz felszínéig eljut: leszivárog. Hosszabb időszakot tekintve a beszivárgás és intenzitása a talaj típusától és vízgazdálkodási tulajdonságaitól függ, a kötött agyagtalajok lassabban, a homoktalajok gyorsabban nyelik el a vizet.

A talajba beszivárgó vizek egy része a talaj szemcséinek felületén az adhéziós erők, a talaj kisebb méretű pórusaiban a kapilláris erők hatására visszamarad. A visszatartott nedvesség a kötött talajnedvesség, amelyet a növény részben hasznosíthat. A kötött talajnedvesség a továbbiakban a talajból közvetlenül (evaporáció) vagy a növényeken keresztül (transzspiráció) elpárolog. A párolgás a talaj nedvességtartalmát fogyasztja. A talaj nagyobb méretű pórusaiban az adhézió és/vagy a kapilláris erő nem érvényesül, ezeken a pórusokon keresztül a víz a gravitáció hatására lefelé szivárog és eljuthat a talajvízig. A talajvízig leszivárgó csapadék a talajvíz szintjét és vele együtt a talajvíz szintje felett elhelyezkedő, a talajvízből kapillárisan telítődő zónát is megemeli, a felszínhez közel emelkedő talajvizet a párolgás fogyasztja. Különösen jelentős a fogyasztás a mélyebb gyökerezésű és nagyobb transzspiráló képességű erdők alatt, ahol a talajvízszín - minden más növényhez képest - mélyebben alakul ki. A talajvíz, esésének megfelelően, elmozdul a terep mélyedései, a terep mélyebb vonulataiban húzódó medrek irányába és kiszivárog a medrekbe. A mederbe kiszivárgó talajvíz a vízfolyások és állóvizek egyik táplálója.

A csapadéknak a talaj felszíne alá be nem szivárgó része a felszínen a felszín kisebb-nagyobb mélyedéseiben visszamarad, tározódik. A csapadék ideiglenes visszatartásában számottevő szerepe van az erdők avartakarójának, és a talaj felső, gyökérszinttel átszőtt és fellazított rétegének, ami szivacs módjára magába gyűjti a csapadékot, majd telítődés után fokozatosan adja le. Az ideiglenesen tározódó víz egy része elpárolog, tovább csökkentve a csapadék lefolyást adó hányadát. A terep mélyedéseinek megtelével megindul a felszínen a víz előbb lepelszerű, majd a terep kisebb-nagyobb hosszirányú mélyedéseiben összegyűlő koncentrált elfolyása. A terepi elfolyás mindaddig tart, amíg a víz egy jól kifejezett mederbe nem jut. A továbbiakban a víz a mederben mozog. A terepen elfolyó és mederbe jutó víz a vízfolyások, talajvizek mellett, másik táplálója. Két vízfolyás, találkozásukat követően, közös mederben folyik tovább.

A csapadéknak a meder adott szakaszáig, pontjáig terepen és talajon keresztül történő eljutásának folyamata, az összegyülekezés. A terepi (felszíni) összegyülekezés gyorsabb. A viszonylag intenzíven végbemenő felszíni összegyülekezés a csapadékokat követően a vízfolyásokban kisebb-nagyobb árhullámot vált ki. A felszíni összegyülekezés és az abból eredő árhullám levonulása a kiváltó csapadék

megszűntét követően rövid idő múltán befejeződik. Ezzel szemben a felszín alatti összegyülekezés lassúbb folyamat, amely a kiváltó csapadék megszűntével még hosszú ideig eltart. Ennek az oka, hogy a talajban a víz mozgása lassúbb, mint a nyílt terepen. A csapadéknak felszín alá szivárgó hányada az esőt követően csak jelentős késedelemmel, másfelől a felszíninél időben egyenletesebben elosztásban jut el a mederig. A felszín alatti összegyülekezésű csapadékhányad biztosítja a mederbeli vízszállítást az árhullámok közötti közepes és kisvízi időszakokban.

A terepi összegyülekezés hegy- és dombvidéki területeken, a lejtők jelentősebb esése miatt, gyorsabban, a síkvidéki területeken lassabban megy végbe. Dombvidéki területeken a vízfolyásmedrek a terepről lefolyó vizeket az érkezés ütemében képesek továbbszállítani. Ezzel szemben síkvidéki területeken a természetes vagy mesterséges medrek, kis esésük vagy egyéb okok (pl. kis vízbefogadó képesség) miatt, a mederig eljutó vizeket a terepi összegyülekezésnél lassúbb ütemben képesek továbbszállítani és ezáltal lassítják magát a terepi összegyülekezést is. Ennek következménye a terep mélyebben fekvő részein keletkező, belvízi elöntés.

A csapadék vízfolyásokkal összegyűjtött hányada a vízhálózat közvetítésével a tengerekbe, óceánokba, esetenként lefolyástalan tavakba jut, ahonnan egyetlen úton, a párolgással távozhat a légrétegekbe. Az elpárolgó víz a levegő nedvesség-tartalmát gyarapítja, amiből adott feltételek esetén felhő képződik, és a körfolyamat bezáródik.

A víz körforgása a legkülönbözőbb irányú és sebességű vízmozgások és folytonos halmazállapot-változások bonyolult szövevénye, ami összeköti a Föld valamennyi földrajzi burkában (atmoszféra, litoszféra, bioszféra, technoszféra) igen változatos formában megjelenő vizeket és alkotja az egységes és zárt hidroszférát. A víz körforgása révén kapcsolatot teremt a Föld valamennyi földrajzi szférái között, és ezáltal nemcsak elviselője, de közvetítője is az egyes szférákban végbemenő változások hatásainak. A vízkörforgás fenntartásában elsősorban a gravitációs, a kapilláris erők és a napenergia játszik a legfontosabb szerepet. A napenergia a párolgás során biztosítja a víz folyékonyból légnemű halmazállapotba (pára) átalakulását, másfelől a napenergia által szabályozott hőmérsékletű levegő párahiányát, ami a párolgás legfontosabb fenntartója.

A víz maga is szállító közeg, mozgása révén jelentős anyagtranszportot is megvalósít. Ennélfogva a vízkörforgás szorosam kapcsolódik a természetben lejátszódó és az emberi beavatkozások által gyakorta és jelentősen módosított anyagkörforgáshoz is. A vízgyűjtő területen szétszórta található (diffúz) szennyeződések a víz felszíni és felszín alatti összegyülekezése során a talajba, a talajvízbe és a vízfolyásokba juthatnak, ami számottevően hozzájárul a vizek minőségének alakításához.

### ***A víz és a mezőgazdaság kapcsolata***

A víz és a mezőgazdálkodás kapcsolata kettős: egyfelől a mezőgazdálkodási tevékenység függ a vizektől, másfelől maga is alakítja, befolyásolja a vízkörforgást.

A mezőgazdálkodásnak igazodnia kell a térség vízforgalmához, a vízforgalmából következő természetes vízellátottságához. Különösen a növénytermesztés érzékeny a vízellátottságra: a növénytermesztésben a növények megválasztásánál alapvető szempont lehet a térség éghajlati és talaj adottságokkal szoros kapcsolatban lévő természetes vízellátottsága. A szélsőséges vízellátottságú, vízben szegény vagy vízbő területek nem vagy csak korlátozottan alkalmasak a művelésre. Amennyiben a természetes vízellátottsága korlátozza a növénytermesztést, szóba jöhet a vízellátottság szabályozása: a hiányzó víz pótlása vagy a fölös víz elvezetése. Ez nem csak termesztéstechnikai, de gazdaságossági kérdés is. A víz készletként jelenik meg az állattartásban, a mezőgazdasági és vidéki települések vízellátásában, az öntözésben. A mezőgazdasági tevékenységekben figyelembe kell venni, hogy a víz nem csak éltető elem, de kockázati, sőt veszélyforrást is jelenthet: hegy- és dombvidéki területen a víz lehordja a talajt és a tápanyagot, síkvidéken a mélyebben fekvő területeken átmenetileg visszamaradó vízborítások károsítják a növényeket, akadályozzák a talajművelést, a vízfolyások árterén a kiömlő és szétáradó vizek, az árvizek pusztítják a termést, veszélyeztetik a vidék, a település létét, akár az emberi életet is.

A vízkörforgást a mezőgazdaság főként a művelési ágak váltásán, valamint az agrotechnika, különösen a talajművelés formáinak megválasztásán keresztül befolyásolhatja. A művelési ág váltása terén különösen az erdők irtásának a hatása számottevő: az erdőirtás többnyire a lefolyás csökkenésével, de a szélsőséges

lefolyás (árvizek, kisvizek) növekedésével jár együtt, továbbá növeli az eróziót. Az agrotechnika terén a talajok mélylazítása például a csapadék beszivárgását segíti elő, amelynek következményeként növekszik a felszín alá beszivárgó és csökken a felszínen elfolyó víz mennyisége. A mezőgazdasági területről lefolyó vizeket a túladagolt kemikáliák (növényvédőszer, műtrágya) szennyezik, a felszíni vizekbe eljutó túlzott mennyiségű tápanyag eutrofizációt, a növények túlburjánzását válthatja ki.

### **3.2. Magyarország vízrajzi adottságai**

#### *A vízrajzi adottságokat meghatározó alapvető tényezők*

Magyarország, tágabban a Kárpát-medence vízrajzi adottságait alapvetően három tényező határozza meg: (1) a térszín rövidebb időszakokat tekintve állandó vagy csak kis mértékben változó adottságai, mint a geológiai, domborzati és talajtani adottságok, (2) az éghajlati adottságok, amelyek kisebb-nagyobb mértékű ingadozást mutatnak, (3) az emberi beavatkozások.

Magyarország az Alpi-Kárpáti-Dinári hegységrendszerek által körbefogott Kárpát-medence alján helyezkedik el.

A földtörténet középkorban, mintegy 100-200 millió évvel ezelőtt a Kárpát-medence nagy részét tenger borította. A tengerben nagy mennyiségű mészkő és dolomit rakódott le a különböző kémiai és biológiai (elhalt mészvázak állatok maradványai) folyamatok következményeként. A térszín folyamatos süllyedése következtében a lerakódó kőzet vastagsága helyenként néhány ezer métert is elér. A földtörténeti középkort követően ezek a kőzetek jórészt a mélybe süllyedtek, más eredetű rétegek rakódtak rájuk és jelenleg nagyobb mélységben találhatóak. Más részük a felszín közelében maradt, vagy a későbbiekben a különböző geológiai mozgások következtében emelkedtek a felszínre. A felszín közeli karbonátos kőzetek egy része jelenleg is a felszínig ér (fedetlen vagy nyitott karsztok), más részükre különböző eredetű, legfeljebb néhány száz méteres vastagságú rétegek rakódtak (fedett karsztok). A felszín közelében található karsztok az ország területének mintegy 10%-t fedik. Legfontosabb elterjedési területük: a Keszthelyi-hegységtől a Dunazug-hegységig húzódó Dunántúli-középhegység, a Bükk és a Borsodi-Aggtleki-karsztvidék, valamint a Mecsek-Villányi hegység.

A földtörténeti újkorban, mintegy 25 millió évvel ezelőtt a Kárpát-medencét ismét tenger borította el, amely a mai Földközi-tenger elődjének egy tengerága volt. A tengerág később elzáródott, majd szétesett kisebb, egymástól is elszigetelt beltengerekre és a Kárpát-medencét a közel 200 ezer km<sup>2</sup> kiterjedésű Pannon-tenger foglalta el. A tengert a beléje ömlő folyók kiédesítették, feltöltötték, területe fokozatosan csökkent, majd véglegesen eltűnt. A térszín állandó süllyedésével lépést tartó feltöltés során előbb vízzáró agyag rakódott le, ami a feltöltés helyén kialakult Pannon-medence alját képezi. A későbbi lerakódások során helyenként több száz, sőt több ezer méter vastagságú, változatos összetételű, jó és kevésbé jó vízvezető rétegsor alakult ki. A földtörténeti újkor pleisztocén szakaszában további lerakódások voltak. A folyók által lerakott hordalékok anyaga a medence peremén jó vízvezető durvább homok és kavicsos homok, a medence belseje felé haladva egyre finomodó szemcsésű rétegekből áll. Az üledékes, porózus kőzetek ma az ország mintegy kétharmadán találhatóak, legnagyobb összefüggő kiterjedésben az Alföldön, a Kisalföldön és a Dráva medencéjében.

A Kárpát-medence közepének feltöltését követően alakult ki a vízhálózat, amely hosszú ideig természetesnek volt tekinthető.

A Kárpát-medencét övező hegyvidéki területeken a csapadék meghaladja a lehetséges párolgást, ezért itt nagymérvű éghajlati vízfelesleg alakul ki. A medence belseje felé haladva a vízfelesleg nagysága csökken, sőt a medence belsejét elfoglaló síkvidéki területeken - ahol a lehetséges párolgás sokévi átlagban meghaladja a csapadékot - jelentékeny éghajlati vízhiány lép fel. A peremhegységi vízfelesleg részben a felszíni vízhálózatban, részben a beszivárgást követően a felszín alatti víztartó- és vízvezető rétegeken keresztül jut el, követve a domborzat esését, a medence belsejébe vagy halad át azon. Az, hogy a vízfelesleg milyen arányban kerül a felszín alá és milyen arányba a felszíni vízhálózatba, főként a felszínt borító kőzetek átteresztőképessége (víznyelőképessége) szabja meg. A Kárpát-medence belsejében vízáteresztő kőzetek nagyobb tömegben a Dunántúli-középhegységben, a Bükkben,

határainkon túl a Gömör-Torna hegység karsztjaiban, valamint a Nyírség és a Duna-Tisza-közi homokháton vannak. A peremhegységekben, kisebb részt a medencebelső hegységeiben eredő vízfolyások - mintegy sugárszerűen - a medence belseje felé tartanak. Ez mondható el a Kárpát-medencén kívül eredő és a medencét a Dévényi-kapunál elérő és áttörő Duna esetében is.

A medence belsejébe tartó vízfolyások a síkvidéki területekre lépve természetes állapotban áradások idején szabadon szétáramoltak az ártéren és egész évben vagy az év nagy részében vízborításokat okoztak a medence mélyebben fekvő területein, elsősorban az Alföldön. Az állandó vagy időszakosan vízjárta területek aránya a honfoglalás idején - a mai országhatárok között - mintegy 5-10%-ra becsülhető. Az áradások idején szétterülő vizek jelentős nedvesség utánpótlást biztosítottak az erdők, főként galéria- és láperdők részére. Az Alföld erdősültsége a honfoglalás idején a mai 10%-ot jóval meghaladó, 25-30% volt. Az erdő gondoskodott az érkező vizek elpárologtatásáról. Későbbiekben a fokozódó erdőirtások következtében az erdők párologtató szerepe csökkent, ezzel együtt az állandóan vagy időszakosan vízzel borított területek növekedtek. A medencebelső, mindenekelőtt az Alföld elmosarasodásában más hatások (hadászati célú elvízenyősítések, a vízfolyásokon létesített nagyszámú malomgát, az éghajlat nedvesebbé és hidegebbé fordulása) is közre játszottak. A 19. század elején a Tisza és mellékfolyói árterén a vízjárta területek közel 20 ezer, az állandóan vízzel borított területek 5 ezer km<sup>2</sup>-t tettek ki. A Dunántúlon az állandó vagy gyakori vízborítások a vízszabályozásokat megelőzően főként a Hanság, a Duna középső szakaszát kísérő Sárrét és Sárköz, valamint a Balaton vidékén fordultak elő.

A török kiűzését követően, főként a 18. század harmadik harmadától kezdődően a lélekszám növekedése, a gabona iránti kereslet növekedése miatt fokozódott az igény a termőföldek bővítésére. Az állandó és időszakos vízborítások akadályozták a főleg rideg állattartáson alapuló mezőgazdaság áttérését a föld művelésére. A földművelésbe bevonható területek növelése vízszabályozásokat igényelt. A 18. század végén több jelentős lecsapolási munkához láttak hozzá: így csatornákat építettek a hansági vizek elvezetésére, az Ecsedi-láp lecsapolására, sok malomcsatornát megszüntettek és malmokat bontottak le. A napóleoni háborús idők gabonakonjunktúráját kihasználva a gabona szállítását elősegítő megépült (mai trianoni határainkon kívül) a Ferenc-csatorna a Duna-Tisza között.

A kezdetben csak egy-egy folyószakaszra, folyóvölgyre korlátozódó ármentesítési, lecsapolási munkákat a 18. század végétől felváltja a nagyobb térségek vízszabályozása iránti igény. A vízszabályozási munkák során valamennyi nagyobb folyónk mentén árvédelmi töltéseket (gátakat) építettek, amivel megakadályozták az ártér elöntéseit. A töltések megépítése után az árvíz a töltések közötti hullámtéren vonul le. Számos helyen a folyókanyarulatok átvágásával rövidítették a folyók hosszát. A Tisza több mint száz átvágás következtében 37%-kal rövidült. Hasonló mértékben csökkenés a Körösök hossza is. A folyók gátak közé szorítása és a meder lerövidítések következtében a vízsebességek és ezzel együtt a víz munkavégző képessége növekedett, a meder mélyült és ez a folyamat helyenként (pl. a Duna alsó szakaszán) jelenleg is tart. Lejjebb szállt a kisvízi szint, csökkent a folyót kísérő térségben a talajvíz szintje, az árvízszintek növekedtek. Számos holtág lefűződött a mentett oldalon, de a hullámtéren is.

A folyók töltések közé szorítása gátat szabott a hegyvidékekről érkező vizek szétterülésének, az áradások által elönthető területek az árvédelmi töltések közötti hullámtérre csökkent. Megszűnt a medencebelső vízutánpótlása, nyilvánvalóvá vált a térség, főként az alföldi területek éghajlatának száraz jellege. Az ármentesítést követően vált szembeűnővé az is, hogy a síkvidéki és mélyebb területeket nem csak a mederből kilépő árvizek önthetik el, de a helyben lehullott csapadékok. A síkvidéki, kis térszíni esésű területekről a víz lassú mozgással tartott a terep mélyebb vonulatai felé, ahol hosszabb-rövidebb időre megrekedt. Ezeknek a vizeknek az összefogására és a befogadó folyókba vezetésére a korábban is meglévő természetes vízerek és vízfolyások felhasználásával mintegy 40 ezer km csatornahálózatot építettek ki.

A Kárpát-medence belsejében végbement emberi beavatkozások, majd a végrehajtott vízszabályozások következményeként a vízforgalom, a vízhálózat ma lényegében mesterséges művekkel fenntartott művi állapot.

### 3.2 Az egyes vízfajták jellemzése

#### A felszín alatti vizek

##### A karsztvizek

A karsztos kőzetek repedéses kőzetek. A kőzetbe szivárgó vizek - mivel a víz a levegő szén-dioxidjával enyhén szénsavassá válik - jelentős oldó hatást fejtenek ki, a mészkövet oldatba viszik. Az víz oldó és erodáló együttes hatásaként különböző méretű kőzetjáratok, üregek, barlangok alakulnak ki, némely barlangban a korábban kioldott mészkő újbóli kiválása révén cseppkőképződmények keletkeznek. A karsztos kőzetekben a repedések a teljes karszttömb térfogatának alig 1-2%-t teszik ki, ezért a karsztjainkban tárolt víz mennyisége nem nagy, 250 m átlagos kőzetvastagsággal és 1% körüli átlagos gravitációs hézagtérfogattal számolva mintegy 14 km<sup>3</sup> hideg-vízkészlet. Ugyanakkor a repedések viszonylagosan nagy mérete miatt a karsztok víznyelő és vízvezető képessége nagy, ezért a karsztos, különösen a nyílt karszttal fedett területeken felszíni víz kevés, vízhálózat nem alakul ki.

A karsztok vizeit a felületükre, elsősorban a nyílt karsztok felületére hulló csapadék, kisebb részt más eredetű vizek (más területről átfolyó vízfolyások szivárgásai) vagy a rétegvizek is táplálják. A három fő karsztos területen a beszivárgás átlagos értéke 1,3 millió m<sup>3</sup>/nap. A beszivárgás éven belül és az egyes évekre is változik az időjárás változékonyságának megfelelően. A karsztokba beszivárgó csapadékvíz többnyire források formájában újra felszínre bukkan: a források vize tart egyensúlyt a csapadékkal. A források hidegvízűek, de a mélyebb rétegekig leszivárgó, majd onnan ismét a felszín felé mozgó és ott felszínre bukkanó (felszálló) források hőmérséklete gyakran meghaladja a 30 °C-t, a víz termál- vagy hévíz. Jelentős hévizek vannak a Dunántúli-középhegység peremén, amelyek közül a legismertebbek a hévízi termálvizű tavat tápláló források, a budapesti termálvizek, a tapolcai és tatai források, a Bükkben a miskolc-tapolcai tavasbarlangi források, valamint a Szalajka-völgyi, egri, felsőtárkányi, a Mecsekben a tettyei és vízfői források. Helyenként a karsztvizek a rétegvizeket (pl. Nyugati-Bakony, a Bükk déli részén), a talajvizeket (Esztergomnál, a budai Római-fürdő térségében, Sajó-Hernád völgye) táplálják. A hideg karsztvizek jelentős kalcium-hidrokarbonátot tartalmaznak, esetenként magas a keménységük, de általában jó minőségű ivóvizek. A mélyebben fekvő karsztok vizének sótartalma magasabb, összetétele szerint alkáli-hidrogénkarbonátos, esetenként a karbonátot a klorid váltja fel. A nyílt karsztok felülről kevésbé védettek a szennyeződések ellen.

A karsztba beszivárgó csapadék és a karsztokat főként forrás formájában elhagyó vizek természetes körülmények között egyensúlyban vannak és ezen egyensúlynak megfelelően alakul ki a karsztvizek egyensúlyi szintje. Az egyes évekre a karsztvíz szint az átlagos körül az éghajlati változékonyságnak, mindenekelőtt a csapadék ingadozásának megfelelően változik: csapadékszegény éveken lejjebb száll, míg csapadékosabb éveken megemelkedik. A karsztvizekre telepített vízkivételek, valamint a bányászati célú aktív vízvédelem céljából kiemelt vizek 1965-től fokozatosan növekedtek valamennyi karsztos területünkön, de különösen a Dunántúli-középhegység térségében, ahol számos bánya (mangán, bauxit, szén) művelése folyt. Itt az 1980-as végére a kivett vízmennyiség meghaladta a pótlódó vízmennyiséget, ami a természetes vízforgalom jelentős mértékű megbomlásához vezetett: számos forrás elapadt, veszélybe kerültek a hévízi és a budapesti termálforrások, csökkent a vízhozamuk, egyes források esetében (pl. a budapesti Lukács-fürdőnél) csökkent a vízhőfok és az oldott anyag-tartalom is. A karszttömbben tárolt víz szintje mintegy 30 m-t süllyedt, de a vízkivételek közelében a süllyedés elérte a 100 m-t. Megoldást jelentett a bányák teljes vagy részleges bezárása, aminek hatására az 1990-es években a vízszint helyreállítása megkezdődött. A Bükk-hegység térségében a miskolci strand 1964. évi, valamint az egri vízmű 1986. évi bővítései vezettek a karsztvíz tömb vízszíneinek nagyobb mérvű - Eger térségében 8 m-t is elérő - süllyedéséhez, aminek következtében több forrás elapadt.

##### A porózus kőzetek vizei

Az ország kétharmadán megtalálható porózus kőzetek felső 100 m tömbjében - 61 ezer km<sup>2</sup> területtel és átlagosan 20%-os térfogati tényezővel számolva - 1200 km<sup>3</sup> víz tárolódik.

A porózus kőzeteket alkotó legfelső vízzáró réteg feletti laza, porózus kőzetben - megállapodásszerűen legfeljebb 50 m-es rétegben - található víz a talajvíz. A talajvíz jelenléte elsősorban a síkvidékekre jellemző, dombvidékeinken a széles, hordalékkal teli völgyekben: a Dráva, Mura, Zala, Rába, Kapos,

Ipoly, Zagyva, Tarna, Bódva, Sajó, Hernád, Maros völgyeiben. A folyókat kísérő parti szűrésű zónában különösen kedvező vízkivételi lehetőségek vannak a Rába, Duna (Szigetköz), Felső-Tisza, Alsó-Tisza, Maros, Dráva, Sajó és Hernád folyókat kísérő kavicsos rétegekben.

Mintegy 1500 talajvíz észlelő kút adatai alapján megszerkeszthető a talajvíz felszínének abszolút - adott tengerszinthez viszonyított - magasságának térképe. A talajvíz felszíne nagy vonalakban követi a domborzatot és annak megfelelően a domborzatilag kiemelkedő térségektől (az Alföldön a Nyírség, a Duna-Tisza köze, a Maros hordalékkúp) lejt a mélyebben fekvő térségek, az ott húzódó folyómederek irányába. A domborzatilag is kiemelkedő, többnyire laza homoktalajokkal fedett térségek a talajvíz fő táplálási területei: itt a csapadék leszivárog a talajvízig és a beszivárgással az oldalirányú elfolyás tart egyensúlyt. A mélyebben fekvő területek a talajvíz megcsapolási területei, ahol az odaszivárgó talajvizet részben a párologás, részben a talajvíz mederbéli kiszivárgásai tartják egyensúlyban. Az Alföld átlagos talajvízforgalmát a következők jellemzik: a talajvíz bevétele a 106 mm/év leszivárgó csapadék, 20 mm/év oldalirányú (hegyvidéki területekről érkező) hozzáfolyás és 5 mm/év rétegvízből történő feláramlás, fogyasztása a 87 mm/év párologás, 20 mm/év mélységi leszivárgás (rétegvíz), 23 mm/év oldalirányú elszivárgás. Az átlagoshoz képest kisebb térségekben igen jelentős eltérések vannak: a Duna-Tisza közén, a Nyírségben, a Maros hordalékkúpján, a Bodrogekben és a Tiszaháton, a leszivárgó csapadék meghaladja a párologást, az Alföld közepén (Nagykunság, Körösök, Körös-Maros köze) viszont a párologás haladja meg a leszivárgó csapadékot, a párologást az oldalirányú vízmozgás pótolja. Vízfolyások közelében a vízmozgás a mindenkori folyóvízszinttől (is) függ.

A talajvíz mélységének - azaz annak, hogy milyen mélyen van a terepszint alatt - területi alakulása az abszolút magasságtól eltérően kevésbé szabályos képet mutat. A talajvíz mélységének alakulásában meghatározó szerepe van a talajtípusnak, a talajvíz mélységének területi változása a talajtípussal is szorosan összefüggő mozaikszerű képet mutat. Kötött és lösztalajok alatt - azaz olyan talajoknál, ahol a kapillaris hatás számottevő - a talajvíz mélyen, homoktalajoknál a felszínhez közel(ebb) van.

A talajvíz és a mélyebben fekvő rétegvizek kapcsolatának jellege alapvetően attól függ, hogy milyen a talajvíz és a rétegvíz nyugalmi (piezometrikus) szintjének egymáshoz való viszonya. Ahol a talajvíz szintje magasabban van a rétegvíz nyugalmi szintjénél, ott a talajvíz táplálja a talajvizet, aminek mértéke a talajvíz és a rétegvíz szintjeinek különbségétől, valamint a kétféle víztípus között húzódó réteg vízzáróságától függ. Azokon a helyeken, ahol a talajvíz alacsonyabban van, mint a rétegvizek nyugalmi vízszintje, a feláramló rétegvíz táplálja a talajvizet, tápláláshoz hasonlóan a szintkülönbség és a köztes réteg vízzáróságának függvényében. A rétegvizeket tápláló helyek lényegében megegyeznek a talajvizeket is tápláló térségekkel, ilyen tápláló hely a Nyírség, a Duna-Tisza köze, Maros-hordalékkúp, a Zalai-dombság, a Kisalföld egyes részei. A rétegvizeket megcsapoló területek az Alsótiszavidék, a Jászság, a Felsőtisza-vidék (Rétköz, Bodrogek). A tápláló és megcsapoló területek között a rétegvizeket - hasonlóan a talajvizekhez - az oldal irányú vízmozgás jellemzi. A rétegvíz mozgásának sebessége alacsony, a rétegvíz-tároló vízcsereje lassú.

A rétegvizek sokévi átlagos vízforgalma természetes állapotban a következőkkel jellemezhető. A rétegvizeket döntően a talajvízen át beszivárgó csapadék táplálja, amelynek mértéke 1,7 millió m<sup>3</sup>/nap. Egenyenes területi megoszlást feltételezve ez 21 mm/év táplálásnak felel meg, ami a csapadék mintegy 3%-a. A táplálás területi megoszlásában jelentős eltérések vannak. A rétegvizeket kisebb mértékben a karsztvizek is táplálják és van utánpótlás a határainkon túlról is, főként a Kisalföld és a Körös-Maros közötti térségben, amelyek együttesen 0,3 millió m<sup>3</sup>/nap értéket tesznek ki. A táplálást a talajvízbe történő feláramlások tartják egyensúlyban. A feláramlás többnyire nem jut el a felszínig, hanem a talajvízzel mozogva szétáramlik a folyókba, vízfolyásokba. Természetes állapotban a rétegvíz előfordulási területek nagyjából 50-50%-ban oszlanak meg a rétegvizeket tápláló és megcsapoló területek között.

A talaj- és rétegvíz minősége szoros összefüggésben van a vízforgalommal, valamint a víz mozgásába eső közet minőségével. A be- és leszivárgás helyén kimosódás, kilúgzás tapasztalható, az összes oldott-anyagtartalma 200-400 mg/l, összetételében kalcium-hidrokarbonátos. A feláramlási helyek felé közelítve a víz oldott anyag-tartalom nő, összetételében az alkalisodás figyelhető meg. Az összes oldott anyag-tartalom különösen magas a feláramlás helyeinél, ahol sokszor a talajvíz feláramlása miatt a talaj szikesedése is megfigyelhető. A mélyebb rétegekben a lassú vízcsere helyeinél szulfátosodás is előfordul.

A rétegvízforgalom a rétegvíz termelésének növekedése következtében ma már több helyen erősen zavart állapotú. A múlt század első harmadától kezdődően egyre növekvő ütemben növekszik a vízkivétel, jelenleg a kutak száma mintegy 25 ezer. A rétegvíz kitermelés hatására a rétegvizek nyomása csökken, különösen megfigyelhető ez a Kisalföldön, a Duna-Tisza közén, a Mátraalja térségében, egyes nagyobb városok, mint Debrecen környékén. A rétegvíznyomás csökkenésével a táplálási (beszivárgási) terület mintegy 10%-kal nőtt, mintegy 50%-kal növekedett a talajvíz és rétegvíz szintek közötti különbség, ezért a beszivárgó vízmennyiség 2,5 millió m<sup>3</sup>/nap értékre növekedett. A növekedés főként a talajvíz rovására történt. A 2,5 millió m<sup>3</sup>/nap beszivárgó vízmennyiségből 0,8-0,8 millió m<sup>3</sup>/nap mennyiséget hasznosítanak a beszivárgási és a megcsapolási területen, 0,9 millió m<sup>3</sup>/nap változatlanul visszajut a talajvizekbe.

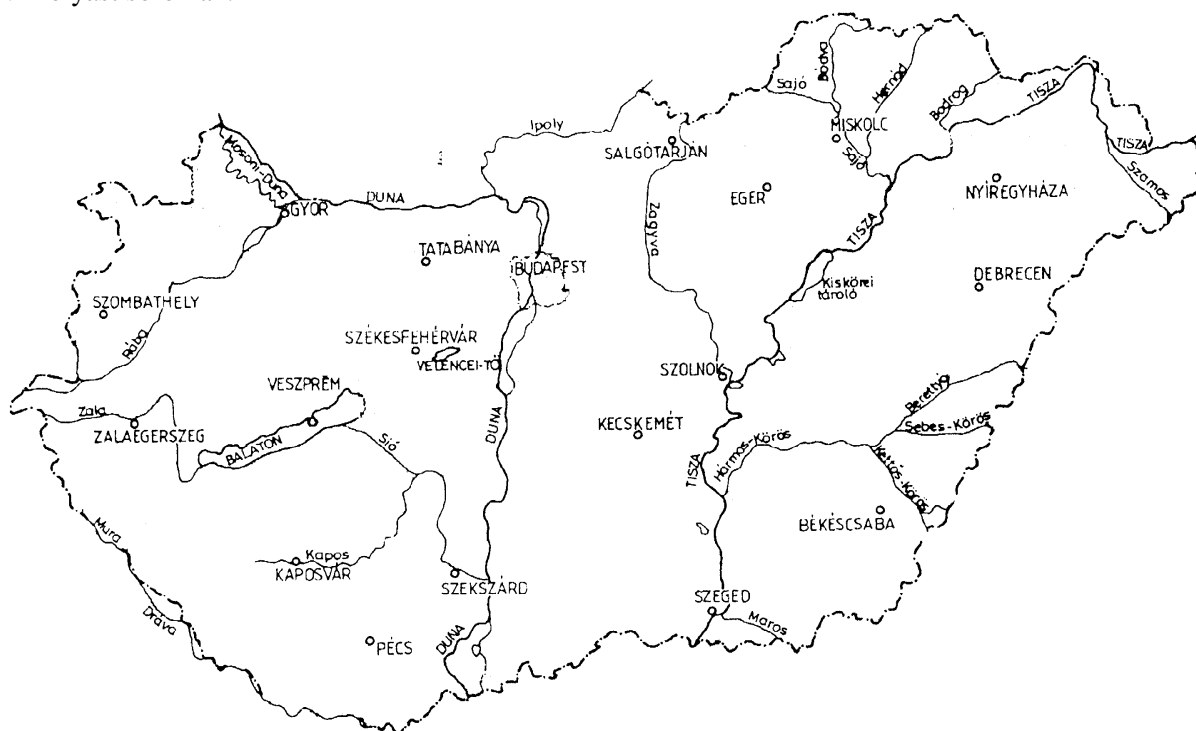
A Duna-Tisza köze az elmúlt évtizedekben a rétegvízszint (rétegvíznyomás-szint) csökkenésének üteme 0,3 m/év volt, aminek következtében a talajvíz jelentősen, helyenként akár 3-4 m-rel is megsüllyed. Ehhez a rétegvizek nagymértékű kivétele mellett az elmúlt évtizedek átlagosnál kisebb csapadékosága, az újraerdősítések, a talajvíz közvetlen (és sokszor engedély nélküli) fogyasztása is hozzájárulhatott. A talajvíz süllyedése következtében számos, a talajvízből táplálkozó kisebb tó kiszáradt vagy felülete csökkent, a talajnedvesség talajvízből történő utánpótlása mérséklődött és ez számottevő mezőgazdasági kárt okozott főként az ültetvényekben.

A Duna, Rába, Dráva, Ipoly, Sajó-Hernád mentén a parti szűrésű vizekből jelentős - 1,7 millió m<sup>3</sup>/nap - vízkivétel van, ami jórészt a folyók vizéből pótlódik. A termelés 88%-a Budapest vízellátását elégíti ki. A parti szűrésű vizek minőségének romlását okozhatja a megcsapolt felszíni vízfolyás szennyeződése, a kutak környezetében az iszaplerakódás, ami anaerob rothadási folyamatokat indíthat el.

### A felszíni vizek

#### A folyóvizek

Az ország vízfolyásainak száma 2500, együttes hosszuk 25 ezer km. A vízfolyások egy része időszakos, és a csak csapadékosabb időt követően szállít vizet. A vízhálózat - eltekintve a felszíni vizekben szegényes karszthegeységektől - a hegyvidékeken sűrűbb. A mintegy 40 ezer km<sup>2</sup>-nyi síkvidéki területet összesen 27 ezer km hosszban az ősi árvonulatok nyomvonalához igazodó, mesterségesen kialakított és fenntartott csatornarendszerek hálózák be. A vízfolyások között, a szállított vízmennyiségük alapján, megkülönböztetnek folyókat és kisvízfolyásokat. A folyókhoz 32, valamilyen mértékben hajózható vízfolyást sorolnak.



Magyarország jelentősebb felszíni vizei

A hazai vízhálózat tengelye a Duna. A folyó a németországi Fekete-erdőben és 2860 km megtétele után a Fekete-tengerbe torkollik. Teljes vízgyűjtője 817 ezer km<sup>2</sup>. Hazai 417 km-es útján felveszi a Rábát, az Ipolyt és a Balaton vízrendszerének vizeit levezető Siót, határainkon túl a Murával egyesült Drávát. A keleti országrész vizeit a Tisza gyűjti össze. A folyó határainkon túl, a Máramarosi-havasokban ered és 946 km megtétele után, határainkon túl Titelnél ömlik a Dunába. A Tisza nagyobb mellékfolyói az Erdélyi-medencében eredő Szamos, Kraszna, Körös, Maros, a Szlovák-érchegységéből eredő Bodrog, Sajó és Hernád, a csaknem teljesen hazai Zagyva és Tarna.

A vízfolyások állapota - a mederben szállított víz mennyisége, a meder teltsége, a vízállás és a vízhozam - folytonosan és állandóan változik, a változás időbeli folyamata. Ez a változás a vízjárás. Mivel a vízfolyások állapota időben állandóan változik, a vízjárás leírására folyamatos és hosszú idejű észlelésekre van szükség. A vízfolyások jellemzésére a vízmérő szelvényekben észlelt vízállások és vízhozamok szolgálnak. A vízállás észlelése a 2 cm-es beosztású, megfelelő módon lehelyezett vízmércék segítségével, a vízmérce ún. 0-pontjához viszonyítva történik. A vízállás változás folyamatos észlelésére és regisztrálására vízállásírókat helyeznek el. Az országos törzshálózatba ma mintegy 300-320 vízmérce tartozik, amelyek fele vízállásíróval van kiegészítve. Az országos vízhozam-mérő szelvények száma mintegy 160-170. A hazai vízrajzi észlelések a múlt század elején indultak el, és elsősorban nagyobb folyóinkon - a Dunán és a Tiszán - 100 évet meghaladó vízállás idősorok állnak a vízjárás jellemzésénél rendelkezésünkre. A vízhozam adatsorok általában rövidebbek.

A vízjárás egyik alapvető jellemzője az átlagos évi középvízhozam. A jelentősebb folyóink között a Duna évi középvízhozama: 2200 m<sup>3</sup>/s, a Tiszáé Szegednél 780 m<sup>3</sup>/s, a Marosé Makónál 160 m<sup>3</sup>/s, a Szamosé és Bodrogé a torkolatuknál 120-130 m<sup>3</sup>/s, a Sajóé és a Rábáé nagyjából 55-60 m<sup>3</sup>/s, a Zagyva, Kapos és a Zalaé mintegy 10 m<sup>3</sup>/s. Az átlagos évi középvízhozam nagysága a vízgyűjtő területtel együtt növekszik, de nagymértékben függ a vízgyűjtő éghajlati és térszíni adottságaitól is. A vízgyűjtő területéről elfolyó vizek területi összehasonlítására a fajlagos, egy km<sup>2</sup>-ről lefolyó vízmennyiség alkalmas. Ez kifejezhető vízoszlop-magasságban, mm-ben (1 l/s.km<sup>2</sup> fajlagos lefolyás megfelel 31,5 mm évi lefolyásnak). A fajlagos lefolyás a hegyvidéki területekről a - Kárpát-medence belsejét alkotó - síkvidéki területek felé haladva folyamatosan csökken, ami szorosan összefügg (1) a csapadék ilyen irányú változásával, (2) a csapadék lefolyó hányadát kifejező lefolyási tényező ilyen irányú csökkenésével. (A lefolyási tényező azt fejezi ki, hogy a csapadék milyen arányban ad lefolyást és ennek megfelelően 0-1 között változik.) A lefolyási tényező lejtős területeken magasabb, mint a síkvidéki területeken, továbbá értéke növekszik a csapadék növekedésével is.

Az egyes évek lefolyása (évi közepes vízhozama) erősen, de vízfolyásonként eltérő mértékben ingadozik az átlagos érték körül. A legkisebb évi lefolyás az átlagosnak csupán 15-75%-a, míg a legnagyobbé az átlag 150-370%-a, az évi lefolyás szélső értékei közötti arány elérheti az 1:10, sőt 1:15 értéket is. Az évi lefolyás ingadozásának mértéke a vízgyűjtő növekedésével általában csökken. A dunántúli vízfolyások átlagosnál kiegyenlítettebb vízjárást éghajlati okok magyarázzák, míg egyes folyók (Rába, Sajó, Hernád) esetében a felszín alatti vastagabb kavicsos durva homok rétegek tározó hatása csökkenti az ingadozás mértékét. Az átlagosnál is változókényabbak a Tisza, a Maros, a Bódva és a Zagyva. Az évi lefolyás időbeli alakulásában megfigyelhető a száraz(abb) és nedves(ebb) évek egyfajta csoportosulása. Így szárazabb évek voltak 1933-1936 és 1946-1950 között, az 1960-as évek elején, de az 1980-as és 1990-es években is a legutóbbi évek kivételével. Átlagosnál nagyobb lefolyás volt 1940-1942 között, az 1960-as évek közepén és az 1970-es évek második felében.

A lefolyás éven belüli menete követi az időjárás változásait. A legnagyobb (havi) lefolyás a télvégi-tavaszeleji hónapokra esik, amikor a télen felhalmozott hó elolvad. A legtöbb hazai vízfolyás esetében a havi lefolyás maximuma általában márciusban van, valamivel korábban, februárban a Dunántúl déli felének vízfolyásainál és a síkvidéki területeken, míg azokon a vízfolyásokon (Tisza, Maros, Bodrog, Szamos, Hernád), amelyek felső vízgyűjtője felnyúlik a magasabb hegységeikig áprilisban. A télvégi-tavaszeleji maximumot követően a havi lefolyás fokozatosan csökken egészen a nyárvégi-őszeleji hónapokig. A legkisebb havi lefolyás a Tisza és mellékfolyóin általában július-szeptemberben, a nyugati országrészben szeptember-októberben jelentkezik. A Duna különleges helyzetben van minden más vízfolyáshoz képest. A folyó több ezer méter magasságig felnyúló hegyvidéki részein az olvadás hosszantartó elhúzódása folyamatos táplálást biztosít a folyó számára. Az olvadásból eredő táplálás találkozhat a júniusi monszonhatásból fakadó esőzésekkel és ezért a Dunán a legnagyobb havi lefolyás



június-júliusban, a kisvízi időszak novemberben jelentkezik. A lefolyás éven belüli ingadozása kiegyenlítettebb a vastag kavicsstakaróval vagy durvaszemű homokkal fedett vízgyűjtőkben, ahol az olvadáskor keletkező hólé és a kísérő esőcsapadék jórészt a mélybe szívároghat csökkentve ezzel a felszíni lefolyást, majd a felszín alá jutott víz lassabb mozgással a későbbi hónapokban szívárog ki a vízfolyás medrébe növelve annak vízszállítását. Hasonló kiegyenlítő hatás mutatkozik a karsztos területeken is.

Vízfolyásainkon árvizeket a hóolvadás és az esőzés egyaránt kiválthat. A rövid idejű és általában nagy intenzitású esőzések inkább csak a kisebb vízfolyásokon váltanak ki áradásokat, nagyobb vízgyűjtőkön jelentékenyebb áradást a huzamos ideig tartó esőzések és a tartós hóolvadások váltanak ki. Hóolvadásból eredő esőzésekkel kísért áradások jellemzően márciusban, a Tisza középső és alsó szakaszán áprilisban, a Dunán május-júniusban fordulnak elő. Korai tavaszodás esetén már februárban is jelentkezhetnek áradások. Esőzésekből - az időjárás szeszélye szerint - bármely időszakban jelentkezhet áradás. Árvizeket kiváltó mederbeli természetes duzzasztás létrejöhet a meder átmeneti eldugulása (pl. jégtorlódás) esetén vagy olyankor, amikor a mellékfolyón levonuló árhullám a befogadó vízfolyásba torkollása feletti szakaszra visszaduzzaszt. A Duna és a Tisza vízgyűjtőjének az áradásai általában nem esnek egybe. A Tisza vízrendszerében a tavasi hóolvadás a Körös vízgyűjtőjében jelentkezik először, ezért árhullámai megelőzik a Tiszáét. A Sajó és a Maros árhullámai is többnyire megelőzik a Tiszáét, a Bodrog egy időben árad vele, míg a Szamos áradása követi a Tiszát.

Az felszíni vizeinek vízforgalmát, vízháztartását a következők jellemzik. Mivel jelentősebb folyóink mind határainkon túl ered, az ország vízforgalmában meghatározó a határainkon belépő vízmennyiség. Ennek átlagos évi értéke  $114 \text{ km}^3$  ( $3600 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Ez kiegészül az ország területére hulló  $58 \text{ km}^3$  ( $620 \text{ mm}$ ) csapadékból az ország határain belül lefolyó  $6 \text{ km}^3$ -rel. Az országot  $120 \text{ km}^3$  ( $3800 \text{ m}^3/\text{s}$ ) vízmennyiség hagyja el a folyókkal, az  $58 \text{ km}^3$  csapadékból pedig  $52 \text{ km}^3$  ( $550 \text{ mm}$ ) elpárolog, ami kevesebb, mint a potenciális párolgási igény ( $61 \text{ km}^3$ ). A vízkészlet nagyobb része (95%-a) külföldről ered. A mederbeli lefolyás megosztása egyenetlen térben is. A belépő vizek 80%-a három nagy vízfolyásra (Duna, Dráva, Tisza) koncentrálódik.

#### *Az állóvizek*

Egy korábbi - 1960-as évi - felmérés szerint az országban 1170 tó van, amelyek összes felülete  $900 \text{ km}^2$ , az ország területének közelítően 1%-a. A tavak többsége természetes eredetű (tektonikus, szélvájta, egykori holtágak helyei, karsztos) mélyedésben összegyűlt víz, míg kisebb felük mesterséges eredetű (mesterséges holtág, bányagödrök, halastavak, tározók). Tavainkra általában jellemző, hogy sekélyek, amiből következik, hogy könnyen kiszáradhatnak, könnyen átmelegedhetnek, ezért üdülő tavakként hasznosíthatók, a hullámozás könnyen felkavarja a már leülepedett hordalékot és ez számottevően befolyásolja a vizek minőségét. A sekély mélységből adódóan a tavaink gyorsan feltöltődnek. Legnagyobb tavaink a Balaton, a Velencei-tó és a Fertő-tó, valamint a Tisza középső szakaszán a folyó mesterséges duzzasztásával kialakított Tisza-tó. A Balaton, a Velencei-tó tavaink szabályozott tavak, amelyek vízszintjét főként a tóból való kifolyásnál létesített zsilip nyitásával lehet szabályozni.

### **3.3. A víz mint a mezőgazdaság veszélyforrása**

A víz számos formában kárt okoz, kockázatot jelent a mezőgazdaság számára, veszélyt a termésre, a különféle mezőgazdasági létesítményekre, esetenként a településre, sőt veszélyeztetheti az emberi létet. A víz három alapvetően formában jelent kockázatot: az árvizek, a belvizek és a vízerózió megjelenésével.

#### *Az árvizek*

Árvíz a folyók, vízfolyások nagyvize, amikor a víz kilép a középvízi medréről és elönti a környező területet: az árvíz által elöntött terület az ártér. A múlt században végrehajtott ármentesítések előtt az ország területének mintegy 30%-a volt árterület, ebből 22% a nagyobb folyók (Tisza, Körösök, Maros, Duna) völgyében és kevesebb, mint 10% a kisvízfolyások menti árterületek. A vízszabályozási munkák során a 22%-nyi folyóvölgyi ártér csaknem egésze, 97%-a ármentesített. A kisvízfolyások völgyeinek nagy része nem ármentesített, az ide kilépő árvizek szabadon végigvonulnak a völgyben. Az ország területének 30%-a árvízzel veszélyeztetett, amelyen jelentős nemzeti vagyoni halmozódott fel. Hazánk az árvizekkel erősen veszélyeztetett országok közé tartozik.

Az árvizeket a vízgyűjtő területén lehulló és a mederbe lehúzó nagy mennyiségű csapadék váltja ki. Az árvizek szorosan kapcsolódnak az időjáráshoz. Nagyobb folyóink, mint a Duna, a Tisza, a Dráva, ezek legfontosabb mellékfolyói kivétel nélkül határainkon túlról érkeznek, vízgyűjtőjük felső szakasza hazánk területén kívül helyezkedik el. Ezen folyóink árvizeinek alakulása döntően a hazánkon túli vízgyűjtő terület időjárásának alakulásától, mindenekelőtt a csapadéktól függ.

A csapadék és az árvizek viszonyában igen fontos a vízgyűjtő nagysága. A Kárpát-medencére jellemzően inkább a nyári félévben jelentkező intenzív nagycsapadékok többnyire kis területre terjednek ki, ezért jelentősebb árvizeket inkább csak kisvízgyűjtőben válthatnak ki. Az intenzív nagycsapadékok a kisvízgyűjtőben gyors felfutású, heves árhullámot válthatnak ki, ami gyorsan levonul. Nagyobb vízgyűjtőkben a vízgyűjtő nagy részét átfogó tartós csapadékok, illetve a hóolvadás okozhat tartósabb, időben hosszabban elhúzódó áradásokat. Az olvadás által kiváltott áradás különösen nagy, ha az olvadást jelentős esőcsapadék is kíséri. A nagyobb vízgyűjtőinken inkább a tavaszi hóolvadásból eredő áradások, kisebb vízgyűjtőkön az intenzív nyári csapadékok válthatnak ki jelentős árhullámot. Az olvadási árhullámok alacsonyabb hegységeinkben korábban, többnyire már februárban, márciusban jelentkeznek, magasabb hegységeinkben az árhullám inkább áprilisban jelentkezik. A Duna kivételes helyzetben van: a magas hegységek miatt a folyamatos olvadás és vízutánpótlás következtében az áradások későbbre, májusra, sőt júniusra tolódnak s nem egyszer találkoznak a júniusi monszonhatásból keletkező esőzésekkel és ekkor különösen nagyok.

Az áradás nagysága, hevesége, időbeli lefolyása attól is függ, hogy a csapadék milyen gyorsan húzódik le a mederbe, milyen gyors a felszíni összegyülekezés, illetve, hogy a csapadék milyen hányada jut el egyáltalán a mederbe felszíni úton. Ebben fontos szerepe van a térszíni adottságoknak, s különösen az erdőknek. Az erdő avartakarója, gyökerekkel átszőtt laza talaja a vizeket a szivacshoz hasonlatosan visszatartja és lassan eresztik tovább. Az erdőirtások következtében az összegyülekezés gyorsul és az árvízi csúcshozamok növekedhetnek. Az összegyülekezést gyorsíthatják a pásztaszerű fakivágások is, amelyek szinte terelik a vizeket a felszínen.

Az áradás minden esetben a folyó felső szakaszán hevesebb, rövid idő alatt több métert is emelkedhet. A felső-Tiszán, a Szamoson, a Krasznán, a Körösökön a vízszint emelkedése elérheti a 2-3 m/nap értéket is. Az intenzív emelkedés ezeken a felső szakaszokon váratlanságával katasztrófa jellegű adhat az áradásnak. A folyón lefelé haladva az emelkedés többnyire kisebb ütemű és kevésbé kiszámíthatatlan és váratlan, mivel a felső szakasz állapotából több-kevesebb pontossággal következtethetni lehet az árhullám lefutására. Az árhullámok a folyón lefelé haladva ellapulnak, viszont többnyire megnövekszik az időtartamuk, különösen abban az esetben, ha a felülről egyenként induló árhullámok egymásra szaladnak. A Tisza középső és alsó szakaszán nem ritka a hónapokig elhúzódó árhullám. Itt az áradás tartóssága, töltések esetén az árvédelmi töltésre nehezedő töltésterhelés jelenthet komoly veszélyt.

Az árhullám levonulása függ a meder, s különösen a hullámtéri meder vízátbocsátó képességétől. A hullámtéri erdők, a hullámtéri beépítések növelik a meder ellenállását, csökkentik a hullámtéri meder átbocsátó képességét, azaz az azonos nagyságú vízhozamok magasabb vízállásnál vonulnak le. A hullámtéri feliszapolódás is az árhullámok szintjeinek növekedéséhez vezetnek, anélkül, hogy maga a vízhozam növekedne.

Az ármentesítés alapvető eszköze hazánkban az árvédelmi töltések létesítése. Az árvédelmi töltések magasságát a mértékadó árvízszinttől és a magassági biztonságtól függően kell megválasztani, ami meghatározza a töltés méretét is. A töltést jó vízzáró földanyagból kell készíteni: legjobb a kétharmados homokos, egyharmad részben agyagos talaj. A hullámtér részleges ármentesítését a nyári gátak teszik lehetővé. Ezek kisebb áradások ellen nyújtanak védelmet. Magasságukat úgy kell megválasztani, hogy a koronájuk (a gátak teteje) a középvízi part élénél ne legyen 1,5 m-nél magasabban. A nyári gáttal védett területen művelés folyhat, nagyobb árvizek esetén azonban a nyári gátas területre az árvizeket be kell eresztetni az árhullámok biztonságos levonulása érdekében. Árvizeket követően a nyári gátas területen rekedt vizeket el kell vezetni, ami a nyári gát megfelelő helyen történő átvágásával vagy előzetesen beépített zsilipeken keresztül lehetséges. Az árvédelmi töltések védelme érdekében a hullámtéren erdőket telepítenek legalább 10 és legfeljebb 40 m távolságban a töltésektől. Az erdőket úgy kell telepíteni, hogy ne akadályozzák a jéglevonulást, ne legyen bokros, cserjés aljnövényzete, viselje el a hosszantartó vízborítást.

Az árvízvédekezés az áradások idején az árvédelmi töltések (esetleg egyéb létesítmények) védelmét jelentik. A hullámverés ellen a töltéseket ideiglenesen befedik többnyire rözséből készített borításokkal fedik be. A töltésátázás elleni védelem céljából a töltés mentett oldalán szivárgó árkokat képeznek, amik mintegy leszívják a töltéstestben levő vizeket, vagy a vízfelőli oldalon szádfalakkal (vízzáró lemezekkel) zárják el a víz útját. A töltéskoronát meghaladó vízmagasság ellen a töltés koronáján ideiglenesen emelt - többnyire homokzsákokkal kiképzett - gátakkal lehet védekezni. Az árvédelem feladatait a vízügyi igazgatóság irányítja az áradás nagyságától függően 3 védelmi fokozatban. A védekezést a vízügyi igazgatóság elsősorban saját erővel látja el, szükség esetén kérheti más szervezetek közreműködését is, és mozgósíthatja a közerőt is.

Az országban megépített töltések hossza 4200 km, ami 22900 km<sup>2</sup> területnek (az ártér 89%-a) nyújt árvédelmet. A töltések alig fele van kiépítve az előírt mértékadó szintre. A teljes árterület 11%-a hullámtér, vagy be nem védett terület. A fontosabb területek védelmére további 1000 km másodlagos védvonal (lokalizációs töltés, körgát) épült. A Berettyó és a Körösök mentén árvédelmi vésztározó is épült, ahova szükség esetén kieresztik (a mentett ártérre) a vizet és ezzel a lejjebbi területek árvízveszélyét csökkentik. Magyarországon ma a mentesített területen 700 település van, ahol a lakosság 50%-a él, itt van a vasútvonalak 32%-a, a közutak 15%-a.

### **A belvizek**

A belvizek a síkvidéki területeken fordulnak elő. A síkvidéki területeken a felszín esése csekély és a kisebb-nagyobb mélyedések, horpadások következtében nem egyenletes. Csapadékos időszakokat követően a víz a mélyedésekben összegyűlekszik, megreked és hosszabb-rövidebb időre vízborításokat okoz. A víz alapvetően két úton juthat el a terep mélyebben fekvő részeire: (1) Elsősorban kötött talajok esetében, amikor a talaj vízbefogadó képessége lecsökken, a felszínen maradó víz a kis terepesések miatt lassú mozgással halad a terepen és a mélyedéseket elérve ott megreked. A talaj vízbefogadó képességét csökkenti a talajfagy, a magas talajvíz. Nyári heves esőzések idején a csapadék intenzitása meghaladhatja a talaj víznyelő képességét és okozhat a felszínen lefolyást, majd vízborítást. (2) Laza, homoktalajok esetében jellemző, hogy a csapadék beszivárog a talajba, és a talajvízzel együtt mozogva szivárog ki a mélyebben fekvő területekre és okoz elöntést. A belvíz keletkezésének e két formája elsősorban a talajtípusával van összefüggésben. A belvízi elöntéseket vízfolyások, folyók mentén az áradások idején, azok hatására megemelkedő talajvíz is kiválthatja.

A talaj felszínének vízborítása és a talajok pórusainak vízzel való telítődése kedvezőtlen állapotot idéz elő a növények számára. A talaj telítődése következtében csökken a pórusok levegő-tartalma, a növény számára kedvezőtlen víz/levegő arány alakul ki, ami előbb csökkenti, huzamosabb idő után meg is szünteti a gyökérlégzést, ezt az alapvető növényi életfolyamatot. Ez károsan hat a növény számára, a termés csökken, esetleg a növény el is pusztul. A károsan telített állapotot a fulladásponjt jellemzi. A növényeknek azt a tulajdonságát, hogy mennyi ideig képesek elviselni egyedpusztulás nélkül a fulladásponjt körüli állapotot, a növény víztűrő képességének nevezik. Felszíni borítás esetén a víztűrő képesség függ a növénytől (faj, fajta, a növényi életszakasz, a növény magassága) és a vízborítástól (annak magassága, vízhőmérséklet). Általában megállapítható, hogy a gyepek (fűfélék) víztűrő képessége jobb, mint a szántóföldi növényeké.

A termés nagysága és a vízborítás időtartama között szoros összefüggés van. A vízborítás időtartamának növekedésével a termés csökken. Példaképpen a kukorica és a napraforgó esetében, 5-7 leveles korukban 2 napos (és 5-15 cm-es) vízborítás 20%-os, négy napos vízborítás akár 80%-os termésnövekedést okoz. E növények esetében a növény fejlődésével a víz iránti érzékenységük csökken. Virágzás idején a terméskárt két napos elöntés már csak 5-10% körüli, négy napos vízborításnál is csupán 20-40%-os. Tejes érés idején a két napos vízborítás lényegében károkat nem, a négy napos is csak 10% körüli károkat okozhat. A kukorica és a napraforgó tehát a tenyészidőszakuk elején érzékenyebbek. A cukorrépa is érzékenyebb a tenyészidőszak elején, de a víztűrő képessége kevésbé javul a tenyészidőszak előrehaladtával.

A talaj telítődése és a felszín vízborítása kedvezőtlen a gépek üzemeltetése szempontjából is. A maga nedvesség-tartalmú talajon mozgó – talaj előkészítő, növényápolási vagy betakarítási munkálatokat végző gép tömöríti a talajt, rontja annak szerkezetét, rosszabb a munka minősége és növeli az üzemanyag-fogyasztást.

A belvíz elöntések lakott területen épületeket is veszélyeztet, különösen a kellő szigetelés nélkül létesített építményekben okoz károkat.

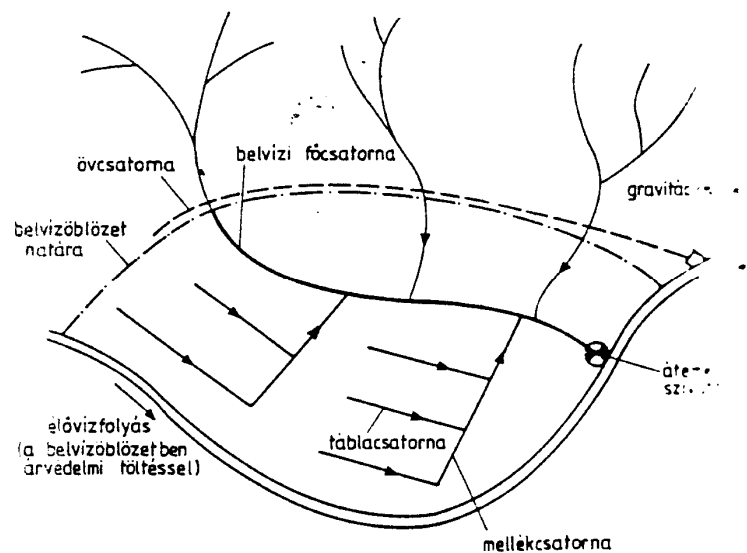
Síkvidéki területeinken a belvizek leggyakrabban a tél végén, tavasz elején jelennek meg. A belvizek megjelenése, megjelenésük esetén a belvizek nagysága lényegében négy tényezőtől függ: a téli félév csapadékától, a télvégi hótakaró nagyságától, az őszi talajvízállástól és télvégi talajfagy nagyságától. E tényezők átlagosnál kedvezőtlenebb alakulása esetén - amint az 1940-42-ben volt - különösen tartós belvizek alakulhatnak ki. A nyári és különösen őszi belvizek ritkábban fordulnak elő, de esetenként ezek nagysága meghaladhatja a télvégi belvizet is. Ilyen tartós őszi belvízhelyzet volt az országban az utóbbi évben is.

Az 1961-1980. évek felmérései alapján elkészült a belvíz gyakorisági térkép. A vízügyi igazgatóságok által felmért és térképvázlatokon rögzített belvizes elöntések alapján minden évre elkészítették az elöntések térképeit, majd az évenkénti térképek egymásra helyezésével meghatározták, hogy adott helyen hányszor volt belvízi elöntés, amiből számítható volt az elöntés relatív gyakorisága. A belvíz megjelenési gyakorisága szerint a legveszélyeztetettebb kategóriába azokat a térségeket sorolták, ahol a vizsgált 20 év alatt a belvíz több mint 4 alkalommal (azaz 0,2-nél nagyobb gyakorisággal) jelent meg. Ebbe a kategóriába 1860 km<sup>2</sup> esik, főként a felső-tiszavidéki területek (Bereg, Tisza-Szamos köze, Szamos-Kraszna köze, Rétköz, Bodrogek, Taktaköz), a Jászság és a Nagykunság egy része, a Körösök mente, az Alsótiszavidék egy része, valamint a Duna-menti főcsatorna melletti sáv. A területek nagyobb belvízi veszélyeztetettsége részben a folyók közelségével magyarázható (e területeken a belvizek megjelenése egybeesik az áradásokkal), részben a területek erősen kötött talajával.

A belvizek elleni védekezésnek két lehetősége van: az alkalmazkodás és a belvizek szabályozása.

A ma még kevésbé gyakorolt alkalmazkodás szerepe a jövőben feltehetően megnövekszik: az Európai Unióhoz történő csatlakozás esetén csökken a művelésbe bevont területek aránya, ami elsősorban a kedvezőtlen adottságú - így a gyakorta belvízjárta területek - művelés alóli kivonásával vagy művelési ág váltásával érhető el. Ígéretes a belvízjárta területek erdősítése, mivel az erdők nagyobb párologtató képessége segíti a vizek távozását. Az erdősítést meg kell előznie a környezeti hatások értékelésének és mérlegelésének.

Jelenleg a belvizek elleni védekezés lényegében a fölös vizek mesterséges úton való elvezetését jelenti. A művelt területek belvizei elleni védekezés lényege, hogy a területről a vizeket a túrés időn belül elvezessék. Az elvezetés többnyire felszíni, nyílt csatornákkal történik (3.1 ábra). A levezető rendszer a táblahatárokon épített táblacsatornákkal kezdődik, amelyek összeszedik és a mellécsatornába vezetik a tábláról lefolyó vizeket. Táblacsatornaként használhatók az út menti árkok is. A táblaszéli csatornákat a tábláról lefolyó víz mennyiségére kell méretezni, de legalább 50 cm fenékszélességgel és 50-60 cm mélységgel.



3.1 ábra Fontosabb csatornamegnevezések

Folyamatos tisztításukkal kell biztosítani a vízszállító képességet. A mellécsatornák az összegyűjtött vizeket a főcsatornába juttatják el, amelyek a vizet a befogadó vízfolyásba továbbítják. Mivel a befogadó vízfolyásban - többnyire valamely folyó, mint a Duna, Tisza, Körösök, Maros, esetenként valamely

nagyobb főcsatorna, mint a Dunavölgyi-főcsatorna, a Hortobágy-Berettyó, a Hanság főcsatorna - belvizes időszakban a vízállás magas, a bevezetés többnyire csak szivattyúk segítségével történhet. Amennyiben a csatornák megtelnek és a területről vagy az alsóbb rendű csatornákból érkező vizeket nem képesek befogadni, az érkező vizeket vagy másik, kevésbé terhelt csatornába vezetik, vagy ideiglenesen, az erre kijelölt, kevésbé értékes területre kieresztve, tározzák. A belvizek terelését, ideiglenes tározását belvízkormányzásnak nevezik.

A túrési idő meghatározása gazdaságossági kérdés, mivel mind a vizeket elvezető létesítmények mérete, ezek építési, fenntartási és üzemelési költségei, mind a károk nagysága alapvetően és ellentétesen függ a túrési idő megválasztásától. A túrési idő határozza meg pl. azt a vízhozamot, amit az elvezető rendszernek biztosan el kell tudnia szállítania. A túrési idő alapján a csapadékból keletkező fajlagos vízhozam számítása a

$$q_c = 11,57\alpha h(t+\tau)^{-1}$$

képlet alapján lehetséges, ahol  $h$  a  $t$  időtartamú 20%-os valószínűségű (5 évenként előforduló) csapadék,  $\alpha$  a lefolyási tényező, ami függ a talajtól, a talajvízmélységtől (ami kifejezi, hogy az adott csapadék milyen hányada ad lefolyást),  $\tau$  a túrési idő.

Belvizes időszakban a belvívveszély mértékének függvényében különböző fokú belvízkészültséget rendelhetnek el. I. fokú készültség van, ha a belvizek összegyülekezése miatt intézkedni kell, hogy a főcsatornák befogadó képesek legyenek; ha a várható belvizek fogadására a főcsatornákat előüríteni, tisztítani kell; ha a belvizek gravitációs bevezetésének lehetősége megszűnik. II. fokú a készültség, ha szivattyúkat és a belvizeket kormányzó műtárgyakat, zsilipeket két műszakban kell üzemeltetni, és III. fokú ha az adott térség szivattyúi névleges kapacitásuk 75%-a erejéig üzemelnek, ha a kapacitás elégtelensége miatt a belvizek visszatartását kell elrendelni.

Az üzemi védekezési teendők a mezőgazdasági üzemek feladata.

Igen fontos a csatornák karbantartása. Elsődleges feladat az iszaplerakódás és a növényzet eltávolítása. A tapasztalatok szerint a csatornákat 4-5 évente kell iszaptalánítani, ami azt jelenti, hogy évente az adott szakasz 20-25%-án kell elvégezni a medertisztogatási munkákat, amihez különböző kotrók és csatornatisztító gépek szükségesek.

### *Az erózió*

Erózió a felszín lepusztulása, ezen belül a talajerózió a talaj lepusztulása, amelynek során a kiváltó erő az egyik helyen lehordott, elhordott talajt más helyre szállítja, és ott felhalmozza, akumulálja. A kiváltó erő leggyakrabban a víz vagy a szél, ez előbbi esetében vízerózióról, míg az utóbbinál szélerózióról (deflációról) beszélünk.

A vízeróziót a csapadék váltja ki. A talajt érő csapadék ütőhatása felaprózza a talajt, a száraz talajmorzsákra hulló csapadék valóságosan szétrobbantja a talajmorzsát kisebb részekre. Nedves talajon a szétaprózódás kisebb. Az erózió kiváltásában, a lehordott talaj mennyiségének alakulásában meghatározó szerepe van az eső intenzitásának, az eső intenzitással szorosan összefüggő kinetikus energiájának. A széteső részecskék eltömik a talajfelszín közeli pórusait, csökkentve ezzel a beszivárgás lehetőségét és növelve a felszíni elfolyást. A csapadék mintegy előkészíti a lefolyást. A kisebb részekre széteső talajrészecskéket a felszínen elfolyó víz könnyen magával ragadja, a lejtő aljához szállítja, ahol a kisebb esésé következtében energiája jelentős részét elveszítve, a hordalék nagy részét lerakja. A felszíni elfolyást a hóolvadás is kiváltja. A lejtő felső szakaszán a vízmozgás többé-kevésbé lefelszerű, a lepusztulás is nagy felületen egyenletesen, de viszonylag kis mértékben történik. Ez a felületi erózió. A felületi erózió fokozatait a talajpusztulás %-os értéke alapján különíthetjük el: ha az eredeti talajszelvény 70%-a megvan, úgy az erózió gyenge, ha 30-70%-a, akkor közepes, míg 30% alatt a felszín erősen erodált. A felszínen a lejtő irányát követően elfolyó víz lefelé haladtában folyamatosan koncentrálódik, a lefolyás kisebb-nagyobb méretű erekké koncentrálódik, az összefolyó víz egyre nagyobb mennyiségű talajt képes kihordani. A víz által kivált mélyedés nagyságától függően megkülönböztethetünk: (1) barázdás eróziót, amikor a viszonylag kisméretű (legfeljebb 0,5 m mélységet elérő) barázdák a szintvonal

szerinti művelést nem akadályozzák, (2) a 3 m mélységet is elérő, 0,5-8,0 m szélességű árkos eróziót, amikor az állandósuló, nagyobb méretű árkok a vízszintes művelést akadályozzák és elősegítik a vízmosások kialakulását, (3) a vízmosásos eróziót, amelynek során nagyméretű, többnyire meredek oldalfalú árkok jönnek létre.

Az erózió alakításában a csapadék meghatározó szerepe mellett további tényezők is fontos szerepet játszanak.

Igen fontos a lejtő szerepe, a lejtő alakja, esése (meredeksége), hossza és kitétsége (égtáj szerinti tájolása). Egyenes vonalú lejtőn a lefolyó víz és pusztító energiája a lejtőhosszal arányosan növekszik és a lejtő végén a legnagyobb. Domború lejtőn a lepusztulás a lejtő tetején kisebb és gyorsuló ütemben növekszik a lejtő irányában, míg a homorú lejtőnél a lejtő tetején a nagyobb és lefelé haladva csökken. A talajlehordás nagysága szorosan összefügg a lejtők esésével: minél nagyobb az esés, annál nagyobb a lepusztulás. A hazai talajvédő gyakorlatban a lejtő esése szerint a terület sík (0-5%), enyhén lejtős (5-12%), közepesen lejtős (12-17%), erősen lejtős (17-25%) és meredek lejtő (25% felett). A lejtőn mozgó víz energiáját a lejtő hossza is befolyásolja, mivel hosszabb lejtőn a víz mozgása felgyorsul, kinetikus energiája növekszik.

Az erózió mértéke függ a talaj adottságaitól: genetikai típusától, mechanikai összetételétől, fizikai és kémiai tulajdonságaitól, továbbá a mindenkori nedvesség-állapotától. A talajok közül a homoktalajok, amelyek szemcséi csak lazán kapcsolódnak egymáshoz, kisebb ellenállást tanúsítanak az erózió ellen és könnyebben lepusztulnak. Az agyag nagyobb ellenállást tanúsít a víz elsodró erejével szemben, a vályogtalajok közepesen ellenállóak.

Az eróziót befolyásoló tényezők között fontos szerepe van a növényzetnek. A növényzet felületével felfogja a csapadékot és/vagy csökkenti az áteső csapadék sebességét, növeli a felszín érdességét és ezáltal csökkenti a vízmozgás sebességét, végül a növényzet gyökérzete növeli a talaj ellenálló képességét. A termesztett növények talajvédő hatása szorosan összefügg a vetési sortávolsággal, ami meghatározza a növényi fedettség mértékét. Jó talajvédő hatású a gyepek, a különböző pillangósok, közepes hatású az őszi vetésű, sűrű sorú őszi árpa és rozs, a tavaszi árpa és rozs, az őszi búza, repce, gyenge hatású a tavaszi vetésű, sűrű sorú borsó, bükköny, bab, burgonya, végül rossz talajvédő hatású a tavaszi vetésű, széles sortávolságú takarmányrépa, cukorrépa, napraforgó, kukorica, a dohány. A természetes növények közül kiemelt talajvédő hatásuk van az erdőknek.

Az erózió nagyságát befolyásolja a talajművelés is, mint a művelés szintvonalhoz képest megválasztott iránya, a művelés mélysége, a növényi maradványokkal való fedettség mértéke, a tápanyag-gazdálkodás. Az eróziót a helytelenül megválasztott terület vagy földhasználat felgyorsíthatja. Különösen növeli az eróziót az erdőirtás, a túllegettetés, különösen a talajtömörítő és a gyepeket válogatás nélkül tövig lerágó juhok és kecskék legeltetésekor. Növeli az eróziót a talajfelszín bármiféle célból (útépítés, építés) során történő megbontása.

A lehordott talajnak viszonylag kis hányada jut el a vízfolyásokba, esetleg tavakba. A lehordott talaj jó része a vízgyűjtő enyhébb lejtésű szakaszán, a völgyekben, mélyedésekben (hordalékgyűjtő terekben) visszamarad. A vízfolyásokig eljutott hordaléknak a teljes lepusztult hordalékhoz viszonyított értéke a hordalék továbbítási arány. A Balaton térségében végzett vizsgálatok szerint a Balatonba ténylegesen lehordott, a vízerózió által mozgatott talajnak csupán alig 1-2%-a jut el.

Az erózió által okozott károk sokrétűek. A lejtőoldalon a lepusztul a talaj, vele együtt a lesodródik a humusz (a szerves-anyag) és a tápanyag. A termőtalaj akár az alapkőzetig is lepusztulhat. Általában 1 mm talajréteg lepusztulása 14 t/ha talajtömegnek felel meg. Erősen erodált talajokon az évi lepusztulás mértéke meghaladhatja a 100 t/ha-t, közepesen erodált talajokon a 70 t/ha, míg a gyengén erodált talajokon a 40 t/ha körüli értéket. A humuszvesztés erősen erodált talajon akár 2 t/ha, jelentős lehet a nitrogén, foszfor és kálium veszteség is. Az erózió csökkenti a talaj termőképességét, csökken a termés. A termés csökkenése az erózió előrehaladtától és a növénykultúrától függően erősen erodált talajon akár 60-80%-os, közepesen erodált talajon 20-60%-os lehet. A lepusztuló, erodálódó talaj vízgazdálkodási tulajdonságai is romlanak, csökken a csapadék beszívó hányada, ami gyorsítja az eróziót, növeli a felszíni elfolyást. A lehordott talaj a völgyfenéken vagy a völgyfenéki patakok medrében lerakódik, a

völgyfenék elvizenyösödik, a meder feliszapolódik, ami csökkenti a vízlevezető képességet és növeli az árvízveszélyt. A talajjal együtt lesodródó kemikáliák vízszennyezést okoznak és rontják a vízminőséget.

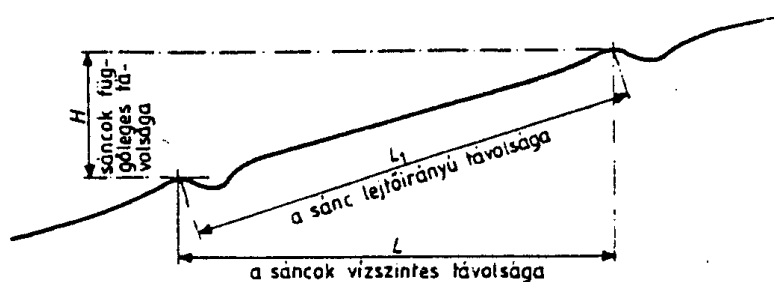
Magyarországon közelítően 1,5 millió ha területe érint a (víz- és szél) erózió, az ország területének mintegy 15-16%-át. Egy korábbi becslés szerint a víz és szél által elhordott talaj évenkénti mennyisége 80-110 millió m<sup>3</sup>, az így bekövetkezett szervesanyag-veszteség mintegy 1,5 millió tonna. A humuszos termőréteg vékonyodásával a melioráció ellentétes hatása csaknem vagy csak lokálisan tud egyensúlyt tartani.

A talajvédelem alapvető feladatai közé tartozik a talajpusztulás megállítása. Az erózió elleni védelemnek számos formája van. Az agrotechnikai és erdészeti talajvédelem alapvetően a művelési ágak helyes megválasztása, ami biztosítja a talajok kellő fedettségét. A talajfedettség alakulásában nagy szerepe van a megfelelő vetésforgónak, amelyet a lejtő nagyságának függvényében kell megválasztani. Az 5-12%-os lejtőkön - a szántóföldi művelés leggyakoribb lejtő kategóriája - a jó talajvédő hatású növények aránya legalább 25%, a rossz talajvédő hatású növények aránya legfeljebb 25% legyen. Ugyanezen értékek a 12-17% lejtőn legalább 35% illetve legfeljebb 15% legyen. Igen fontos a talajművelés módszerének megválasztása. A lejtő irányú művelésről a szintvonal menti művelésre áttérés már önmagában jelentősen - 10%-nál meredekebb lejtőkön akár 50%-kal is - csökkenti az eróziót. Csökkenti az eróziót a forgatás nélküli talajművelés, a talajt az ekénél mélyebben lazító nehéz kultivátor, amivel elkerülhető az ún. eketalpmélység kialakulása, azaz a talajnak az ekével történő szántása miatt túlzott tömörödés, ami megakadályozza a víz beszivárgását mélyebb rétegekbe. A talaj védelmét elősegítik a talajvédő művelési módok, amelyek kevésbé bolygatják meg a talajt, a talajtakarás, bakhátas művelés, a sávos művelés. A szerves trágyázással javulnak a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai, hasonló hatás érhető el a tarló- és gyökérmaradványok beszántása.

Egyes esetekben szükség lehet műszaki-vízgazdálkodási beavatkozásokra a talaj eróziójának csökkentése érdekében. A műszaki beavatkozások, illetve a műszaki létesítmények kialakításának célja a csapadék lefolyásának szabályozása. A műszaki módszerek az agrotechnikai módszerekhez képest gyorsabban, hatékonyabban érvényesül, ugyanakkor lényegesen költségesebbek és nagyobb mértékben táj-idegenek. A műszaki megoldás választása akkor indokolt, ha egyúttal gazdaságos.

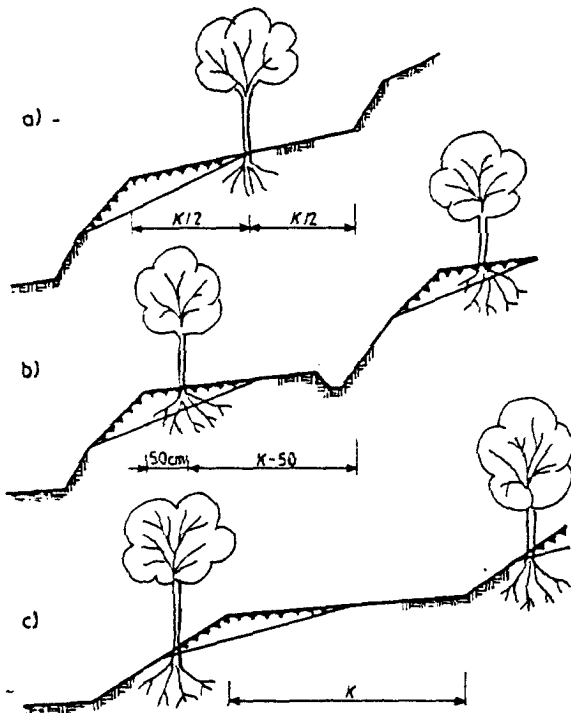
A legelterjedtebb műszaki megoldások a következők.

A sáncolás (3.2 ábra), ami a terep mesterséges hullámosítása a csapadék visszatartása vagy kár nélküli elvezetése céljából. A vízszintes sáncokat a szintvonalakkal közel párhuzamosan alakítják ki. Alkalmazásuk a jó vízlevezető képességű talajokon, kevésbé csapadékos területeken előnyös. A sáncok mögött összegyűlő víz a talajba szivárog.



3.2 ábra A sánc jellemzői

A lejtős sáncokat rossz vízlevezető képességű talajokon, csapadékos területeken alkalmazzák. A szintvonalal szöget bezáró sáncok mögött összegyűlő vizeket a sáncok elvezetik a vizeket nagyobb térségből összegyűjtő - többnyire gyeves - levezetőbe. A mezőgazdasági művelés szempontjából megkülönböztethetők az átművelhető (a sánc rézsúhajlása <25%) és át nem művelhető sáncok.



3.3 ábra Gyümölcsfaültetés módjai teraszon

Terasz (3.3 ábra) a felszín olyan lépcsős kialakítása, amelyek lényegesen csökkentik a lejtő esését. Létesítésük elsősorban szőlő- és gyümölcstévényekben indokolt. A teraszozás célja a lejtőn leszaladó víz rombolásának megakadályozása, a meredek lejtőn a gépi művelés lehetővé tétele. A teraszlap kialakítása szerint lehet vízszintes, lejtő irányú esésű vagy ellenesésű. Az ellenesésű teraszok, amennyiben hosszirányban ugyancsak esésük van, vízvezetők, ellenkezőleg víztartók. A teraszlap földrézsüvel vagy támfallal, esetleg a kettő kombinációjával támasztható meg. A teraszlap szélessége az ültetvény sortávolságától, a lejtő hajlásszögétől, a termőréteg tulajdonságától függ. A teraszokat esetenként vízlevezető árokcal is kiegészítik. Teraszokat gyümölcsösökben a 17%-ot, szőlőkben 12%-ot meghaladó lejtők esetében alakítanak ki.

A lefolyás megszakító művek ideiglenes (szezonális) és állandó művekből állnak. Az állandó műveket egymástól nagyobb (de legfeljebb 240 m) távolságra helyezik el. Ezek lényegében állandó árkok, amelyek a vizet felfogják.

Az árkot kiegészíthetik szivárgás gátló lemezzel és vízlevezető alagcsővel. Az állandó létesítmények között adott távolságra, 60 m-enként szezonálisan, a növényhez igazodóan ideiglenes árkokat alakítanak ki.

A hegy- és dombvidéki vízrendezés feladatai közé tartoznak a völgyfenéki patakok rendezése, amelynek elsősorban az a feladata, hogy a patakok vízvezető képességét, mindenekelőtt az árvízi hozamok átbocsátó képességét biztosítsa. Ennek egyszerűbb esetekben elegendő megoldás lehet a meder tisztítása (a lefolyási akadályok: növényzet, tuskók eltávolítása, a feliszapolódás eltávolítása). Más esetekben szükség lehet a patak szabályozására, amelynek során a meder bővítésével, átmetszésével, a meder áthelyezésével, különböző műtárgyak építésével növelhető a meder vízbocsátó képessége. Az ilyen munkák során is törekedni kell azonban arra, hogy a szabályozott patak is minél inkább megőrizze természetes vonásait, megmaradjon az eredeti élővilág, javuljon a patak természetes öntisztuló képessége, az alkalmazott anyagok legyenek természetesek, tájba illőek.

## A talajnedvesség ellátottságának szabályozása

### A talajnedvesség és kapcsolata a növényi fejlődéssel

A víz fontos a növények fejlődéséhez: (1) az asszimiláció nélkülözhetetlen eleme, (2) a sejtek alkotóeleme, a növények fejlődéséhez szükséges tápanyagok (3) oldóanyaga és (4) szállítója, továbbá (5) hűtőszerepet is ellát a párologtatással. A növényállomány a fejlődéséhez szükséges nedvességet a talajból, a talajnak a gyökérral átszított felső rétegéből veszi fel. Ezért a növénytermesztés számára elsődlegesen fontos a gyökérral nedvesség-ellátottsága. A túlságosan kevés nedvesség, de a túlságosan sok nedvesség egyaránt gondot jelent és a növény fejlődését gátolja. Túlságosan kevés talajnedvesség esetén a növény nem képes a párologásból eredő vízigényét teljes mértékben kielégíteni, hosszantartó vízhiány aszályt okozhat, túlságosan nagy nedvesség viszont a gyökérlégzés számára elengedhetetlen levegő tartalmát korlátozza, a növény megfullad.

A talajban, a talajpórusokban a nedvesség kötött és szabad állapotban fordul elő. Kötött vízeknél a nedvességet a talajhoz, a talajszemcsék felületéhez kötő erő igen változatos: az adhéziós vizek (a



higroszkópos és hártavizek) nagyobb, a kapilláris vizek általában kisebb erővel kötődnek a talajhoz. A kötött talajnedvességnek a talajhoz való kötődésének mértékét azzal a fajlagos munkával (energiával) fejezik ki, ami szükséges a kötött talajnedvesség szabad állapotba juttatásához. A fajlagos energia egységnyi súlyra vetített értéke a nedvességpotenciál, a pF-érték. Ez utóbbi számszerűen azonos azzal a magassággal, amire a leve szabad (energia)állapotban lévő nedvességet az elszakításhoz szükséges energiával a vízrészecskét fel lehetne emelni. A pF-érték mérésére többféle eljárás van. A talajban előforduló nedvességnek a megkötési energia szerinti megoszlását a pF-görbe fejezi ki. A pF-görbe azt mutatja meg, hogy adott pF megkötési energiát meghaladó mértékű energiával megkötött vízmennyiség milyen nagyságú a talajtérfogat %-ában kifejezve.

A pF-görbéről leolvasható jellemző értékek: a 4,2 pF értékhez tartozó nedvesség a holtvíz-tartalom, mivel az ilyen és ennél nagyobb erővel kötődő vizeket a növény már nem képes felvenni és hasznosítani. A 2,5 pF érték a szabadföldi (szántóföldi) vízkapacitás, ami a kapillárisan kötött talajnedvesség határa, ennél kisebb erővel kötődő víz a talajból, a talaj pórusaiból a nehézségi erő hatására kiszivárog és a növény számára nem hasznosítható. Amennyiben a gravitációs méretű pórusok telítődnek, az a növény számára levegőhiányt okoz, a növény megfullad. A 2-es pF értéket tekinthetjük olyannak, amely fölötti telítődés a növény számára káros lehet: az ehhez tartozó pF-érték a minimális vízkapacitás, levegőkapacitás. A pF=0 a teljes telítődés: a talaj teljes vízkapacitása, ami lényegében azonos a porozitással. A növények a holtvíztartalom és a szabadföldi vízkapacitás közötti tartományban lévő vizeket képes hasznosítani: ez a hasznosítható, hozzáférhető, diszponibilis víz. A pF-görbe, a jellemző pF-értékekhez tartozó nedvességtartalom és maga a hasznosítható nedvességtartalom nagysága talajtípusonként változik: a kötött talajok esetében magas a holtvíztartalom, de magas a kötött víz is. A laza, homoktalajok esetében a holtvíztartalom ugyan alacsony, de alacsony a kapillárisan visszatartott, kötött talajnedvesség is. A legkedvezőbb adottságokkal a növények számára a közép-kötött, vályogos talajok rendelkeznek, az ilyen talajoknál a hasznosítható nedvesség-tartomány 160-170 mm is lehet a talaj 1 m-es rétegében, azaz az ilyen talaj a téli csapadék nagy részét képes megőrizni, és később ezzel gazdálkodni.

A hasznosítható nedvességet a növény vízfelvételi lehetősége szempontjából könnyen felvehető és nehezen felvehető részre osztják. Amennyiben a talaj nedvességtartalma meghaladja a hasznosítható nedvességtartalom nagyjából 50%-át, a növény vízfelvétele nem korlátozott: a növény a vízigényét maradéktalanul kielégítheti. A növény vízfogyasztása megegyezik a vízigényével. Amennyiben viszont a talaj nedvességtartalma a hasznosítható nedvesség 50%-a alá csökken, a növekvő megkötő erők miatt, a növény egyre kisebb mértékben képes kielégíteni a víz iránti igényét: a vízfogyasztás kisebb mint a vízigény. Amíg a vízfogyasztás csak kisebb mértékben és viszonylag rövid időre kevesebb, mint a vízigény, addig a növény ezt a vízhiányt elviseli, de a termés csökken, vagy a termés minősége romlik. Amennyiben a vízhiány folyamatosan hosszabb ideig és nagyobb mértékben jelentkezik, fellép az aszály, a növény visszafordíthatatlan pusztulása. A növény számára káros, ha a kevés a levegő, a pórusok gravitációsan telítettek.

A talajnedvesség-szabályozás lényege a talaj nedvességtartalmának optimális, azaz a hasznosítható víz könnyen felvehető tartományában tartása. A túlságosan nagy nedvességet, vízfelesleget el kell vezetni, míg a vízhiányt pótolni. Az előbbi a (felszín alatti) vízrendezés feladata, míg az utóbbi az öntözés feladatkörébe tartozik. A felszín alatti vízrendezés a tágabban értelmezett melioráció egyik feladata, amihez a talaj kémiai, fizikai javítása is hozzátartozik.

### ***A felszín alatti vízrendezés***

A gyökérszóna talajnedvesség-tartalmának káros telítődését okozza, ha a beszivárgó víz a gravitációs pórusokból nem tud a gyökérszóna alá szivárogni. Ennek oka lehet a gyökérszóna alatti tér telítődése, a magas talajvízállás, de oka lehet a talaj gyökérszóna alatti részének tömörödése, ami csökkenti a leszivárgást. A talaj tömörödését kiválthatja az ún. eketalphatás.

A gyökérszóna a kapillárisan megemelkedő talajvízből is kap utánpótlást. A talaj fizikai adottságainak és a gyökerezési mélységnek a függvényében kijelölhető egy olyan optimális talajvízszint, ami a gyökérszóna nedvesség-tartalmát is optimális szinten tartja: a növény vízigényének megfelelő víz-levegő arány alakul ki. (A növények gyökerezési mélysége igen változatos: sekély gyökerezésűek a gyepek, egyes zöldségfélék, közepes gyökerezésűek a burgonya, kukorica, a gabonafélék, mély gyökerezésűek a répafélék, kender, napraforgó, lucerna, és igen mély gyökerezésűek a szőlő és a gyümölcs.) Ha a talajvíz

az optimális fölé emelkedik, úgy a növény a káros vízbőség, ha az optimum alá süllyed, úgy a víz elégtelensége miatt károsodik.

A káros vízbőség megszüntethető agrotechnikai eljárásokkal is, pl. a talaj mélylazításával, ami a gyökérszónából a mélyebb rétegekbe vezeti a nedvességet.

A talajnedvesség szabályozásának műszaki eszköze a talajcsövezés (drénezés), amivel a talaj gravitációs pórusaiból lehet elvezetni a fölös vizet. A talajcsövek megfelelően megválasztott mélységben és egymástól való távolságban, továbbá megfelelő eséssel a talajba fektetett csövek (szívó vagy dréncsövek): A talajban a nedvesség a szívócsövek felé szívárog, annak falán át belép talajcsöbe, a talajcső pedig elvezeti a vizet a gyűjtőcsövekbe. Ha a talaj túlnedvesedését a magas talajvíz okozza, akkor a talajcsövek a talajvíz szintje alatt helyezkednek el, a talajvízszintet leszívják, kialakul a depressziós görbe, és a talajvízszint lesüllyed. Kötött talajokban a talajnedvességnek a szívók felé áramlását elősegíti a mélylazítás. A szívócsövek anyaga a legutóbbi időkig főleg égetett agyagcsövek voltak. Az agyagcsöveknél az egyes elemek között meglévő rések, hézagok biztosítják a víz belépését a dréncsöbe. Az agyagcsövek fektetése minden esetben árkok megnyitását igényli, a víz belépése nem egyenes, törékeny. Az 1960-as évektől az agyagcsöveket felváltották a műanyag (PVC, polietilén, polipropilén) csövek, előbb azok merev, majd flexibilis változatai. Az ilyen csövekbe a víz belépését a csövek palástján meglévő nyílások, perforációk biztosítják. Fektetésük speciális csőbehúzó gépekkel ároknyitás nélkül is lehetséges. Kötött talajok esetében a talajnedvességnek a talajcsőhöz való szívárgását és a víznek a talajcsöbe való belépését segíti elő a szűrőzés: a talajcső környezetében jó vízvezető képességű anyagok elhelyezése. Leggyakrabban használt szűrőanyag agyagcsöveknél a homokos kavics, perlit, salak, porszénhamu, égetett mész, műanyagcsöveknél a csövet burkoló műanyag geotextiliák. A szűrőzés másik feladata a talajcső védelme a feliszapolódástól.

A szívócsövek által a talajból felvett vizet a szívócsövek közvetlenül vezetik a befogadó nyílt csatornába (nyíltgyűjtős rendszer) vagy zárt gyűjtőcsöveken át (zártgyűjtős rendszer). Az előbbi előnye, hogy a szívócsövek egyenként ellenőrizhetők. A drénezés kiterjedhet a terület egészére vagy csak egy részére, ez utóbbi esetben céldrénezésről van szó. A szívócsövek kisesésű (0,5-1,0% lejtésű) terepen nagyjából a szintvonalakra merőlegesen haladnak (hosszirányúak), nagyobb esés (1-10%) esetén a szintvonalakkal közel párhuzamosak (keresztirányúak), 10%-nál nagyobb lejtés esetén a váltott irányú ún. villámdrénezés a jellemző. A szívó- és gyűjtőcsövek együttesen adják a dréncső-hálózatot. A gyűjtőcsöveket helyenként különböző feladatot ellátó (ellenőrző, tisztító stb) aknák szakítják meg.

A szívók távolsága, mélysége és esése alapvetően meghatározza a vízrendezés eredményességét, ezért a talajcsövezést gondos tervezés kell, hogy megelőzze. Ugyancsak gondos munkát kell végezni a csőhálózat kialakításánál. A gondosan elvégzett drénezés gravitációs vízvezetés esetén különösebb üzemeltetést nem kíván, de a kifolyás folyamatos ellenőrzését el kell végezni, és feltárni a dugulásokat. A csőhálózatot 8-10 évenként tisztítani kell, amire speciális csőtisztító gépek állnak rendelkezésre. A talajcsövezés előnyei: a talaj kedvezőbb nedvesség-tartalma, ami lehetővé teszi a tavaszi munkák korai és kisebb energiát igénylő elvégzését, javítja a talaj szerkezetét, elősegíti a talaj felmelegedését, csökkenti a káros só-tartalmat a talaj felső rétegében. Hátrányai a nagy beruházási költségek, gondos üzemrend.

### **Az öntözés**

A talaj nedvességhiánya szélsőséges esetben aszályhoz vezet. Az aszály két alapvető formája: a légköri aszály és a talajaszály. A talajaszály akkor következik be, ha a talajnedvesség olyan alacsony, hogy a gyökérszóna nem képes felvenni a megkötött vizet. Ez az állapot a hozzáférhető (diszponibilis) vízkészlet 30-50% alá csökkenése esetén lép fel. A légköri aszály a levegő páratartalmának igen nagy mértékű lecsökkenése, amikor a párahiány olyan intenzitású párologtatásra kényszeríti a növényt, amit a növény vízállító kapacitása nem tud követni.

Az éghajlati adottságokat tekintve aszályhelyzet akkor alakul ki, ha alacsony a csapadék és magas a párologás, illetve hőmérséklet. Az aszályhelyzet számszerűsítésére a szárazsági (ariditási) index szolgál, amelynek több változata terjedt el, így a Pálfai-index, ami az április-augusztus hónapok hőmérséklete és az október-augusztusi időszak csapadéka hányadosának 100-zal szorzott értéke. Sokévi átlagban az index értéke az Alföldön 5,1, aszályos években 6-7, erősen aszályos években 7-9 közötti érték. Az 1980-1990-es években több évben is volt aszály, így 1992-ben az ország csaknem egészét aszályhelyzet sújtotta.

A nedvességihiány, az aszály elleni védekezés egyik formája az alkalmazkodás: olyan növényfajok, fajták megválasztása, ami jól viseli a vízhiányt, a termés hozam nem vagy kevéssé függ a nedvesség hiányától. Aszálytűrő, mégis magas hozamú fajták kinemesítése a növény nemesítők feladata. A védekezés másik alapvető formája a nedvességihiány pótlása: az öntözés. Légköri aszály esetén eredményes lehet a légkör növény körüli részének párasítása, gyakoribb azonban a talajaszály és a talajnedvesség-tartalmának vízpótlása. Az öntözés elsődleges feladata a tenyészidőszak alatt a vízpótlás. Ezenkívül öntözés lehet kelesztő öntözés, ami a száraz talajba kerülő mag kikelését segíti elő, a fagyvédő vagy hűtő öntözés a növényállomány hőháztartását javítja, tároló öntözés a vegetációs időszak előtt kiadott víz, amivel a talaj készlete feltölthető. Van trágyázó, tápláló - a vízzel együtt a növények számára szükséges tápanyagok kijuttatását is szolgáló - öntözés. A talajjavító öntözéssel a káros sók részben eltávolíthatók a talajból.

A növények öntöző vízigénye az a vízmennyiség, amit a növény vízigényének kielégítésére a csapadékon, a természetes vízkiegészítésen felül a tenyészidőszak folyamán biztosítani szükséges: Az öntöző vízigény az

$$\text{ÖVI} = \text{VI} - (\text{C} + \text{W})$$

alakú képlettel írható le, ahol VI a növény vízigénye, C a csapadék, W a talajban rendelkezésre álló nedvesség, ÖVI az öntözéssel pótlható vízmennyiség. Az öntöző vízmennyiség nagysága függ a (1) a növények vízigényétől és nedvességigényétől, (2) a csapadék mennyiségétől és eloszlásától, (3) a talaj vízgazdálkodási (vízháztartási) tulajdonságaitól, a talajvíz mélységétől, továbbá függ (4) az öntözés technikájától.

A növények vízigénye igen eltérő. Nagysága függ a meteorológiai viszonyoktól (párolgás, hó, szél), a növénytől (tenyészidő hossza, nedvességigénye). A vízigény a tenyészidőszak elején kisebb, majd növekszik: virágzás és érés körül érik el a maximumot, majd a tenyészidőszak vége felé csökken. A vízigény évenként is változó. A vízigénye átlagos értéke néhány fontosabb gazdasági növényre: búza 280-320 mm, kukorica 400-500 mm, burgonya 450-530 mm, lucerna 600-670 mm, paprika 500-560 mm. Az alacsonyabb értékek az ország hűvösebb nyugati térségére, a magasabb értékek az Alföld melegebb térségére vonatkoznak.

A vízigény egy részét a csapadék és a talajvíz elégíti ki. A talajvíznek a növényállomány vízellátásában való szerepe megnövekszik, ha a talajvíz közel van a termőréteghez.

A növények öntöző-vízigényessége igen eltérő: általában a magas vízigényű növények egyúttal magas öntöző-vízigényűek is. Különösen öntöző-vízigényesek azok a növényi kultúrák, amelyek vízigénye magas, sekély gyökerezésűek, kedvelik a talaj magas nedvességtartalmát, mint a paprika, uborka, bimbóskel, paradicsom. Az öntöző vízigény is évenként - az adott év (évjárat) időjárásával összefüggően - változik.

Az öntözés időpontjának és az egy-egy alkalommal kiöntözött, kiadagolt vízmennyiség (az öntözés alkalmankénti adagjának) meghatározása alapvető kérdés. Legjobb az öntözővíz olyan adagolása, hogy a talajnedvesség sohase lépjen ki a hasznosítható vízkészlet 50-80% közötti tartományából. A mindenkori talajnedvességi állapothoz igazodó öntözés az ökológiai elvű öntözés, ami a víz legjobb és leggazdaságosabb hasznosulása. Az ökológiai elvű öntözéshez ugyanakkor szükség van a talajnedvesség állapotának folyamatos figyelésére, ami mérések útján vagy számítások útján lehetséges. A gyakori kis adagú öntözésnek több előnye van: megnövekedhet az öntözési idény, az öntözések előbb kezdődhetnek, és befejezésük későbbre tolódhat, kisebb a túlóntözés veszélye, rövidül az öntözési forduló, az az időtartam, ami két öntözés között eltelik. Ezt a folyamatosan adagoló öntözést az újabb öntözési technikák teszik lehetővé. A korábbi öntözési technikák inkább a nagy és ritkább adagokat tették lehetővé.

Az öntözés létesítményei a vízbeszerzéshez, a víznek a beszerzés helyétől az öntözővíz felhasználási helyéig való szállításához, végül magának az öntözővíznek az öntözés helyén történő szétosztásához, a növényekig vagy a talajba juttatásához szükséges létesítmények, berendezések. Az öntözőrendszer nagysága eltérő.

A vízkivétel történhet felszíni és felszín alatti vizekből. A felszíni vízkivétel esetén a természetes vízfolyásból gravitációsan vagy szivattyúk segítségével veszik ki a vizet és juttatják el azt a felhasználás helyéig elszállító csatornába. A gravitációs vízkivétel igényelheti a vízduzzasztást. A vízkivétel egyik módja a szivornyás vízkivétel inkább csak kisebb vízhozamok esetén használatos. A szivornyát a

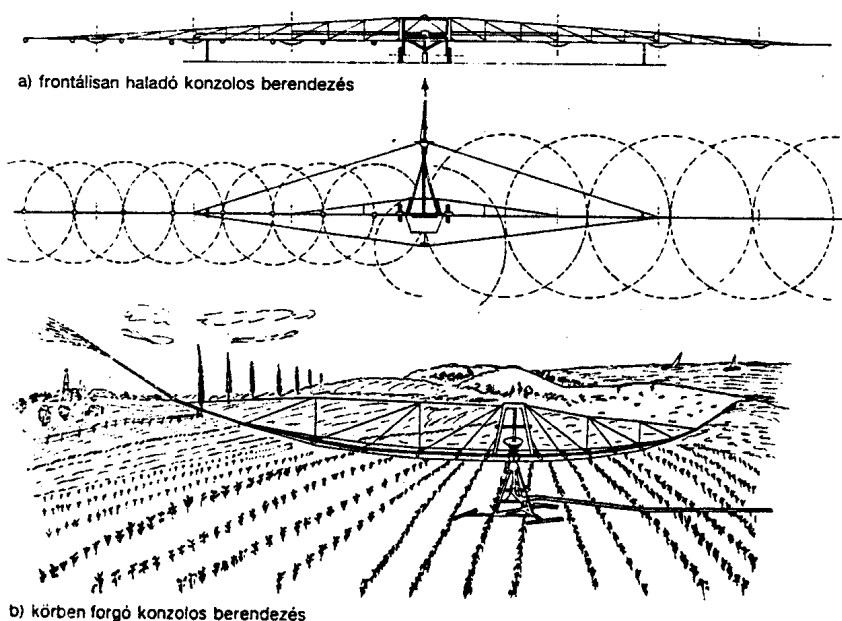
csővezeték légtelenítésével indítják el és légbeszívással állítják le. Szivattyús vízkivétel beagyazott medrű folyókban jöhet szóba. Az állandó szivattyútelepek nagy építési munkával járnak. Kisebb vízkivételekre az ideiglenes szivattyúk szolgálnak. A felszín alatti vizek használata esetén a felszín közeli 20-80 m mélységű vízadó rétegeket csapolják meg kutak segítségével. A kút acél, ritkábban kemény PVC anyagú. A kútnak a vízadó réteget harántoló részét perforálják. A kutak egyenletesebb működése és költségeinek csökkentése érdekében a kivett víz egy részét célszerű tározni. A tározó létesítése a tározó helye földterületének kisajátítását igényelheti.

A vízelosztó rendszerek csatornái többnyire földből létesülnek. A terep magasabb vonulatain vezetik őket töltések között.

Aszerint, hogy az öntözővíz milyen módon jut el a talajba, hogyan kerül a víz szétosztásra a terepen különböző öntözési módok vannak:

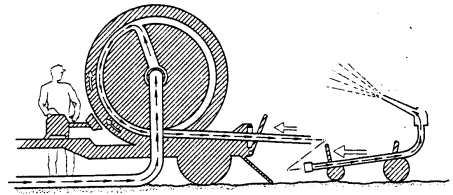
- A felületi öntözés lehet árasztásos, sávcsörgedezett és barázdás. Árasztás esetében a talajon kisebb gáttal kialakított, ún. kalitkákban tartják vissza a vizet, ami állás közben szivárog a talajba. Ezt az öntözést főként rizsnél, ritkábban gyepeknél alkalmazzák. A sávcsörgedezett öntözésnél a táblára kieresztett víz leperszerűen mozog az enyhe lejtő irányában és mozgás közben szivárog a talajba. A vízlepel hosszanti irányban kialakított terelőtöltések közötti sávban mozog. Sűrű soros növényeknél használatos. A ritka soros növények felületi öntözése a barázdás öntözés. Ilyen öntözésnél barázdahúzó ekével barázdákat készítenek, amelyekből a víz lassú mozgás közben (nyílt barázda) vagy a barázdában állva (zárt barázda) szivárog a talajba. A barázda lehet sekély (10-15 cm mély) vagy mély (25-40 cm), rövid (60-120 m) vagy hosszú (300-500 m), nyílt vagy zárt.
- Az esőztető öntözés a vizet a természetes esőkhöz hasonlóan a levegőbe porlasztva juttatják el a növényig vagy a talaj felszínére. Az esőztető öntözés minden berendezése a szükséges vízhozamot és nyomást biztosító szivattyúból, a csővezetékéből, és a csővezeték utolsó elemén, a szárnyvezetéken lévő szórófejekből áll. A víz a szórófejen keresztül permetszerű sugárban jut ki a talajra. A szórófej körbe forog és kör alakban öntözi meg a talajt. Az egy szórófej által kijutatott vízmennyiség a szórófejtől távolabb kisebb, mint a szórófej közelében. Az egyenletesebb öntözés érdekében a szórófejjel egymással némi árfedésben öntözik a talajt. Ez a szórófejek kötése.
- A korszerű öntöző berendezések önjáróak, amelyek a szárnyvezetékét és a szórófejeket saját gépi berendezésükkel mozgatják és továbbítják új állásba a táblán. A legújabb önjáró öntöző berendezések műszaki megoldásukat tekintve lehetnek:

(1) nagyteljesítményű konzolos esőztető berendezések. Ezeknél a szóró-fejek a nagyméretű konzolokra szerelt szárnyvezetéken vannak (3.5 ábra). Az öntöző berendezés körbe forogva vagy járva (central pivot) vagy frontálisan előre-hátra mozogva (linear) öntöz.



3.5 ábra Konzolos berendezések

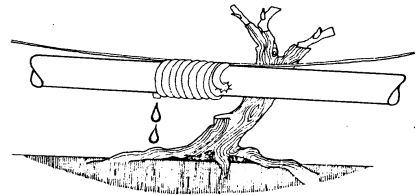
(2) csévélhető tömlős esőztető öntöző berendezések (3.4 ábra). A szárnyvezeték alaktartó műanyagcső, amit a berendezés dobjára gépi erővel (hidromotorral) csévélnek fel. Az üzemelés kezdetén kihúzott szórófejet a szórófejhez kapcsolódó cső húzza vissza a dobig, miközben a kijelölt sávban az öntözés megtörténik.



3.4 ábra Csévélhető tömlős berendezés

- Mikroöntözések azok az öntözési módok, amikor a vizet kis nyomáson, kis mennyiségben juttatják ki a növény közvetlen közelébe. Ezek az öntözések igen víz- és energiatakarékosak.

Három csoportba sorolhatók: (1) a csepegtető öntözések, amikor a víz a csővezetéken (on-line) vagy a csővezetékben (in-line) meglévő valamilyen vízadagoló elemen (csepegtető testen 3.6 ábra) keresztül cseppenként kerül a talajra, (2) vízsugaras mikroöntözésnél a víz sugár formájában lép ki a kiadagoló elemekből és vízsugárként vagy vízcseppenként jut el a növényig. A vízsugaras mikroöntözés lehet mikroszórófejes, mikroszórós és ködösítő-párásító öntözés.



3.6 ábra Spirál csepegtetőtest

Ez utóbbi esetében a víz permetszerűen jut el a növények körüli levegőbe, (3) felszín alatti mikroöntözésnél a víz a felszín alatt elhelyezett csövekből lép ki a talajba a csövön lévő csepegtető elemeken át, vagy a csőfelületen lévő perforáción (lyuggatott műanyagcsövek), vagy – a cső speciális adottságú anyaga esetén - a cső egész felületén át (izzadócsöves vagy könnyezőcsöves mikroöntözés). A mikroöntözésnél gondoskodni kell az öntöző víz előzetes szűréséről, amivel elkerülhető a kisméretű vízadagoló elemek eltömődése. A mikroöntözés beruházásigényes, elsősorban a megtérülést biztosító zöldség- és gyümölcskultúrákban, ültetvényekben, üvegházakban, városi gyepterületek, díszkertek, sportpályák öntözésénél használják.

### 3.5. A vízkészletekkel való gazdálkodás

Az ember egyéni és társadalmi léte, gazdasági tevékenysége folyamán a vizet, mint természeti erőforrást igen változatos formában hasznosítja, ugyanakkor számos esetben rákényszerül a vizek ugyancsak változatos formában megjelenő károkozásai elleni védekezésre. Mind a víz használata, mind a víz kártételei elleni védelem kisebb nagyobb mértékben megváltoztatja a természetes vizek lefolyási, áramlási viszonyait, mennyiségét, minőségét. A vizek használata során alapvetően figyelembe kell venni, hogy 1) az ember nem egyedüli használója, birtokosa a vizeknek, azon számos más élőlényel osztozik, 2) a vizet - más természeti erőforráshoz hasonlóan – meg kell őrizni, fenn kell tartani az utódok számára, 3) a vízből annyit lehet használni, ami a reálisan jelentkező igényeket kielégíti, de nem vezet a vizek túlzott, rablógazdálkodásszerű használatához. A vizekkel tehát egyfelől gazdálkodni kell, másfelől a vizeket meg kell óvni a káros hatásoktól. A vizekkel való gazdálkodás feladatai a vízkészlet-gazdálkodás körébe tartoznak. A vízkészlet-gazdálkodás azon tevékenységeknek összessége, amelyek célja, hogy a természetben előforduló vízkészleteket és a társadalmi szükségleteket összehangolja, és ezzel biztosítsa az egyensúlyt a vízkészletek és a vízigények között, vízkészlet-gazdálkodásnak nevezzük. A vízkészlet-gazdálkodás magában foglalja (1) a vízkészletek feltárását és a hasznosítható vízkészletek (számszerű) meghatározását, (2) a vízigények számítását, (3) a vízkészletek és a vízigények összehasonlítását, összemérését, (4) az összemérés eredményétől függően a szükséges vízkészlet-gazdálkodási intézkedések megtételét.

#### A vízkészletek

A vízkészleteket két nagyobb csoportra osztjuk: a felszíni vízkészletre és a felszín alatti vízkészletre. A felszíni vízkészlethez a vízfolyások vízkészlete, a felszíni alattihoz a parti szűrésű vizek, a talajvíz, a rétegvíz és a karsztvíz készletei tartoznak. A csapadékot és a talajnedvességet nem tekintjük vízkészletnek a vízkészlet-gazdálkodás szempontjából, jóllehet a csapadék és a csapadékból táplálkozó talajnedvesség fontos szerepet játszik a természetes és termesztett növények vízigényének kielégítésében.

Vízfolyásaink felszíni vízkészletének 95%-a határainkon túlról származik. A teljes vízkészlet háromnegyede három nagy folyónk, a Duna, a Tisza és a Dráva medrében van és csupán kisebb hányada jut a mintegy 300 kisebb, de vízkészlet-gazdálkodási szempontból még jelentős vízfolyásra.

A vízfolyások természetes vízkészletét az augusztusi 80%-os tartósságú vízhozammal jellemzik. Ez az érték az augusztusi napi vízhozamok tartóssági görbéjéről olvasható le. A tartóssági görbét az észlelési időszak valamennyi napi vízhozamának – jelen esetben az augusztusi napi vízhozamának nagyság szerinti sorba rendezésével állítják elő. Az sorból (vagy a napi vízhozamokból megrajzolt tartóssági görbéről) kiválasztható az a mértékadó vízhozam, amelynél kisebb csupán a napok 20%-ban fordult elő, azaz átlagosan minden évben legfeljebb 6 olyan nap van, amikor a napi vízhozam nem éri el a mértékadó értéket. Ez a vízhozam az augusztusi 80%-os tartósságú vízhozam,  $Q_{80\%}$ . Úgyis fogalmazhatni, hogy az augusztusi napok 80%-ban legalább ilyen nagyságú vízhozam előfordult. A vízkészleteket jellemző mértékadó vízhozam megválasztása azért történt az augusztusi vízhozamok alapján, mivel általában augusztus a vízben legszegényebb hónap. Nagy biztonsággal mondható, hogy a mértékadó  $Q_{80\%}$ -nál kisebb vízhozamok az év többi hónapjában csak kis valószínűséggel fordul elő, a mértékadó vízhozammal megegyező nagyságú vízigény nagy biztonsággal maradéktalanul kielégíthető. A mértékadó vízhozam értéket a vízhozam észlelő szelvényekben számítják, majd kiterjesztik más szelvényekre. Egy vízfolyás mértékadó vízkészlete szétszórható a vízfolyás egyes szakaszai között.

A mértékadó vízhozammal azonos természetes vízkészlet csupán egy része vehető ki a természetes mederből hasznosítás céljából, ez a hasznosítható természetes vízkészlet. A mederben hagyandó vízkészlet nagysága elsősorban az ökológiai igényektől (a víz élőjelleget, természetes öntisztuló képességének fenntartása, a víz biztosítása az élővilágának fennmaradásához), a mederbeli vízhasználatoktól (vízi sportok, fürdési igények, hajózási igények), a lejjebb fekvő szakaszok vízigényei számára fenntartandó vízkészlet nagyságától függ. Ez utóbbit a határainkon túlról érkező vagy odatartó vízfolyások esetén nemzetközi egyezmények rögzíthetik. Az ökológiai vízigények szerepe napjainkban egyre inkább felértékelődik.

A felszín alatti vízkészleteknek az a része hasznosítható, ami a vízkivételeket követően a csapadékból (parti szűrésű vizek esetében a vízfolyásból) hosszabb időszak átlagában pótlódik. Ellenkező esetben a vízkivételek a köztömbben tárolt vizet fogyasztják. A felszín alatti vízkészlet pótlódó része a dinamikus vízkészlet.

Mind a felszíni, mind a felszín alatti vizek ténylegesen hasznosíthatóvá csupán a megfelelő műszaki létesítmények (vízkivételi művek, kutak, kutakra telepített közművek) útján válnak, a vízkészlet-gazdálkodásban fontos mutató ezen víztermelő-vízszolgáltató létesítmények kapacitása.

### **Vízigények**

Vízkészlet-gazdálkodási szempontból vízhasználat minden olyan, a vizeket érintő tevékenység, amely a vizek, a vízkészletek természetes, eredeti állapotát megváltoztatja, a vízhasználó pedig az a jogi személy, amelynek erre a megváltoztatásra meghatározott módon rögzített engedélye, ún. vízjogi engedélye van. A vizek használatának jogát az önkormányzatok és a vízügyi hatóságok – utóbbiak esetében első fokon a vízügyi igazgatóságok, másodfokon az Országos Vízügyi Főigazgatóság – adják meg a megelőző hatósági eljárások lefolytatását követően. Vízjogi engedély nélkül használható növénytermesztés, erdőgazdálkodás, lakossági vízellátás céljaira a csapadék és a felszín közeli víztartók vize. Az engedélyköteles vízhasználatokat az önkormányzatok és vízügyi hatóságok nyilvántartják.

A vízhasználat legfontosabb formája a vízigények kielégítése. A vízigények két csoportra oszthatók. Az egyik csoportba azok a vízhasználók sorolhatók, amelyek a vizeket a természetes tartózkodási helyükön (in situ) hasznosítják és lényegében semmit nem használnak el belőlük. A vízhasználók ebbe a csoportjába tartoznak a hajózás, a vízerő hasznosítás, a halászat, a vízi sport. A másik csoportba azok a vízhasználók tartoznak, amelyek a vizet az eredeti természetes tartózkodási helyükről kiveszik, a kivett víz egy részét elhasználják és a kivett víz csupán egy hányadát bocsátják vissza, többnyire a vízminőség romlásával. A kivett és vissza vezetett víz különbözete vagy beépül a termékbe vagy a vízhasználat során elpárolog. Ezek a vízhasználók a vízfogyasztók. A vízhasználó a használat után kibocsátott víz egy részét ismételt hasznosíthatja, visszaforgathatja saját vízigényének kielégítésére, és ebben az esetben csupán a tényleges vízelhasználást kell pótolni. A vízforgatás elsősorban az ipar számára jellemző, különösen hűtővíz esetén. A kibocsátott, visszaadott vizet esetenként más vízhasználó is hasznosíthatja, újra hasznosíthatja. A kibocsátott szennyvizek esetenként felhasználhatók öntözésre.

A vízfogyasztással járó vízhasználók ágazati hovatartozásukat tekintve három csoportba sorolhatók. (1) települési (kommunális) vízigények, (2) ipari vízigények (hűtővíz, technológiai víz), (3) mezőgazdasági vízigények, amelyek magukban foglalják a növénytermesztés öntözési vízigényét és az állattartás vízigényét, ez utóbbit belül külön is számítva a halastavak vízigényét.

Az öntözés vízigénye az öntözött terület és az egységnyi, 1 ha-ra vetített, fajlagos vízigény (az öntözési időnorma) nagyságától függ. A fajlagos vízigény nagyságát elsősorban a növényfaj és az éghajlat határozza meg, de számottevően befolyásolja a talajtípus, az alkalmazott öntözéstechnológia, az öntözés során fellépő veszteségek. Az állattartás vízigénye az állatszám és a fajlagos vízigény függvénye. A fajlagos vízigény elsősorban az állatfajtól függ, nagyobb testű állatok fajlagos vízigénye nagyobb. A halastavak vízigénye a halastó felületével arányos, és függ a fajlagos, 1-ha-ra eső vízigény nagyságától is.

A halastó teljes üzemű, ha a halastó a haltermelés valamennyi fázisára (szaporítás, ivadéknevelés, tenyészanyag-nevelés, étkezési hal előállítás) kiterjed, és résztermelésű, ha ezek csak egy szakaszára. A víz hőmérséklet szerint a halastó hidegvízű (<20°C), melegvizű (a hőmérséklet nyáron magasabb mint 20 °C), vagy temperált vizű. A hidegvízű tavak a pisztrángosok. A legtöbb melegvizű tóban pontyot, amurt, busát tartanak. A halastó műszaki megoldásai eltérőek. Hegy- és dombvidéki területen a völgyzárógátas tavak a jellemzőek, síkvidéki területen a körtöltéses tavak. Ez utóbbiaknál a tavakat épített töltésekkel alakítják ki. A halastó vízellátása a tavak tenyészidőszakot megelőző feltöltéséből és a tenyészidőszak alatti párolgás és szivárgási veszteségek pótlásából áll. A feltöltést úgy kell végezni, hogy az legkésőbb május végéig megtörténjen, és április végéig minden tóban legyen legalább 80 cm-es víz. A veszteségeket úgy kell pótolni, hogy a vízszint ingadozása mintegy 10 cm-nél ne legyen nagyobb. A lehalászás a tö lecsapolásával történik. Magyarországon jelenleg 28 ezer ha felületű halastó van.

Egy ország teljes évi vízigénye és a vízigények szerkezete (vízigény típusok szerinti megoszlása) függ a lakosság számától, a gazdasági termelés nagyságától és szerkezetétől, a közműellátottságtól, az éghajlattól. Az egy főre eső fajlagos vízfogyasztás jó összefüggésben van az egy főre eső nemzeti össztermék (GDP) nagyságával.

#### ***A vízgazdálkodási mérleg***

A vízigények és a vízkészletek összevetése mindig valamilyen időszakra (évre, adott hónapra) és területi egységre (vízgyűjtő, vízfolyás, vízfolyás-szakasz, adminisztratív egység), vonatkozik. A vízkészletek és a vízigények összevetése a mérleg – a vízgazdálkodási mérleg – készítése. A mérleg két karja a hasznosítható vízkészlet (K) és az igények (I). A mérleg eredménye két féleképpen fejezhető ki:

- a készlet és az igény különbségének  $B=K-I$  mutatójával. Ha  $B>0$ , akkor szabad vízkészlet van, míg ellenkező esetben - azaz, ha  $B<0$  - vízhiány,
- az  $e = I/K$  mutatóval, ami a vízkészlet kihasználtságát méri. Ha  $e<1$ , úgy a vízkészletek nincsenek teljes mértékben igénybe van véve, míg  $e>1$  esetén, a vízkészlet teljes mértékben igénybe van véve.

#### ***A vízgazdálkodási mérleg egyensúlyának megteremtése***

Amennyiben egy adott térségben szabad vízkészlet van, az felhasználható más térségek vízhiányainak pótlására. Ez vízátvetéssel történik, aminek műszaki megoldása nyíltcsatornák építése vagy zárt csővezetékek létesítése. Vízhiány esetén a vízgazdálkodási mérleg egyensúlyának megteremtésére két alapvető út kínálkozik: (1) a vízkészletek növelése (lefolyás-szabályozás), (2) a vízigények csökkentése (vízigény-szabályozás). A vízkészletek növelésének legfontosabb eszköze a tározás, azaz a vízbő időszakokban a vizek visszatartása és vízszegény időszakokban hasznosítása. A vízkészlet növelhető a vizek vízfelesleges területről történő átvetésével. A vízigény-szabályozás is sokrétű. Legelső és sok esetben igen eredményes módja a vízpazarlás megszüntetése. Ez elérhető a víz árának növelésével, árszabályozással. Megoldás lehet víztakarékos technológiák alkalmazása: pl. az öntözés terén a mikroöntözés valamely formájának terjesztése. További lehetőség az ún. száraz technológiák bevezetése, az ismételt vagy többszöri vízhasználatok alkalmazása. A vízigény-szabályozás jogi eszközei a vízjogi engedélyezési eljárás, a pénzügyi szabályozás a vízkészlet-használati díj és a vízdíj.

A vízkészlet-gazdálkodás hosszú távú megalapozását az országos és regionális koncepciók (kerettervek) összeállítása segíti elő.

Magyarország vízkészlet-gazdálkodását a következők jellemzik.

A mértékadónak tekintett augusztusi vízhozam 2386 m<sup>3</sup>/s, amelynek 96%-a érkezik határainkon túlról, 90%-a a Duna és a Dráva, 10%-a a Tisza és mellékfolyóin. Ennek a vízhozamnak nagyobbik fele a mederben hagyandó. A tározásokkal és felszín alatti vizekből átvett vízzel együtt a ténylegesen hasznosítható vízkészlet 1164 m<sup>3</sup>/s. Ebből a ténylegesen elhasznált - azaz vissza nem bocsátott víz - 1988-ban 196 m<sup>3</sup>/s volt. A teljes vízfelhasználás 74%-a az öntözésre, 7%-a a halastavak vízigényeit elégítette ki.

A vízkészlet kihasználtságának foka országosan 17%, de a Duna vízgyűjtőjében csak 8%, a Tisza vízgyűjtőjében 56% volt.

A felszín alatti vízkészlet megoszlása a következő: talajvíz 1,3 km<sup>3</sup>/év, parti szűrésű víz 2,7 km<sup>3</sup>/év, rétegvíz 2,3 km<sup>3</sup>/év, karsztvíz 0,3 km<sup>3</sup>/év. A vízelhasználás országosan 21%, hasonló értékek jellemzik a Duna és a Tisza vízgyűjtőjét. Legnagyobb a kihasználtság a Tisza középső vízgyűjtőjében, a Körösök völgyében, a Duna középső szakaszán, ahol a kihasználtság 40-70%.

### **3.6. Mezőgazdasági jellegű települések vízgazdálkodása**

A településen belül beszélhetünk a természetes vízkörforgásról, de az ember jelenlétéhez kapcsolódóan megjelenik a víz társadalmi körforgása, amely egyrészt a vízigények megjelenésében és azok kielégítésében tükröződik a vízellátás formájában, másrészt magában foglalja a keletkező használtvizek tisztítását ill. hasznosítását is.

A vízellátás feladata: a vízkészletek felhasználásával a vízigények megfelelő szinten történő kielégítése.

#### **Vízigények**

A mezőgazdasági jellegű településeken az alábbi legfontosabb vízigények jelentkeznek:

- lakossági vízigények
- állattartás vízigénye
- öntözővízigény

#### **Lakossági vízigények**

A lakosság vízszükségletének mutatói a településeken jelentkező vízigények. A háztartások összesített vízigénye magában foglalja az ivóvíz, mosó-, és mosogatóvíz, WC öblítés - mezőgazdasági településeken gyakran a ház körüli öntözés és állattartás vízigényeit is. A vízigények számítása a fajlagos vízfogyasztás alapján történik. Ezt Magyarországon a MI-10-158-2: 1984 sz. műszaki irányelv rögzíti. Az egy főre eső vízszükséglet jelenleg több tényező függvényében 120-150 l / fő nap értékben határozták meg. (EU viszonylatban és távlatban gondolkodva a kívánatos a 80-120 l / fő lenne, a víztakarékossági szempontokat is figyelembevéve.)

#### **Állattartás vízigénye**

A víz nélkülözhetetlen az állati szervezet számára. Hiányos vízellátás esetén csökken az állatok súlygyarapodása, takarmányértékesítése: 10% vízvesztés súlyos anyagforgalmi zavarokat okozhat, 15% vízvesztés az állatok pusztulásához vezethet.

Az állatok a vízszükségletüket lényegében a takarmányban lévő vízzel (a vegetációs vízzel) és az ivóvízzel veszik fel. A kétféle módon felvett víz aránya függ a takarmány összetételétől: az ivóvíz iránti igény csökken a zöldtakarmány növelésével, és növekszik a takarmány magas fehérje- és sótartalma esetén. A vízszükségletnek az ivóvízzel kielégített hányada az állatok vízfogyasztása. Nagy általánosságban gazdasági állataink napi vízfogyasztása: szarvasmarha 40-50 l, ló 20-36 l, juh 2-3 l, sertés 6-10 l, baromfi 0,2-0,3 l, házinyúl 0,2-0,3 l.

Az állatok vízigénye - elsősorban az állattartás körülményeitől függően - a víz iránti további igényekkel: pl. a sertések fürdetéséhez, az ólak tisztántartásához, az állatok mosására, a tej hűtésére, takarmánykészítésre szükséges víz iránti igényrel is kiegészülhet.

#### **Öntözővízmennyiség**

A mezőgazdasági jellegű településekhez tartozhat a települést körülvevő mezőgazdasági területek növénytermesztésének öntözővízigénye, ezt éppen a víz ára miatt ha csak egy mód van rá, célszerű külön vízbázisról, felszíni vízből kielégíteni. A településen belüli parkok, közterek locsolása, valamint a kiskertek öntözővízigényét általában vezetékcsatlakozású ivóvízmennyiségű vízzel elégítik ki. Megjegyzendő, ez külföldön e célra is hasznosítják a háztartások ún. "szürke", mosásból származó szennyvizet, sőt Magyarországon is előfordul külön locsolóvízhálózat lefektetése éppen a víztakarékosság miatt (pl. Balatonvilágos), mivel ez nem igényel ivóvíz tisztaságú vizet.

#### **A vízigények kielégítése, vízművek**

A vízigények kielégítése a legősibb és legegyszerűbb módon egyedi kutas vízellátással történik, ekkor a "víztermelés" és fogyasztás helyileg egybeesik. Napjainkban ez már ritkább, a gyakorlatban a

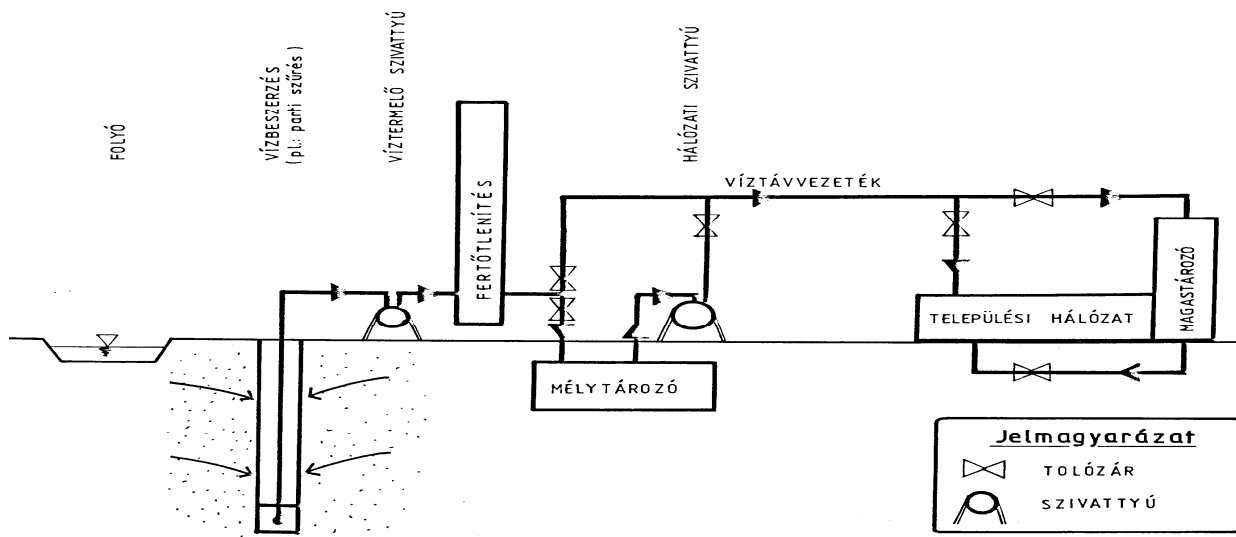


mezőgazdasági települések vízellátása a közüzemi vízművek segítségével történik, ahol a beszerzett víz vízvezeték-hálózatok szállítják a fogyasztóhoz.

A vízművek típus szerinti csoportosítása a következő:

1. **Körzeti vízvezeték** (vízmű). A település egy részére kiterjedő és általában tovább nem fejleszhető (csak kisebb körzetet ellátó) vízellátó létesítmény (pl. pozitív fúrt kutak vízének gravitációs elvezetésére épült vízvezeték).
2. **Kisvízmű**. Községekben és kisebb népességszámú városokban épülnek, és a lakosság vízellátását részben közkifolyók, részben házi bekötések útján biztosítják. Korábban a községekben és kisebb városokban közkifolyós rendszerű, ún. törpe vízművek épültek. A lakosság nagyarányú bekötési igényeinek növekedése miatt ma már közkifolyós rendszerű vízmű csak a lagritkább esetben fordul elő.
3. **Városi** (városi jellegű) **vízmű**. A város egészére kiterjedő (kiterjeszhető), olyan egységes vízellátási rendszer, amely önálló, kellő biztonsággal üzemeltethető vízellátó művel rendelkezik, és a vízellátást túlnyomórészt házi bekötések útján (telken belül, lakáson belül) biztosítja.
4. **Területi** (községi) **vízmű**. Néhány (általában 2-5), egymáshoz közel fekvő települést általában egy víztermelő telepről közös csőhálózaton keresztül ellátó létesítmények és berendezések rendszere.
5. **Regionális vízmű**. Nagyobb terület, több település, összefüggő üdülőterület vagy ipartelep ellátását szolgáló közüzemi vagy közüzemi jellegű vízmű, amely egy vagy több víztermelő helyről közös csőhálózaton keresztül, közel azonos minőségű víz szolgáltatására épül (pl. a Mátravidéki Regionális Vízmű, Dél-borsodi Regionális Vízmű).
6. **Regionális vízellátási rendszer**. Több regionális vízmű összekapcsolásából nagyobb térségre kiterjedő vízellátó létesítmények összehangoltan üzemelő rendszere (pl. az Észak-magyarországi Regionális Vízellátási Rendszer vagy a Balatoni Regionális Vízellátási Rendszer).

Megjegyzendő, hogy mezőgazdasági jellegű, kis települések esetében általában az 1-4 megoldást alkalmazzák.



3.7 ábra Példa a vízművek lehetséges felépítésére

#### A vízmű részei

A vízbeszerzés általában felszíni és/agy felszín alatti víz felhasználásával történik. Kis vízművek számára a felszíni víz közvetlen felhasználása nem ajánlatos, mert a tisztítástechnológia, amellyel ivóvíz-minőségűvé tehető, költséges. (Kivétel a forrásfoglalás.)

Igen fontos kérdés, hogy milyen mennyiségű vizet akarunk kitermelni? - mivel az határozza meg a vízműkapacitást. A lakossági vízigényeken túl a település közüzemi berendezéseinek, esetleges mezőgazdasági

üzemeinek vízigénye, közterületek locsolása stb. is növelheti a szükséges vízműkapacitást. Gazdaságossági megfontolás tárgyát képezi, hogy a jelentkező vízigények mely része jelent ténylegesen ivóvíz minőséget?

A vízmű részeit az 3.7 ábra mutatja természetesen a helyi adottságok szerint egyes részek elmaradhatnak.

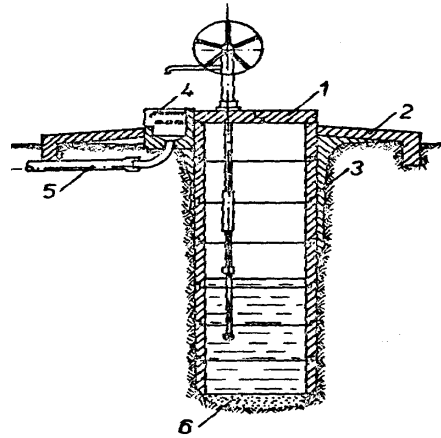
### 2.1.1 Vízbeszerezés

A felszín alatti vízbeszerezés létesítményei közül a kis települések vízműveinél leggyakrabban alkalmazott megoldásokat ismertetjük.

**1. Aknakút.** Ahol jó minőségű talajvízre számíthatunk (haánkban egyre ritkább) ott kerül sor az alkalmazására, a legegyszerűbb és legolcsóbb kútfajta, kialakítását a 3.8 ábra mutatja. Az aknakútból kitermelhető víz mennyisége függ:

- a vízáadó réteg vastagságától
- a vízáadó réteg áteresztőképességétől
- az utánpótlás mértékétől
- a kút üzemeltetésétől

A kút körül létesített belső (kb. 50 m sugarú kör) és külső, hidogeológiai védőövezetek biztosítják a szennyeződések elleni védelmet



3.8 ábra A helyesen épített aknakút  
1. vízzáró fedlap, 2. betongallér,  
3. agyagszigetelés, 4. a kanna helye,  
5. csurgalékvíz-elvezetés,  
6. gyöngykavics szűrőréteg

**2. Mélyfúrású kút.** Mély fúrású kút telepítése az Országos Földtani Intézet szakvéleménye alapján történik. Az intézet az eddig elkészült kutakat nyilvántartja, szakvéleménye határozza meg, hogy a területen milyen mélységben, milyen mennyiségű és minőségű vizet várhatunk. A kút létesítéséhez (akár köz-, akár magáncélra készül) vízjogi engedély szükséges. Védőterülete mindössze 10m sugarú kör, hiszen a mély fúrású kút védett vízáadó réteg vizét szolgáltatja, felszíni szennyezést tehát nem kaphat.

A kút készítésekor azonban gondosan ki kell zárni az első vízáadó réteg vizét. Ha a kút vizének vizsgálatakor nitrát mutatható ki, az azt mutatja, hogy talajvíz keveredik hozzá. Ezt a hibát feltétlenül ki kell javítani.

A mély fúrású kút készítése általában vzöblítéses fúrással történik. Gondoskodni kell tehát arról, hogy építéskor elegendő mennyiségű vizet ad. Ha ebben a rétegben nagy nyomás uralkodik, a víz feltör a terepszint fölé, a víz állandóan túlfolyik. Az ilyen kutat pozitív, vagy artézi kútnak nevezzük. A vízpazarlást, ami az állandó túlfolyásból származik, csökkenteni kell olyan túlfolyó beépítésével, mely csak a szükséges vízmennyiséget engedi át.

Ha a vízáadó rétegben uralkodó nyomás nem elég ahhoz, hogy a víz terepszint fölé emelkedjen, a vizet szivattyúval kell kiemelni. A kútfaj kiképzése ilyen esetben kétféle lehet:

- A száraz akna előre gyártott betongyűrűkből készül. Belsejét vízzáró vakolattal szigetelik. Az aknában helyezik el a kút szívócsövének felső végződését, a tolózárát, és az elosztócsövet.

- A tározóaknás kútfajnál a vizet mélyebb aknába vezetik, ahol kisebb vízmennyiséget tárolni is lehet. Az akna ugyanacsak vízzáró kell legyen. A víz egyenletesen tölti fel az aknát, a kút kevésbé homokolódik el.

**3. Egyéb kutak.** Az előbbi két kúttípus az, amit leginkább használnak kis településeken közkútnak vagy a vízmű vízáadó kútjának. Egyéb kutak közt felsorolunk még néhány kútfajtát.

*Csőkút.* Ugyancsak fúrással készül. Leginkább parti szűrésű kútnak használják. Csoportosan telepítik, vizüket egy közös szifonvezeték viszi a vízmű gépházába. Egy-egy kút általában 300 mm átmérőjű szűrőcsövet tartalmaz, jó vízadó képességű parti homokos talajba telepítve, sok vizet ad.

*Csápos kút.* Lényegében véve aknakút, melynek aknájából vízszintes irányban szűrőcsöveket hajtanak ki. Mivel a szűrőfelület igen nagy, sok víz gyűlik össze az aknában, ahonnan szivattyúval emelik ki.

*Vert kút.* Igen egyszerű kút. Jó homokos talajba egy, legfeljebb 10 cm átmérőjű csövet vernek le a talajvízig. Öntözésre használják, de kisebb családi ház vízellátására is elegendő lehet.

### Vízkezelés

Felszín alatti vizek esetében általában fertőtlenítést jelent, de szükség lehet sav-, vas-, mangántalanításra, az Alföld egyes helyein arzénmentesítésre is.

### Vízszállítás létesítményei

- 1. Szivattyúk:** Az esetek többségében a kútból történő vízkivétel is szivattyúk segítségével történik. Előfordulhat, hogy ezek a szivattyúk egyenesen a vízellátó hálózatra dolgoznak, az 1. sz. ábra azonban összetett megoldást mutat, ahol külön van a víztermelő és külön a hálózati szivattyú. A szivattyúk feladata ennek a szükséges víznyomásnak a biztosítása, amely a víz továbbításához nélkülözhetetlen.
- 2. Vízátvezetékek:** Abban az esetben van szükség vízátvezetésekre, ha a víztermelés és a fogyasztás helyileg nem esik egybe, a hálózat a kúttól távol van. A vízátvezetékek a víztermelőhelytől addig a pontig tart, amíg a víz belép a vízellátó hálózatba.
- 3. Vízellátó hálózat.** A kitermelt vizet vízvezetéki csövek hálózata szállítja a fogyasztóhoz. A hálózat alaprajzát tekintve lehet faágszerűen elágazó, vagy körvezeték. Az utóbbi a jobb, mert a vezetéknek nincs végpontja, ahol esetleg hosszú ideig pang a víz, a hálózat minden pontján állandó nyomás van. A vízminőség a hálózatban is romolhat, így fontos kérdés a hálózat állandó karbantartása.
- 4. Víz tározók.** A vízszükségleteket minden pillanatban biztonságosan kell kielégíteni, ezek mértéke azonban napon belül is változó. Ugrásszerűen nő a fogyasztás pl. a reggeli órákban, és minimumra csökken éjszaka, a víztermelésnek viszont célszerű egyenletesnek lennie, vagy még jobb, ha az olcsóbb éjszakai árammal működnek a szivattyúk. A víztermelés és vízfogyasztás időbeli eltéréseinek kiegyenlítésére szolgál a tározás. A mélytározó általában a vízműtelephez kapcsolódóan helyezkedik el, többnyire mellette, - a magastározó (medence, vagy víztorony) a település geodéziailag megfelelő magaspontján. Éjszaka a szivattyúk a magastározót töltik (pl.), nappal pedig innen kaphat vizet a település - a tározás tehát a biztonságos üzemeltetésen kívül az energiatakarékosság eszköze is.

### **A víz ára**

Tájékoztató jelleggel: jelenleg hazánkban a víz ára 50 -100 Ft/m<sup>3</sup> között mozog.

Az előzőekből kiderül, hogy a víz ára tartalmazza: a vízbeszerzés, kezelés, szállítás, szétosztás költségeit, amelyek adottságoktól függően változó költségtényezőket jelentenek. A vízmű létesítése egyszeri beruházási költség, a későbbiekben viszont az üzemeltetési költségek jelentkeznek anyag, energia, munkabér és egyéb költsége formájában. A víztakarékosság egyrészt környezetvédelmi másrészt gazdasági szempont, de mióta a víz ára jobban követi a piac törvényeit, a vízpazarlás is kisebb mértékű, ahogy pl. a Fővárosi Vízművek adatai is mutatják.

### **3.7. Vízminőség-gazdálkodás**

#### **Alapfogalmak**

- 1. Vízminőség:** A víz fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságainak összessége. Értékelése: vízhasználatokhoz, illetve a vízkészlet állapotértékeléséhez szükséges.
- 2. VÍZHASZNÁLAT:** lakossági, ipari, mezőgazdasági, üdülési, stb.

3. **Vízszennyezés:** A vizet valamilyen vízhasználat céljára alkalmatlanná teszi és/vagy veszélyezteti a vízi ökoszisztéma természetes egyensúlyát.

4. **Vízminőségvédelem:** Tudatos emberi beavatkozás a vizek minőségének megőrzésére ill. javítására.

#### **Vízminősítés**

A "kedvező" vízminőség nem kémiai tisztaságú vizet jelent, hiszen a vízminőség magán viseli a víz földi körforgásának nyomát, mást jelent a "jó" vízminőség és felszíni és felszín alatti vizek esetében. A vízminősítés 2-féle lehet: vízhasználat szerinti, és állapotértékelő.

A vízminőség értékelésénél egyik esetben a minta fizikai, kémiai, biológiai stb. értékeit összehasonlítják a vízhasználat célja szerinti határértékekkel, és ennek alapján döntenek az adott célra való felhasználhatóságról.

Egy adott terület (vagy akár közigazgatási egység) természeti kincseinek számbavétele céljából szükséges az is, hogy a vízkészletek menyiségén kívül a minőségét is ismerjék (anélkül, hogy a vízhasználat szerint értékelnék) erre a célra szolgál az ún. "állapotértékelő" vízminősítés, amely a felszíni és felszín alatti készleteket külön tárgyalja. (Érdekesség, hogy a legtöbb EU országban jelenleg csak vízhasználatok szerinti értékelés van.)

#### **Felszíni vizek**

A felszíni vizek állapotértékelő minősítése az 1994. jan. 1-én hatályba lépett MSz 12749 számú, "Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés" c. szabvány alapján történik.

(A szabványnak nem tárgya a vízhasználatok és a biológiai minősítés.)

#### **Mintavételi helyek, mintavétel és gyakoriság**

A mintavétel az Országos Vízminőségi Törzshálózat kijelölt és állandó mintavételi pontjain történik, amelyeket a vízrajzi és vízminőségvédelmi követelmények figyelembevételével jelölik ki. A mintavételnél fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a vízállás és a vízhozam is feljegyzendő. Folyóvizek esetén, egy adott folyamszelvényben a kereszt-szelvény 3 pontján (bal part, sodorvonal, jobb part) kell mintát venni.

A mintavétel gyakorisága vízfolyások esetében egyheti, kétheti (esetleg havi) de a teljes év során periodikus.

Tavak esetében igazodik a tó évi ciklusához (ld. később) pl. kizárja a jeges időszakot, viszont nyáron kéthetenkéntre sűríti a mintavételt. A vízmintákat minden esetben a Környezetvédelmi Felügyelőségek illetve, egyes komponenseknél az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat laboratóriumi veszik és értékelik.

A törzshálózat mintavételi helyét az alábbi formában rögzítik:

#### **1.sz. táblázat: Példa az Országos Törzshálózati Mintavételi helyek megadására. (MSz 12749)**

1	2	3	4	5	6	7	8
Sor-szám	Törzs-szám	A felszíni víz neve	A víz-mintavétel helye	Folyam-kilométer	A mintavétel gyakorisága db/év		A vizsgálandó jellemzők jele
					Általános	Mikro-biológiai	
					vizsgálathoz		
1	01FF01	Duna	Rajka vízmérce	1848,4	26	26	iiii

Megjegyzés a 8. Rovathoz:

i- csak A, ii- A és B, iii- A,B,C, iv- A,B,C,D, vízminőségi csoport (ld. ezután) jellemzőit határozzák meg az előírt gyakorisággal.

#### **Vizsgálandó jellemzők és vízminőségi határértékek**

A gyakorlati vízminősítés számára rendkívül fontos a határértékek ismerete. Az 5 vizsgálandó vízminőségi csoport:

A - az oxigénháztartás mutatói,

B - a nitrogén és foszforháztartás jellemzői,

- C - mikrobiológiai jellemzők,
- D - mikroszennyezők, és toxicitás,
- E - egyéb.

**2. sz. táblázat:**

**Példa a vízminőségi jellemzők és határértékek megadására (Oxigénháztartás mutatói):**

Vízminőségi jellemzők	Mértékegység	Határértékek az					A vizsgálati szabványok azonosító jele
		I. kiváló	II. jó	III. tűrhető	IV. szennyezett	V. erősen szennyezett	
		vízminőségi osztályokban					
A csoport: az oxigénháztartás jellemző Oldott oxigén:	mg/L	7	6	4	3	<3	MSZ ISO 5813
Oxigéntelítettség	%	80-100	70-80 100-120	50-70	20-50 150-200	<20 >200	
Biokémiai oxigénigény (KOI <sub>5</sub> )	mg/L	4	6	10	15	>15	MSZ 12750-22
Kémiai oxigénigény (KOI <sub>ps</sub> )	mg/L	5	6	15	20	>20	MSZ 12750-21
Kémiai oxigénigény (KOI <sub>k</sub> )	mg/L	12	22	40	60	>60	MSZ 12750-21
Összes szerves szén (TOC)	mg/L	3	5	10	20	>20	1)
Szaprobítási (Pantle-Buck) index	-	1,8	2,3	2,8	3,3	>3,3	

**A vízminőségi osztályok jellemzése**

• **I. osztály: kiváló víz.**

Mesterséges szennyezőanyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldott anyag-tartalom kevés, közel teljes az oxigéntelítettség, a tápanyagterhelés csekély, és szennyvízbaktérium gyakorlatilag nincs.

• **II. osztály: jó víz.**

Külső szennyezőanyagokkal, és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt, mezotróf jellegű víz.

• **III. osztály: tűrhető víz**

Mérsékelt szennyezett (pl. tisztított szennyvizekkel már terhelt) víz, amelyben a szerves és a szervetlen anyagok, valamint a biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofizálódást eredményezhet. Szennyvízbaktériumok következetesen kimutathatók.

Az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos ingadozása, továbbá, az esetenként előforduló káros vegyületek átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremthetnek.

Az életközösségben a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszíneződést is előidézhet.

Esetenként szennyezésre utaló szag és szín is előfordul.

#### • **IV. osztály: szennyezett víz**

Külső eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, illetve szennyvizekkel terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag víz. Az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordul az anaerob állapot is. A nagy mennyiségű szerves anyag biológiai lebontása, a baktériumok nagy száma (ezen belül a szennyvízbaktériumok uralkodóvá válnak), valamint az egysejtűek tömeges előfordulása jellemző. A víz zavaros, esetenként színe változó, előfordulhat vízvirágzás is.

A biológiailag káros anyagok koncentrációja esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti. Ez a vízminőség kedvezőtlenül hat a magasabb rendű vízi növényekre és a soksejtű állatokra.

#### • **V. osztály: erősen szennyezett víz**

Különbféle eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvízbaktérium-tartalma közelít a nyers szennyvizekéhez.

A biológiailag káros anyagok és az oxigénhiány korlátozzák az életfeltételeket. A víz átlátszósága általában kicsi; zavaros, bűzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára krónikus, esetenként akut toxikus szintet jelent.

#### **Minősítés a törzshálózati vizsgálati eredmények alapján.**

Minden egyes vízminőségi jellemző vizsgálati eredményeinek éves adatsorozatát külön-külön kell értékelní. Mértékadó értékeknek általában a 90%-os összegzett relatív gyakoriságú (tartósságú) értéket tekintjük. Ezt az adatot kell a 2. Táblázat szerinti határértékekkel összehasonlítani. Ha a mértékadó érték és a határérték megegyezik, illetve annál kisebb, akkor a határértékeknek megfelelő osztály szerinti besorolás az érvényes.

A mikrobiológiai jellemzők csoportjában a minősítést a coliform-szám alapján végezzük.

Az előző minősítéstől eltérő módszert alkalmazunk akkor, ha a vizsgálati gyakoriság kisebb 12-nél. Ezekben az esetekben mértékadó értékeknek a legkedvezőtlenebb vizsgálati eredményt tekintjük, vagyis a víz osztályba sorolását ez alapján végezzük.

Az így, komponensenként adódott vízminőségi osztályok közül a legrosszabbat kell egy-egy jellemző csoporton (A,B,C,D,E) belül mértékadónak tekinteni.

#### **Vízminőségi adatok tárolása, beszerezhetősége.**

Jelenleg a vízminták kémiai, biológiai vizsgálatait a területi Környezetvédelmi Felügyelőségek, a bakterológiai vizsgálatokat az illetékes ÁNTSZ végzi, de valamennyi adat a Környezetvédelmi Felügyelőségek számítógépes adatbázisában megtalálható. Az idősorok hossza változó, általában a 60-as évek közepétől állnak rendelkezésre.

#### **Felszín alatti vizek**

1. A felszín alatti víz minősége természetes állapotban is tartalmazhat egy-egy komponensből nagyobb értéket (pl.: arzén a Békés megyei kutakban).
2. Ha antropogén szennyezést keresünk, még nagyobb a hosszabb távú vízminőségi sorok szerepe, így igen lényeges a rendszeres monitoring.
3. A felszín alatti vizek esetében a vízminőséget a gyakorlatban - mivel többnyire ivóvízellátásra használják - az MSZ 450-1989 sz. "Ivóvízminősítés" c. szabvány határértékeivel hasonlítják össze, ennek alapján határozzák meg, így:

I. osztály: csak fertőtlenítés szükséges

II/1. gáztalanítás, savtalanítás, vas és mangántalanítás

II/2. arzénmentesítés, ammóniaeltávolítás, szervesanyag eltávolítás, nitrátmentesítés

II/3 lágyítás, sótalanítás, vízkő kiválási hajlam megakadályozása, hűtés

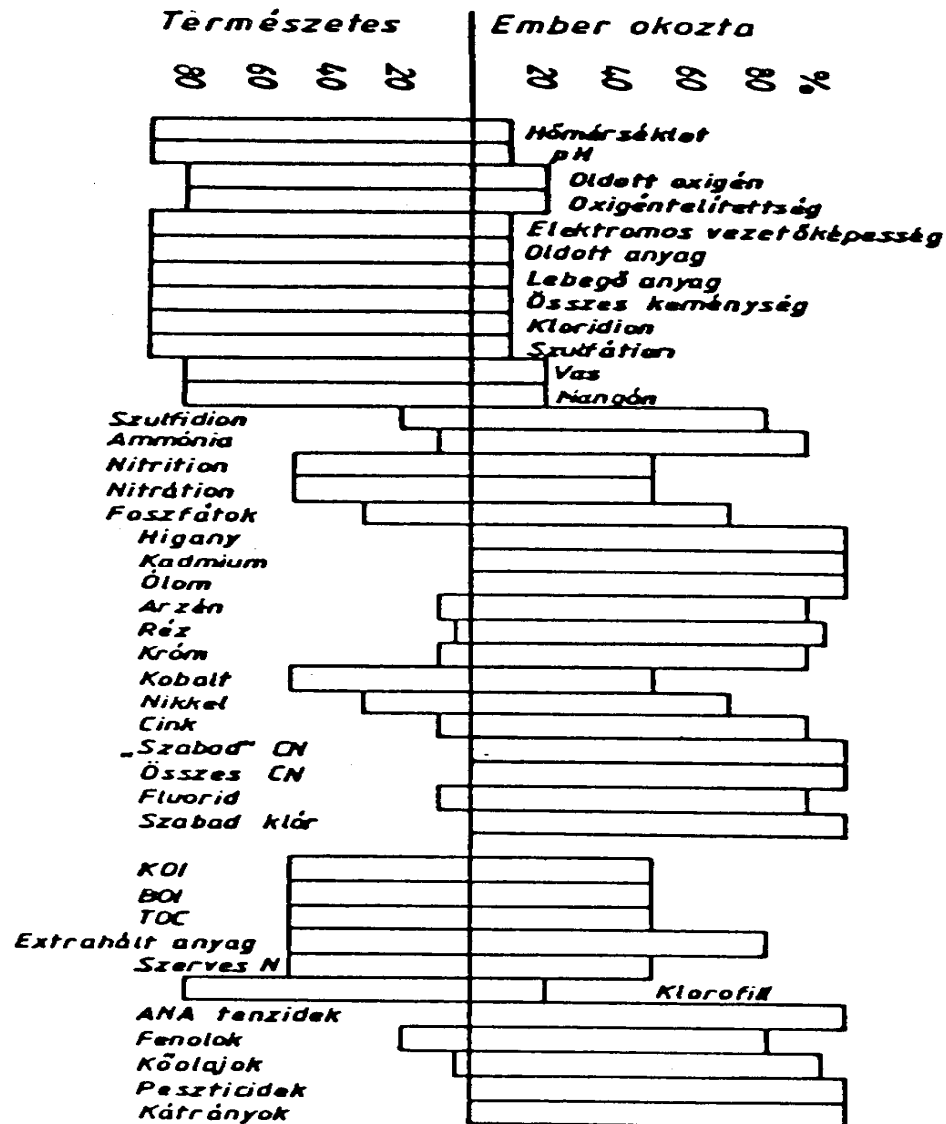
III. nincs technológia

### 3.8. Vízszennyezések

A vízszennyezések többféleképpen csoportosíthatók. A vízszennyezőanyagok lehetnek: fizikai, érzékszervi hatást okozó kémiai (szerves és szervetlen), biológiai és bakteriológiaiszennyezést okozó anyagok.

A vízszennyezések eredet szerint feloszthatók: lakossági, ipari és mezőgazdasági eredetű szennyezésekre.

Az emberi tevékenység hatására a felszíni vizekben mutat példát az 3.9 sz. ábra.



A szennyeződés megjelenés szerint lehet koncentrált (pl. szennyvízbevezetés) ennek nagysága és helye pontosan meghatározható, így a védekezés ellene viszonylag egyszerűbb; illetve területi (diffúz) szennyezés pl. a műtrágya, amely a transzport folyamatok: erózió, defláció, beszivárgás segítségével fejt ki vízszennyező hatását, helye és mértéke nehezebben határozható meg.

#### Lakossági eredetű szennyezések

A lakossági szennyezések közül a következők emelhetők ki:

1. illegális - vagy legális de rosszul kialakított hulladéklerakók
2. közúti közlekedés szennyező hatásai

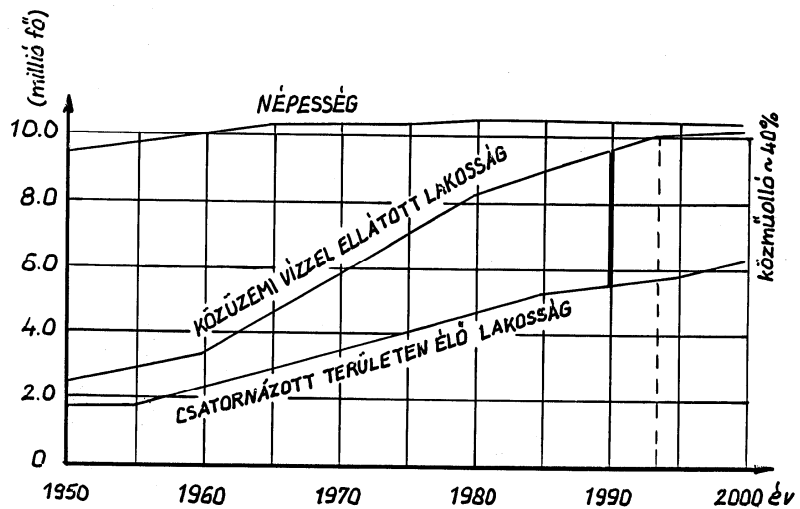
### 3. szennyvizek

Az 1-2 pont szerinti tényezők vízszennyező hatása, nagymértékben összefügg a csapadékkal (eső, hó), ugyanis a szennyezőanyagokat a csapadékvíz szállítja a vízrendszerek felé. Ez az összefüggés mutatja, mennyire lényeges kérdés a települések esetében a csapadékvíz-gazdálkodás, amely vízszennyező hatások mérséklésében is szerepet játszhat.

**Szennyvizek:** Magyarországon a közműves ivóvízellátás sokkal gyorsabb ütemben fejlődött, mint a csatornázás. A kettő időbeli eltérését mutatja az alakjáról "közmű ollónak" elnevezett grafikonon (3.10 ábra). Az közműves ivóvízellátás önmagában is hozzájárul a környezet nagyobb terheléséhez, hiszen az ellátott háztartások vízfogyasztása, és egyben szennyvíztermelése is jelentősen megnő. Csatornázás hiányában a lakosság jelentős része úgy akar szabadulni a szippantásos szennyvízszállítás költségétől, hogy szennyvize egy részét szabálytalanul elszikkasztja, és ezzel a talajvizet szennyezi.

Az ún. "közmű olló" az a grafikon, amely a vízellátottság és a csatornázottság %-os növekedését ábrázolja az idő függvényében, "szétnyílása" pedig a csatornázás ivóvízellátástól való lemaradását jelenti.

Az EU csatlakozást figyelembe véve is téves nézet azonban, hogy feltétlenül törekedni kell a közmű olló zárására. A környezeti adottságtól függően léteznek a nem csatornázott települések számára ún. szakszerű csatornapótló megoldások, amelyek a kis mennyiségű koncentrált szennyvizet (pl. 1-2 háztartás) gyűjtik össze és tisztítják környezetvédelmi módon.



3.10 ábra A közműolló alakulása

Vannak esetek, amikor a másik lehetőség, a szippantott szennyvíz szállítása is lehet gazdaságos megoldás!

Még kedvezőtlenebb a helyzet, ha a szennyvíztisztítást is nézzük, hiszen jelenleg a csatornázást sok esetben nem követi megfelelő mértékű (biológiai) szennyvíztisztítás. A keletkező egyre nagyobb mennyiségű használtvíz vagy a felszíni vizeket, vagy a talajvizet szennyezi.

#### **Ipari eredetű szennyezések**

A szerteágazó témakörből a következők emelhetők ki:

- Sokkal kevesebb szennyvíz keletkezne, ha az ún. "vízkihasználási tényező" amely megmutatja, hogy  $1 \text{ m}^3$  vizet hányszor használ fel az iparág, kedvezőbb lenne. (E tényező németországi értéke: 14, Magyarország: 3)
- magyarországi viszonylatban az iparok jelentős része települt a Tisza vízgyűjtőre, amely vízminőségi szempontból egyébként is kedvezőtlenebb képet mutat
- Jelenlegi helyzet szerint a keletkező ipari szennyvizek mintegy 25%-a kerül megfelelő mértékű tisztításra.

#### **Mezőgazdasági eredetű szennyezések**

A mezőgazdasági eredetű szennyezőforrások jellemzője, hogy általában diffúz, területi szennyezések, így nagyságuk, kibocsájtási helyük nehezebben határozható meg. A növénytermesztés oldaláról legjelentősebb veszélyforrást a műtrágyák és növényvédőszeres jelentik, állattenyésztés vonatkozásában pedig a nagyüzemi állattartás melléktermékeként jelentkező hítrágyák.



## Védekezés a vízszennyezések ellen

A kívánatos az lenne, ha a vizek elszennyeződését megelőzhetnénk, ebben az esetben elmaradnának a vízminőségi kárelhárítás jelentős költségei. A következőkben azt tekintjük át, mit tehetnek az egyes ágazatok a vízvédelem érdekében.

### Lakosság

- települési szennyvizek megfelelő mértékű tisztítása
- hulladéklerakók szabályos és ellenőrzött létesítése
- közlekedés: emissziócsökkentés a járművek részéről (katalizátor, ólommentes benzin használata)

### Ipar

- víztakarékosság, vízvisszaforgatás a technológián belül
- helyileg jó ipartelepítés
- környezetbarát alap és segédanyagok alkalmazása a gyártás során
- ipari szennyvizek tisztítása

### Mezőgazdaság

- állattenyésztés: keletkező hígtrágyák ártalmatlanításának, illetve hasznosításának megoldása
- növénytermesztés:

növényvédőszer, műtrágyák: adagolásuk célszerű, ha az ökológiai követelményeket figyelembevéve, ill. ha a “teljes nitrogén mérleg” meghatározásával történik, ezen túl különleges figyelemmel kezelendők a kihordás és tárolás kérdései

## 3.10. A mezőgazdaság, mint a környezetgazdálkodás eszköze

A mezőgazdaság - vízgazdálkodás kapcsolás 3-féle lehet:

- a mezőgazdaság mint vízigénylő: az állattenyésztés és növénytermesztés megfelelő minőségű és mennyiségű vízszükségletét biztosítja a vízgazdálkodás
- a mezőgazdaság, mint vízszennyező
- a mezőgazdaság, mint a környezetgazdálkodás eszköze:

A mezőgazdaság nagymértékben segítheti a környezetvédelmet, a szennyvizek, és szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosításával.

A szennyvíztisztítás 3 fő fokozatot foglal magában:

- 1.) mechanikai tisztítás: a mechanikai úton, szűréssel, ülepitéssel eltávolítható anyagok kivonására
- 2.) biológiai tisztítás: a biológiailag bontható szerves anyagok lebontása baktériumok segítségével, természetes, vagy mesterséges körülmények között
- 3.) tápanyag-eltávolítás, amely a növényi tápanyagokat (N és P) vonja ki a szennyvízből

Mindhárom fokozatból: távozik az adott mértékig tisztított szennyvíz (híg fázis) és megoldandó a mintegy melléktermékként keletkező szilárd fázis, az iszap elhelyezése vagy hasznosítása.

Természetes szennyvíztisztítási módról beszélünk, amikor (általában mechanikai tisztítás után) a biológiai tisztítás természetes víz, vagy talajrendszerben játszódik le. Víz alapú rendszerek a szennyvíztisztító tavak és a wetlandek, talaj alapú a szennyvíz mező ill. erdőgazdasági hasznosítás.

Bármely tisztítási fokozatból keletkező szennyvíziszapok ugyancsak hasznosíthatók a mezőgazdaságban, hiszen értékes tápanyagforrást jelentenek.

Igen fontos kérdés viszont, hogy mind a szennyvizek, mind a szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosítását alapos környezeti hatásvizsgálat előzze meg, a vízvédelem érdekeinek figyelembevételével.

## 4. A bioszféra alkotó anyagok tulajdonságai

### Az atomok elektronszerkezete

Az anyagok tulajdonságait, kémiai viselkedését döntően atomjaik elektronszerkezete határozza meg. A kémiai reakciókban például az atomok elektronjai vesznek részt, miközben az atommag változatlan marad. Az atomok elektronszerkezetének ismeretében könnyebben tudunk tájékozódni a sokféle kémiai jelenség és változás között.

A pozitív töltésű atommag vonzza a negatív töltésű elektronokat. Emiatt az elektronok leszakításához, az atommag közeléből való eltávolításához energia szükséges. Ha az atommal energiát közlünk (pl. fényvel, izzítással, vagy nagy energiájú sugárzással), akkor megfelelő energiamennyiség hatására az elektronok eltávolíthatók az atommag közeléből. Az elektronok különböző energiaszinteknek megfelelő héjakon rendeződnek el.

Az 1. héjnak 1 alhéja van melynek jele: 1s.

A 2. héjnak 2 alhéja van, melyeket 2s és 2p-vel jelöljük.

A 3. héjnak 3 alhéja van, melyeket 3s, 3p, 3d-vel jelöljük.

A 4. héjnak 4 alhéja van, melyeket 4s, 4p, 4d, 4f-fel jelöljük.

Az s-atompályákon, vagyis az s-alhéjakon maximálisan 2,

a p-atompályákon, vagyis az p-alhéjakon maximálisan 6,

a d-atompályákon, vagyis az d-alhéjakon maximálisan 10,

az f-atompályákon, vagyis az f-alhéjakon maximálisan 14 elektron helyezkedhet el.

Az atomok atompályái úgy töltődnek fel elektronokkal, hogy az atom, energiája a legkisebb legyen. A feltöltődés sorrendje az 3. héjig azonos ez előbb írtakkal, de ettől kezdve a következő héj s alhéjának feltöltése megelőzi az előző héj d és f alhéjának feltöltődését. A feltöltődés sorrendje:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p

Az elektronok beépülési sorrendjében táblázatba írva az elemek vegyjeleit, a periódusrendszerhez jutunk:

	s1	s2	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	p1	p2	p3	p4	p5	p6
1.héj	H																	He
2.héj	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3.héj	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4.héj	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5.héj	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	Xe
6.héj	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

A szürkével jelölt mezőkben található elemek esetében az előző sorhoz tartozó pálya d alhéja töltődik fel. Ennek az elektron elrendezésnek két következménye van:

1. Ezeknek az elemeknek a külső (vegyérték) héján csak két elektron van ami könnyen leadható, vagyis ezek az elemek fémek
2. Az előző héj d pályáin még vannak üres helyek, ahová lazábban kötődhet más atomokból származó elektronpár. Ezáltal másodlagos kötés jöhet létre, ami a komplex vegyületek jellegzetes kötéstípusa.

A szürkével nem jelölt elemek külső (vegyérték) héján oszloponként különböző, de 1-1 oszlopon belül azonos számú elektron található. Ezért ezen elemek egy oszlopba tartozó csoportja hasonló tulajdonságú. Ezek közül a fontosabb csoportok a következők:

- A vegyértékhéj 1 s elektront tartalmazó elemek az alkálifémek (Li, Na, K, Rb, Cs).
- A vegyértékhéj 2 s elektront tartalmazó elemek az alkáliföldfémek (Be, Mg, Ca, Sr, Ba).
- A vegyértékhéj 2 s és 2 p elektront tartalmazó elemek a szén-csoportot (C, Si, Ge, Sn, Pb),
- a vegyértékhéj 2 s és 3 p elektront tartalmazó elemek a nitrogén-csoportot (N, P, As, Sb, Bi),
- a vegyértékhéj 2 s és 4 p elektront tartalmazó elemek az oxigén-csoportot (O, S, Se, Te, Po),
- a vegyértékhéj 2 s és 5 p elektront tartalmazó elemek a halogéneket (F, Cl, Br, I, At) alkotják.

- A vegyértékhéjra telített s alhéjat (2 elektron) és telített p alhéjat (6 elektron) tartalmazó elemek alkotják, a nemesgázokat (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn). Az első héjra 2 s elektront, illetve a többi héjra 2 s és 6 p elektront tartalmazó elektronrendszer igen stabilis. Ebből elvenni, vagy hozzáadni elektront csak igen nagy energia-befektetéssel lehet, ezért ezek az elemek nem reakcióképesek. Ezt az elektronszerkezetet nemesgázhéj-szerkezetnek nevezzük, és nagy jelentősége van a vegyületek kialakulásakor. A vegyületek is akkor stabilisak, ha molekuláikban illetve ionjaikban ez a stabil elektronszerkezet alakul ki.

Az atomok mérete a periódusban (sor) balról jobbra haladva fokozatosan csökken. Ennek a magyarázata, hogy a külső héjra beépülő elektronokra az atommag vonzó hatása nagyobb mértékben érvényesül, mint az elektronok taszító hatása. Ez a csökkenés különösen nagymértékű, ha az elektron nem a vegyértékhéjra, hanem belsőbb héjra épül be. Az atomsugarakat a periódusos rendszer oszlopaiban vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az atomok mérete felülről lefelé általában növekszik, tekintve, hogy mindig újabb és újabb héjak épülnek ki.

### Az atomok között kialakuló kötések

Az atomoknak az a része, amely a stabilis nemesgázhéjnak megfelelő elektronszerkezetet egy, kettő, esetleg három elektron leadásával képes elérni, elemi állapotban fémes tulajdonságú, vegyületeiben pozitív iont képez. Mindkettő azzal kapcsolatos, hogy az atom könnyen lead elektront.

A leadott elektron elemi állapotban a pozitív töltésű ionokból álló kristályrács rácsközi térségében viszonylag szabadon helyezkedik el. Elmozdításához kis energia kell. Ennek köszönhető, hogy az elektromágneses sugárzás röntgensugárzásnál kisebb energiájú teljes tartományával képes kölcsönhatásba lépni (elnyeli, kisugározza, visszaveri). Ezért a fémek az arany és a réz kivételével szürkék és fényesek. A szabad elektronoknak köszönhetően a fémek vezetnek az elektromosságot, és viszonylag jól vezetnek a hőt. A fémek a következő periódusos rendszerben szürke mezőkben helyezkednek el.

Ha a leadott elektron egy másik atom képes felvenni ionos kötés alakul ki. Az elektront leadó atom a fémek, illetve a hidrogén pozitív iont képez, míg az elektront felvevő nem fém atomból negatív ion képződik. A különböző töltésű ionokat elektrosztatikus vonzóerő tartja össze. Ezek az anyagok szilárd halmazállapotú ionrácsot képeznek. A pozitív fémionokból és negatív ionokból (amelyek összetettek is lehetnek) felépülő anyagok a sók.

Három illetve annál több elektront csak ilyen nagy energiával lehetne eltávolítani, ezért ezek az elemek általában nem ionképződéssel, hanem közös elektronpár képzéssel, érik el vegyületeikben a stabil nemesgázhéj szerkezetnek megfelelő elektronszerkezetet. Így alakul ki a kovalens kötés.

Az atomok közötti kötések jellegét az kötődő atomok elektronegativitása szabja meg. Az elektronegativitás a kötött atomok elektronvonzó képességét jellemzi. Az elektronegativitási értékek egymáshoz viszonyítva fejezik ki az atomok elektronvonzó képességét. A lítium elektronegativitása 1,0, a fluoré 4,0. Ezekhez viszonyítva állapították meg a többi atom elektronegativitását. Így például a szénatomra 2,5, az oxigénatomra 3,5, a hidrogénatomra 2,1 értékeket kaptak. Az elektronegativitás értékeket a következő periódusos rendszerben tüntettük fel.

H 2,1																		He
Li 1,0	Be 1,5											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0		Ne
Na 0,9	Mg 1,2											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0		Ar
K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8		Kr
Rb 0,8	Sr 1,0	Y	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	J 2,5		Xe
Cs 0,7	Ba 0,9	La	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2		Rn

Az kötésben részt vevő atomok elektronegativitásának különbsége ( $\Delta X$ ) és az összege ( $\Sigma X$ ) meghatározzák, hogy a kialakuló kötés fémes, ionos, kovalens, vagy ezek közti átmenetnek megfelelő jelleggel alakul ki, ahogyan ez a következő táblázatban látható.

		$\Delta X$			
$\Sigma X$	<0,5	0,5-1,5	1,5-2,0	2,0<	
5-8	többszörös kovalens apoláros	többszörös kovalens gyengén poláros	ionos-kovalens	ionos	
3-5	kovalens, v. fémes, ill. átmenet	egyszeres kovalens erősen poláros	ionos-kovalens	ionos	
2-3	fémes	kovalens vagy fémes	ionos-kovalens		

A vízmolekulában a kötés poláros, mert  $\Delta EN = 1,4$ .  $\Sigma X = 5,6$ . A két kötés  $105^\circ$ -os szöveget zár be egymással. A kötések polaritásának iránya azonos, ezért erősítik egymást. A vízmolekula központi atomja körül nemkötő elektronpárok is vannak, a polaritás megállapításánál, ezek hatását is figyelembe kell venni. A két poláros kötés negatív pólusa közös, és az oxigénatomon van. Igaz, hogy mind a két hidrogénatomon van egy kis pozitív pólus, de a molekula úgy viselkedik, mintha egyetlen pozitív pólusa lenne a két hidrogénatom között. Végeredményben a vízmolekula dipólusos molekula.

A dipólusmolekulák ellentétes töltésű részei között vonzás, azonos töltésű részei között taszítás lép fel. Az ilyen molekulák egymáshoz képest rányitottan igyekeznek elhelyezkedni, a dipólusok ellentétes töltésükkel egymás felé fordulnak. Az ellentétes pólusok közötti vonzás tartja össze egymással a molekulákat.

A vízmolekulák a kénhidrogén-molekuláknál kisebb tömegűek és méretűek. Ennek ellenére – közönséges körülmények között – a víz folyékony halmazállapotú, a kén-hidrogén viszont gáz. A víz olvadási és forráspontja kiugróan magas. Ezek az adatok is arra utalnak, hogy a vízmolekulák között a dipólus-dipólus kölcsönhatásnál is erősebb kötés hidrogénhíd kötés alakul ki. A víz esetében egy vízmolekula hidrogén atomja egy másik vízmolekula oxigénatomjával is kölcsönhatásba lép. A hidrogénatommag így két oxigénatomhoz kapcsolódik. Az egyikhez erős kovalens kötéssel, a másikhoz pedig gyengébb másodrendű kötéssel. Hidrogénhíd kötések vannak a jégben is.

A másodrendű kötések közül, a hidrogénhíd kötés a legerősebb. A hidrogénhíd kötés jelentősége rendkívül nagy, mert nemcsak a víz, hanem számos, biológiailag fontos vegyület, mint pl. fehérjék, zsírok, szénhidrátok, nukleinsavak tulajdonságait is befolyásolja.

## A gázok

A gázmolekulák átlagos sebessége a molekula tömegétől és a hőmérséklettől függ. A kisebb tömegű molekulák nagy sebességgel, a nagyobb tömegűek kisebb sebességgel mozognak. A hőmérséklet emelésével a molekulák sebessége nő. A gázok molekulái közötti kölcsönhatás rendkívül kicsi, mert a részecskék között nagy a távolság. A gázoknak sem állandó alakjuk, sem állandó térfogatuk nincsen.

Ha a gázt összenyomjuk, kisebb lesz a térfogata, ha melegítjük, a gáz kiterjed, térfogata megnő. A gázok térfogata tehát nem csak a gáz mennyiségétől függ, hanem állapotától is. A gáz állapotát a nyomás és a hőmérséklet határozza meg.

Bármely gáz egy móljának térfogata  $0^\circ\text{C}$ -on ( $273\text{ K}$ ) és  $0,1\text{ Mpa}$  (légköri) nyomáson  $22,41\text{ dm}^3/\text{mol}$ .

Az összefüggést a gázok állapotegyenlete írja le:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$p$  a gáz nyomása,  $V$  a térfogata,  $T$  a hőmérséklet kelvinben ( $\text{K}$ ),  $n$  a mólok számát jelenti.  $R$  az egyetemes gázállandó, értéke:  $8,31\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ .

## Szilárd anyagok

A szilárd anyagok többnyire kristályosak. A kristályok nem mindig láthatók, a szilárd anyag gyakran mikrokristályos. Az nem kristályos anyagok atomjai, molekulái rendezetlenül helyezkednek el, a folyadékokhoz hasonló módon mint például az üvegben.

A kristályos anyagok megolvadása az olvadásponton ugrásszerűen következik be. A kristályos anyagokat jellemzi a meghatározott, éles olvadáspont. (Az anyagok tisztaságát, pl. olvadáspont-meghatározással ellenőrzik. A szennyezett anyagok olvadáspontja eltér a tiszta anyagétól, illetve nem éles) A kristályt felépítő alkotórészek közötti vonzóerő nagysága meghatározza az anyag olvadáspontját és keménységét.

A kristályrácsok négy típusát különböztetjük meg, attól függően, hogy a kristályrács rácspontjaiban milyen részecskék helyezkednek el, illetőleg ezek között milyen természetű kötés van. A négy rácstípus: a molekularács, az atomrács, a fémrács és az ionrács.

Ionos kötésnek nevezzük azt a kapcsolatot, amelyben az ellentétes töltésű ionokat a kristályrácsban a köztük fellépő elektromos kölcsönhatás tartja össze. Az ionos kötés elsőrendű kémiai kötés. Az ionos kötés erősségét a rácsenergiával jellemezzük. A rácsenergia az az energia, mely szükséges ahhoz, hogy 1 mól kristályos anyagot szabad ionokra bontsuk. Az elektromos áramot olvadék állapotban vezetik.

Ismerünk olyan anyagokat, melyekben korlátlan számú atom kapcsolódik össze kovalens kötéssel. Ilyen esetekben atomrács jön létre. Az atomrácsos anyagok az elsőrendű kovalens kötés miatt magas olvadási és forráspontúak. Keménységük rendkívül nagy. A gyémánt a természetben előforduló legkeményebb anyag.

A molekularácsos kristályok rácspontjaiban molekulák helyezkednek el. A molekulák másodrendű kötőerővel kapcsolódnak egymáshoz. A molekulák között fellépő kötések erőssége kisebb a molekulán belüli kötések erősségénél. A molekularácsos anyagok keménysége kicsi, az elektromos áramot sem szilárd, sem olvadék állapotban nem vezetik.

A fémrácsban a rácspontokban levő fémionokat delokalizált elektronok tartják össze. Különböző fémek együtt is alkothatnak rácsot. Ezek az ötvözetek

### **Oldódás**

Az ionos és a poláris vegyületek viszont oldódnak vízben és más poláris oldószerben, mint apoláris folyadékokban. Az apoláris molekulákból álló olaj apoláris oldószerben (pl. benzolban) feloldódik a poláris jellegű vízben pedig nem. A poláris anyagok vízben való oldódását az is elősegíti, ha molekulájuk az oldószer molekuláival hidrogénhid-kötéseket tud létesíteni. Ez az oka például annak, hogy a cukor vízben nagyon jól oldódik.

Az oldódás során gyakran hőmérsékletváltozás történik. Oldódáskor a rácsenergiát be kell fektetni a víz és az ionok kölcsönhatásából eredő hidratációs energia, viszont felszabadul. Ha a rácsenergia nagyobb a hidratációs energiánál az oldáshő pozitív, vagyis energia szükséges a vegyület oldatba viteléhez, az oldódás endoterm folyamat. Ha viszont a hidratációs hő nagyobb a rácsenergiánál, az oldódás felmelegedéssel járó exoterm folyamat.

### **A kémiai reakciók**

A kémiai reakciót hőváltozás kíséri. Ezt a reakcióhőnek nevezzük. A reakcióhő megmutatja, hogy mekkora a hőváltozás a reakció során, ha valamennyi anyagból annyi mól fogy el, illetve keletkezik, mint amekkora az együtthatója a reakcióegyenletben.

A reakcióhőt megkaphatjuk, ha a termékek képződéshőjének összegéből kivonjuk a kiindulási anyagok képződéshőinek összegét.

A reakciósebesség azt fejezi ki, hogy időegység alatt és egységnyi térfogatban mekkora anyagmennyiség alakul át. A reakciók sebessége arányos a kiindulási anyagok koncentrációival.

A reakciók során kötések felszakadnak újak, pedig létesülnek. Az átmeneti állapotban egy aktivált komplexum keletkezik melyben az átmenetileg egyesült molekuláknak az energiaszintje magasabb, mint a molekulák energiaszintjének összege a kiindulási állapotban. Az aktivált állapot és a kiindulási állapot energiaszintje közötti különbség az aktiválási energia.

A katalizátor meggyorsítja a kémiai átalakulást anélkül, hogy eközben ő maga maradandóan megváltozna. A katalizátor gyorsító hatása azzal magyarázható, hogy az átalakulás számára új, kisebb aktivitási energiájú reakcióutat nyit meg. Ugyanakkor a reakcióhőt nem befolyásolja.

Léteznek olyan anyagok is, melyek a kémiai átalakulást akadályozzák, fékezik. Ezeket inhibitoroknak nevezzük.

## A kémiai egyensúly

A kémiai reakciók gyakran nem játszódnak le 100 %-ban az adott irányban. Miközben a reakcióban a kiindulási anyagok fogyásával a reakciósebesség csökken, a keletkező termék mennyiségének növekedésével a visszaalakulás reakciósebessége viszont nő. Az egyensúlyi állapot akkor következik be, amikor az oda és a visszaalakulás sebessége megegyezik. Miután a reakció egyensúlya beállt, az anyagok koncentrációja nem változik.

A kémiai reakciók egyensúlyát befolyásoló tényezők:

- a reagáló anyagok vagy a termékek koncentrációjának megváltozása
- nyomásváltozással (a molekulák számának megváltozásával) járó reakciók esetén a nyomás növelése, illetve csökkentése
- a hőmérséklet változása.

## Savak és bázisok disszociációja

Ha egy erős savat például a sósavat vízben feloldunk, molekulája ionra bomlik.

$\text{HCl} = \text{Cl}^- + \text{H}^+$  A pozitív hidrogénion, mivel csupán egy elektronburok nélküli atommag, nyomban kölcsönhatásba lép a környező vízmolekulákkal.  $\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+$ . Ha az oldat híg ennek semmilyen hatása nincs a folyamat mennyiségi viszonyaira. Ezért, ha csak a mennyiségi viszonyokat megjelenítő összefüggéseket taglaljuk, akkor használhatjuk a  $\text{H}^+$ -ion megjelölést is. Az egyensúlyi összefüggések felírásakor az adott ionok vagy molekulák mol/dm<sup>3</sup>-ben kifejezett koncentrációját úgy jelöljük, hogy a képletét szögletes zárójelbe tesszük.

Gyengébb savak esetén a disszociáció nem teljes, hanem egyensúlyra vezető folyamat. A foszforsav háromértékű sav, három lépésben disszociál.

$\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}^+$  A folyamat egyensúlyi összefüggése  $K_1 = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] \cdot [\text{H}^+] / [\text{H}_3\text{PO}_4] = 7.5 \cdot 10^{-3}$

$\text{H}_2\text{PO}_4^- = \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+$  A folyamat egyensúlyi összefüggése  $K_2 = [\text{HPO}_4^{2-}] \cdot [\text{H}^+] / [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 6.2 \cdot 10^{-8}$

$\text{HPO}_4^{2-} = \text{PO}_4^{3-} + \text{H}^+$  A folyamat egyensúlyi összefüggése  $K_3 = [\text{PO}_4^{3-}] \cdot [\text{H}^+] / [\text{HPO}_4^{2-}] = 2.2 \cdot 10^{-13}$

Azt, hogy a növekvő negatív töltésű ionokról egyre nehezebb a pozitív töltésű hidrogén-iont leszakítani az egyre csökkenő egyensúlyi állandó is mutatja.

A bázisok disszociációja eredményeképpen OH<sup>-</sup>-ion keletkezik.

$\text{NH}_4\text{OH} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  A folyamat egyensúlyi összefüggése  $[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-] / [\text{NH}_4\text{OH}] = 1.7 \cdot 10^{-5}$

Magát a vizet is tekinthetjük gyenge savnak vagy gyenge bázisnak.

$\text{H}_2\text{O} = \text{OH}^- + \text{H}^+$  A folyamat egyensúlyi összefüggése  $K = [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] / [\text{H}_2\text{O}]$

Mivel a K értéke nagyon kicsi ezért az átalakulás csak nagyon kevés vízmolekulát érint ezért a vízmolekulák mennyiségének változását elhanyagolhatjuk, ezért a K konstanssal összevonhatjuk. Így egy egyszerűbb összefüggést a víz ionszorzatát kapjuk:  $K_v = [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] = 10^{-14}$

Savak és bázisok erősségét az oldat hidrogén-ion koncentrációjával jellemezhetjük. Eszerint 1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős sav oldatában a hidrogén-ion koncentráció 1 mol/dm<sup>3</sup> (10<sup>0</sup>). Eszerint 0,1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős sav oldatában a hidrogén-ion koncentráció 0,1 mol/dm<sup>3</sup> (10<sup>-1</sup>). A víz ionszorzatát felhasználva kiszámíthatjuk, hogy 1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős bázis (pl.: NaOH) oldatában a hidrogén-ion koncentráció 10<sup>-14</sup> mol/dm<sup>3</sup>. Hasonlóképpen 0,1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős bázis oldatában a hidrogén-ion koncentráció 10<sup>-13</sup> mol/dm<sup>3</sup>.

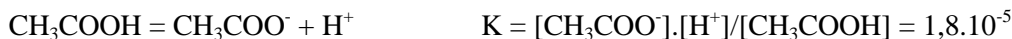
A számítások eredményeképpen is látható, hogy a hidrogén-ion koncentráció igen alacsony értékű is lehet. Ilyen 14 nagyságrendet átölelő mennyiséget célszerű a logaritmusával jellemezni. Így adódott, hogy a savasság és a lúgosság jellemzésére a hidrogén-ion koncentráció negatív logaritmusát a pH-t használják.

Az előbbi példákban bemutatott 1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős sav pH-ja 0, a 0,1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős sav pH-ja 1, az 1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős bázis pH-ja 14, a 0,1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú erős bázis pH-ja pedig 13.

## Sav-bázis puffer

Ha egy gyenge sav oldatához az adott sav jól disszociáló sóját adjuk, akkor puffer oldatot kapunk. Ha egy ilyen oldathoz adunk savat, vagy lúgot azt fogjuk tapasztalni, hogy az oldat pH-ja jóval kevésbé fog megváltozni, mint a puffer jelenléte nélkül.

Például ecetsavat és a nátrium-acetátot együtt feloldva a következő összefüggésekkel jellemezhető puffer-rendszert kapunk:



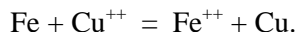
A hidrogén-ion koncentrációt kifejezve:  $[\text{H}^+] = K \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}] / [\text{CH}_3\text{COO}^-]$

Az acetát-ion koncentrációja, ami az utóbbi összefüggés nevezőjében szerepel, csak kis mennyiségben származik az ecetsav disszociációjából. Értéke elhanyagolható a hozzáadott nátrium-acetát disszociációjából származó acetát-ionok mennyisége mellett. Ezt az egyszerűség kedvéért ezután [só]-nak jelöljük. Az ecetsav koncentrációja sem változott számottevően a kismértékű disszociációja miatt. Ezt az egyszerűség kedvéért ezután [sav]-nak jelöljük. Így az összefüggés:  $[\text{H}^+] = K \cdot [\text{sav}] / [\text{só}]$

Egy egyszerű számítással szemléltethető a puffer hatás. Ha 1 mól ecetsavból és 1 mól nátrium-acetátból készítünk 1 dm<sup>3</sup> oldatot akkor [sav] = 1 és a[só] = 1. A  $[\text{H}^+] = K = 1,8 \cdot 10^{-5}$ . A pH = 4,75. Ha egy ilyen pH-jú puffert nem tartalmazó oldathoz 0,1 mól sósavat (HCl) adunk akkor az új pH=1. Az előbbi puffer jelenléte esetén a sósav visszaszorítja az ecetsav disszociációját. Így 0,1 mól acetátból 0,1 mól ecetsav keletkezik, vagyis a [sav] = 1,1 és a[só] = 0,9 lesz. A  $[\text{H}^+] = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1,1 / 0,9$ , illetve a pH = 4,66 lesz. Ezeknek a puffereknek nagyon nagy jelentősége a van a természet egyensúlyának fenntartásában, illetve az élőlények sejtjeiben a biokémiai reakciók állandó közegének biztosításában.

## Redox reakciók

Ha rézszulfát oldatba vaslemezt helyezünk, akkor a vas egy része oldatba megy, vele egyenértékű mennyiségű elemi réz pedig a vaslemezre kiválik. A folyamatot a következő reakcióegyenlettel írhatjuk fel:



A folyamatban a fémes kötésben levő vasatom elektronleadással pozitív töltésű vasionná alakult, a rézionból pedig elektronfelvétel közben rézatom lett. Az elektronfelvételt illetve elektronleadást külön is jelölhetjük:



Ha egy atom, molekula vagy ion elektront vesz fel, redukciónak beszélünk. Az elektronleadással járó folyamatot oxidációnak nevezzük. A két folyamat mindig egyidejűleg zajlik, ezért közös névvel redox folyamatoknak nevezzük őket.

A molekulában kötött atom oxidációs száma annak a töltésnek a számértéke, amelyet úgy kapunk, hogy a kötő elektronokat gondolatban az elektronegatívabb atomhoz rendeljük, ha az összekapcsolt atomok különbözőek, és megfelezzük, ha az atomok azonos minőségűek. Az oxidációs szám kiszámítását megkönnyíti az a szabály, hogy a molekulában az atomok oxidációs számának összege mindig zérus. Az oxidációs szám segítségével kiszámíthatjuk a vegyületen belül az elemek arányát, és pontosan írhatjuk fel a vegyület képletét. A következő periódusos rendszerben az elemek lehetséges oxidációs számait tüntettük fel.

H 1											B 3	C -4, 2,4	N -3,3, 5,4,2	O -2	F -1	
Li 1	Be 2											Al 3	Si 4	P -3,3, 5,4	S -2,2, 4,6	Cl -1,1, 3,5,7
Na 1	Mg 2											Ga 3	Ge 4	As -3,5	Se -2 4,6	Br -1 1,5
K 1	Ca 2	Sc 3	Ti 4,3	V 5,4 3,2	Cr 6,3,2	Mn 7,6, 4,3,2	Fe 2,3	Co 2,3	Ni 2 3	Cu 2 1	Zn 2 1	In 3	Sn 4,2	Sb -3, 3,5	Te -2, 4,6	J -1,1, 5,7
Rb 1	Sr 2	Y	Zr 4	Nb 4,2	Mo 6,5, 4,3,2	Tc 7	Ru 2,3, 4,6,8	Rh 2,3, 4	Pd 2 4	Ag 1	Cd 2	In 3	Sn 4,2	Sb -3, 3,5	Te -2, 4,6	J -1,1, 5,7
Cs 1	Ba 2	La 3	Hf 4	Ta 5	W 6,5, 4,3,2	Re 7,6,4, 2,-1	Os 2,3, 4,6,8	Ir 2,3, 4,6	Pt 2 2	Au 3 1	Hg 2 1	Tl 3 1	Pb 4,2	Bi 3,5	Po 2,4	At -1,1, 3,5,7

A redoxi folyamatok során oxidációs szám-változás történik.

## Összetett anyagi rendszerek

Egy anyag különböző halmazállapotú formái egymás mellett is létezhetnek. Például az olvadó jég esetében, 0 C°-on a víz szilárd (jég) és folyadékállapota egyensúlyban van egymással és a felettük levő gázhalmazállapotú vízgőzzel. Különböző minőségű anyagok még változatosabb kombinációban létezhetnek egymás mellett, mint ahogyan azt a következő táblázat mutatja.

Megosztott fázis	Légnemű		Cseppfolyós		szilárd	
Tömb-fázis	homogén	Heterogén	Homogén	heterogén	homogén	heterogén
légnemű	elegy	-	-	köd	-	füst, pórusrendszer, szivacs
cseppfolyós	oldat	hab	elegy	emulzió	oldat	szuszpenzió
szilárd		hab, pórusrendszer, szivacs		zárvány	elegy, ötvözet	kőzet

A tömb fázis összefüggő rendszert képez, míg a megosztott fázis ebben széteszlatva létezik. A heterogén rendszerekben az egyes anyagokat határfelületek választják el, míg a homogén rendszerekben ilyen határfelületek nincsenek. Heterogén rendszerekben a cseppfolyós illetve a légnemű megosztott fázis általában gömböcskék formájában oszlik meg a cseppfolyós, illetve légnemű tömb-fázisban (köd, hab, emulzió). A pórusrendszer esetében mind a szilárd, mind a légnemű fázis összefüggő rendszert képez, ellentétben a szilárd habbal, ahol a légbuborékok között nincs átjárás. A szivacs rugalmas szilárd fázissal rendelkező pórusrendszer. A talaj is pórusrendszer, ami biztosítja a talajban a víz- és levegőmozgást, lehetővé téve a talajéletet.

A cseppfolyós tömbfázis és a légnemű megosztott fázis homogén rendszer esetén a gázok oldódását jelenti. A vízben oldott levegőnek igen nagy jelentősége van a vízi élet szempontjából. A levegő oldhatósága a hőmérséklet emelkedésekor csökken, ezért történhet - a biológiai okokból (eutrofizáció) egyébként is kevés oldott levegőt tartalmazó - tavakban halpusztulás a legmelegebb nyári napokon. A vízben oldott levegő jelenlétéről magunk is meggyőződhetünk. Amikor vizet forralunk, jóval a forrás megindulása előtt kb. 80 C°-on a levegő jól látható apró buborékok formájában távozik.

A cseppfolyós és a légnemű tömbfázisú heterogén rendszerek (köd, füst, hab, emulzió, szuszpenzió) általában nincsenek egyensúlyban. Vagy különálló folyadék ill. szilárd anyag aprózódásával keveréssel, vagy oldatból ill. elegyből képződnek kicsapódással. Ez a kicsapódással, vagyis a megosztott fázis különálló részeinek egyesülésével megszűnhet, és különálló fázisok keletkezéséhez vezet. Így a levegőben köd formájában széteszlatott víz csapadék formájában, a köd leülepedő por formájában távozhat a légtérből. Hasonlóképpen a hab összeeshet, az emulzió szételegedhet.

## Kolloidok

A heterogén és a homogén rendszerek között nincs éles átmenet. Az 1-500 nm méretű szemcséket, cseppecskéket tartalmazó heterogén rendszerek stabilabbnak mutatkoznak. Kis méretük miatt a folyadék ill. gázmolekulák hőmozgásából származó mozgásuk megakadályozza, hogy a gravitáció hatására leülepedjenek. Ezeket kolloidoknak nevezzük. Legfontosabb jellemzőjük a nagy fajlagos felület. Ugyan egy-egy részecskének kicsi a felülete, de együtt nagyságrendekkel nagyobb felületük van, mint egy ugyanolyan tömegű elkülönült fázisban levő anyagnak. Könnyen kiszámítható, hogyha egy 1 cm élhosszú kockának megfelelő mennyiségű anyagot, - kocka alakú - kisebb részekre aprózunk a keletkező kis kockák együttes felülete a következőképpen változik:

Oldalhossz	1 cm = 10 <sup>-2</sup> m	1 mm = 10 <sup>-3</sup> m	1 μm = 10 <sup>-6</sup> m	100nm=10 <sup>-7</sup> m	1 nm = 10 <sup>-9</sup> m
Összes felület	0,0006 m <sup>2</sup>	0,006 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup>	6000 m <sup>2</sup>

Kolloidnak tekintjük a pórusrendszereket is, ha a különböző fázisok határai a fenti mérettartománynak megfelelően váltakoznak, és ezáltal igen nagy fázis-határfelülettel rendelkeznek.

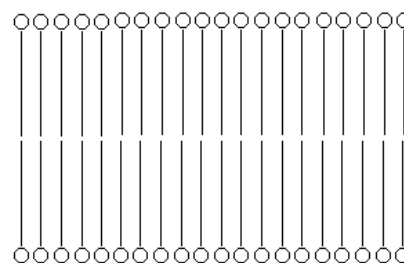


A levegőben levő kolloid mérettartományba eső ködöt illetve füstöt aeroszolnak nevezzük. A földfelszín közelében jelentkező igen állandó szmog is ilyen képződmény. A folyadékban elosztatott kolloid mérettartományú részecskék kolloid oldatot alkotnak. Az egyes részecskék optikai mikroszkóppal sem láthatók, de a fényt szórják, ezért az átvilágító fénysugár útja meglátszik bennük.

Kolloid oldatok a következő módokon képződhetnek:

- Aprózódás. Szilárd anyag különleges őrlésével, de gondoskodni, kell, hogy az aprított részecskék ne hogy újra összetapadjanak. Az emulzió cseppecskéi is intenzív keveréssel kolloid mérettartományba juttathatók.
- Kondenzáció. Valódi oldat kicsapódása során, ha gondoskodunk arról, hogy a részecskék további összetapadása során ne keletkezzenek a kolloid mérettartománynál nagyobb méretű szemcsék.
- Makromolekulák. Nagyméretű szerves molekulák polimerek, fehérjék önmagukban is kolloid mérettartományba esnek. Ezért oldatuk csak kolloid oldat lehet. Ilyen fehérjetartalmú kolloid oldat a sejtplazma, a tojásfehérje, vagy az enyv is. Egyébként a kolloid szó is az enyv görög nevéből (kolloid = enyvszerű) származik.

– Micellák. Detergensmolekulák szabályos halmaza. A detergensmolekulák jellemzően egy hosszú apoláros és egy rövid poláros „fejből” álló molekulák. Híg oldatuk valódi oldat. Nagyobb koncentrációban a detergensmolekulák egy része kolloid mérettartományba eső micellákba rendeződik a 4.1 ábra szerint.



4.1 ábra Micella

A rendeződés oka, hogy a poláris részek a vízzel kölcsönhatásba lépnek, míg az apoláros részek a vizet taszítva egymással létesítenek gyengébb másodlagos kötéssel jellemezhető kapcsolatba. Micellákat alkotó detergensmolekulák a mosószerekben és a sejtekben találhatóak. A detergens molekulák poláros fejét gyakran alkotják savas természetű csoportok. Ezeket a  $\text{Ca}^{++}$  és  $\text{Mg}^{++}$  ionok kettésével poláros fejnél összekapcsolják, így a detergens szerkezetét megváltoztatják. Ezen alapszik a kemény víz mosóhatást csökkentő hatása.

A kolloid állapot megszűnhet az a részecskék olyan összetapadásával, melynek eredményeképpen a részecskék mérete meghaladja a kolloid mérettartományra jellemző felső határt (500 nm). Ezt akadályozhatják meg a védőkolloidok, melyek általában szerves makromolekulák, vagy detergensok. Ha a kolloid részecskéknek azonos a töltése, az akadályozza az összetapadásukat. A töltést általában a kolloid felületén levő savas, vagy bázikus jellegű csoportok disszociációjából származik. A disszociációt a pH változtatásával visszazsoríthatjuk, ezáltal a felületi töltés és vele együtt a védőhatás megszűnik, a kolloid kicsapódik. A kicsapódás olyan is lehet, hogy a nagy felületű struktúra megmarad kolloidméretű folyadékzárványok kialakulásával. Ezeket nevezzük géleknek. Ilyen esetekben a kolloid oldat általában hígítással, pH változtatással általában visszaállítható.

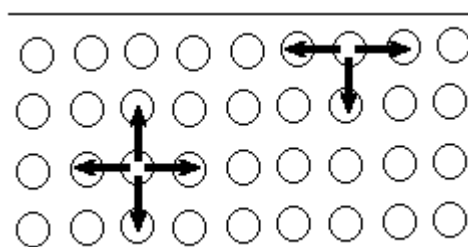
A gélek mielőtt kolloid oldat állapotba jutnak megduzzadnak. Ez a talajkolloidok esetében nem előnyös tulajdonság. A  $\text{Ca}^{++}$ -ionokkal kicsapott talajkolloidok általában csak kevésbé duzzadóképesek. Szikes talajokban a  $\text{Na}^{+}$ -ionok a talajkolloidokról ledisszociálva negatív töltésűvé teszik azokat, miáltal a talaj nedvesítés hatására erőteljesen megduzzad, ami kedvezőtlen.

## Felületi jelenségek

### Felületi feszültség

A folyadék belsejében levő molekulákra a tér minden irányából egyaránt vonzást gyakorolnak a környező molekulák. A határfelületén levő molekulákra csak a folyadék belseje irányában és oldalirányban hatnak erők a határfelületen kívülről nem. Ez eredőjében a folyadék belsejébe irányuló erőt jelent a határfelületen levő molekulák számára (4.2 ábra). Ez az erő, a felületi feszültség, amely a lehető legkisebbre igyekszik

csökkenteni a folyadék felületét, ami ha más erő nem hat a gömb alakot vesz fel. Ezért közelítőleg gömb alakú a vízcsepp, amelyet esés közben a légellenállás torzít csepp alakúvá, illetve a gravitációs erő lapít meg ha felületen látjuk megtapadva. A molekulák közti erős kölcsönhatás miatt a víz felületi feszültsége az egyik legnagyobb.



4.2 ábra Felületi feszültség

Nagyon kicsi gömb esetén a felület nagyobb görbülete miatt a kevesebb környező molekula kisebb erőt gyakorol a határfelületen levő molekulára, így az könnyebben eltávozik a légtérbe. Ezért párolognak gyorsabban a kisebb méretű cseppek és növekednek a nagyobb méretűek az esőfelhőben.

Forrás vagy oldott gáz eltávozásakor új felület keletkezik a folyadékon belül. Az új felület létrehozása jelentős erő, a felületi feszültség ellenében történik. Ezért indul meg hirtelen a forrás, heves nagy buborékokkal. Az egyenletes forrás érdekében laboratóriumban nagy felületű anyagot, horzsakövet tesznek a forraló lombikba a forrás elősegítésére.

A felületi feszültség csökkenthető, ha olyan molekulákat juttatunk a folyadék felületére, amelyek molekulái között kisebb a vonzóerő. Ezek a korábban megismert detergensok, melyek elsősorban a felületen igyekeznek elhelyezkedni, mivel hidrofób részüket kiszorítják elsősorban a felületre, majd ha több van a micellákba a vízmolekulák. Az így lecsökkentett felületi feszültség nem akadályozza meg, hogy a folyadék felület más erők például a belső légnyomás hatására jelentősen, deformálódjon, buborék illetve hab alakulhasson ki.

Emulzióban folyadék-folyadék határfelületen is kialakul a felületi feszültség. Hiszen ha az egyes folyadékfázison belüli vonzóerők kisebbek volnának mint a két folyadék molekulái között vonzóerők, a két folyadék elegyedne egymással, így nem alakulna ki köztük határfelület. A megosztott fázisú folyadék különböző méretű cseppei között hasonló átrendeződés folyik mint a gáztérben levő különböző méretű cseppek között, ami az emulzió fokozatos megszűnéséhez vezet.

Az emulzió stabilizálásában szintén a felületaktív detergensok nyújtanak segítséget a köztük levő határfelületen elhelyezkedve poláros felükkel a vizes fázisba, apoláros felükkel az apoláros fázisba fordulva. A felületi feszültség csökkentésével lehetővé teszik, hogy ne csökkenjen a lehető legkisebb méretűre a két folyadék kölcsönös határfelülete, ami a teljes szételegyedésnek felel meg.

Az apoláros folyadékok gyakran zsiradékok, olajok. Ezek megtapadva szilárd felületeken, így a textíliákon okozzák általában azok szennyezését, vagy rögzítik a szennyezést. Ezek eltávolítását, - emulzióba vitelét – végzik a felületaktív detergens molekulák, melyek a mosószerek hatóanyagai. De ugyanígy segítik a zsiradékok emésztését a szintén detergens epesavak is.

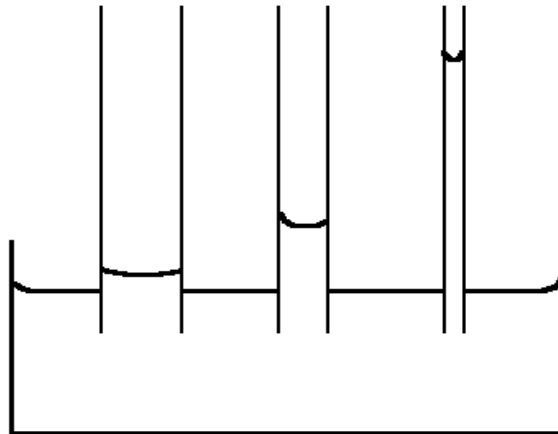
A sejtekben vizes oldatok közti határfelületet is alkotnak a detergens molekulák kettős rétegei apoláros felükkel egymás felé fordulva. Ezek vízáteresztő képességét befolyásolja az, hogy poláros végükön levő savas csoportokhoz nehezebben disszociál a kalcium, vagy könnyebben disszociáló káliumionok kapcsolódnak. Ez utóbbi esetben a disszociáció hatására egymást taszító negatív töltések alakulnak ki, amelyek a hártját könnyebben áthatolhatóvá teszik.

### **Kapilláris folyadékemelés**

Szilárd és folyadékfázis határfelületén vonzó vagy taszító erő léphet fel a két fázis anyagi minőségétől függően. Makroszkopikus szilárd felület esetében ez megmutatkozik a folyadék-gáz határfelület görbülésében a szilárd felület közelében.

A felületet nedvesítő folyadék a felületet nedvesítve a gravitáció ellenében a felületen feljebb kúszik mint a szabad folyadékfelület. Ez a felületi feszültség miatt a szilárd felülettel közvetlenül nem érintkező folyadékmolekulákra is hatást gyakorol. Így alakul ki a görbült felület. Nem nedvesítő folyadék esetén fordított a hatás. Ha a szilárd felületek közel helyezkednek el egymáshoz – például vékony cső (kapilláris) esetében - a görbült részek összeérnek a csőben magasabb vagy alacsonyabb folyadék oszlop alakul ki (4.3 ábra).

Minél vékonyabb a cső a felületet nedvesítő folyadékoszlop, annál magasabba kúszik. Ez a hatás a talaj pórusrendszerében is érvényesül. A talaj, jellemzően szilikátokból illetve poláros csoportokat is tartalmazó szerves molekulákból áll, melyek felületét a víz nedvesíti.



4.3 ábra Kapilláris vízemelés

### Adszorpció

A talaj szemcséi, különösen az agyag és a humusz rész igen nagy felülettel rendelkezik. Ez a nagy felület jelentős mennyiségű oldott anyagot képes megkötni, más néven adszorbeálni. Az adszorpció egyensúlyra vezető folyamat. Az egyensúlyi oldat koncentráció függvényében az adszorbeált anyag mennyisége telítési görbe mentén változik (4.4 ábra).



4.4 ábra Telítési görbe

A görbe nagy oldatkonzentrációk esetén az x-tengellyel párhuzamossá válik, mivel ekkor az oldatmolekulák az aktív felület egészét beporítják további megkötődésre nincs lehetőség. A görbe kezdeti szakaszán a görbe meredeken emelkedik, ami azt jelzi, hogy az oldat koncentráció növekedés hatására az oldott anyag jelentős része megkötődik a felületen. Ezáltal fékezi az oldatkonzentráció növekedését.

Mint ahogyan a sav-bázis puffer az oldat pH változását fékezi az adszorpció az oldatkonzentráció növekedését fékezi, pufferelem. Ez a pufferelemő hatás is elősegíti, hogy a talajban viszonylag állandó viszonyok uralkodjanak, ami lehetővé teszi, hogy a talaj az élőlények – növények, mikroszervezetek- számára megfelelő életközeget nyújtson.

A telítési görbe vízszintesbe hajló ága mutatja, hogy ez a hatás kimeríthető, ami a környezet megóvásának szükségességére hívja fel a figyelmet.

### Szerves vegyületek

A szerves vegyületek meghatározó eleme a szén. A szén a periódusos rendszer második sorában középen helyezkedik el. Pozitív iont csak úgy képezhetne, ha négy elektront leadna, míg a negatív ion képződésével négy elektron kellene felvennie. Ezek képződése viszont olyan nagy energiát igényelne, hogy stabil vegyület nem jöhetne létre. Ezért a kötések közös elektronpárok képzésével jönnek létre, vagyis kovalens kötések. Ezek a kötések igen stabilak, mivel a kisméretű szénatomok kötésben résztvevő elektronjaira az atommag erős vonzó hatást gyakorolhat, mert pozitív töltését csak kismértékben árnyékolják a belső elektronpályán levő elektronok a negatív töltéseikkel. A szén különleges tulajdonsága, hogy önmagával kapcsolódva nagyon hosszú láncmolekulákat képezhet. Ezek a láncok melyek rövidebb szakaszokon gyűrűkké is kapcsolódhatnak néhány más atommal, elsősorban hidrogénnel, oxigénnel és nitrogénnel kiegészülve végtelen sok kombinációban kapcsolódhatnak, Így alkotják azoknak a vegyületeknek az óriási tárházát, amely a sokszínű élet alapja.

Az elemi állapotú szén kétféle szerkezetben kristályosodva fordul elő a természetben. Az egyszerűbb szerkezetben minden szénatomhoz négy másik szénatom kapcsolódik szabályos rendben úgy, hogy a kapcsolódó négy szénatom egy tetraéder csúcspontjának megfelelően helyezkedik el a tetraéder középpontjában levő szénatom körül. Ez a szabályosság és az erős kovalens kötések okozzák azt, hogy ez a föld legkeményebb anyaga a **gyémánt**.

A másik szerkezetben, a **grafit**ban a szénatomok szabályos hatszög alakú gyűrűket képeznek, melyek síkok mentén összekapcsolódva helyezkednek el. Egy-egy hatszög minden oldalához újabb hatszögek kapcsolódnak úgy, hogy a kapcsolódó oldalakon, illetve csúcspontokon levő szénatomok közösek. Vagyis minden szénatom három hatszög csúcspontját alkotva három szénatomhoz kötődik. A negyedik elektron, ami nem vesz részt a szénatomok közti első kovalens kötés kialakításában síkok alatt és felett helyezkedik el mozgékony elektronfelhő formájában. Ez a fémhez hasonló tulajdonságokat kölcsönöz a grafitnak, vagyis vezeti az áramot, és egyenletesen nyeli el az elektromágneses hullámokat, ezért fekete. A rétegek lazábban kapcsolódnak egymáshoz, könnyen elcsúszhatnak, ezért lehet írni a grafittal.

A természetben található többi szénfajta mikrokristályos grafit és egyéb szerves és szervetlen anyagok elegye.

### • A szénhidrogének

A szénhidrogének szénből és hidrogénből áll vegyületek. A szénatomok egymáshoz kapcsolódva láncokat alkotnak. Ezek a láncok lehetnek nyíltak, de gyűrűkbe is záródhatnak. A telített vegyületekben a szénatomok egyszeres kötéssel kapcsolódnak egymáshoz.

A **nyílt szénláncú telített szénhidrogének** általános képlete:  $C_nH_{2n+2}$ . A sorozat első négy tagjának neve: metán ( $CH_4$ ), etán ( $CH_3-CH_3$ ), propán ( $CH_3-CH_2-CH_3$ ), bután ( $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ ). A többi tag nevét a görög számnév tövéből –án végződéssel képezzük (pl.: pentán, hexán). A sorozat szomszédos tagjai egy  $-CH_2-$  (metilén) csoportban térnek el egymástól.

Típusosan apoláros vegyületek. Alacsony olvadás- és forráspontúak: légköri nyomáson és  $25\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten az első négy gáz, a földgázban fordul elő, a többi folyékony illetve szilárd, a kőolajban fordul elő.

A nyersolajat hevített csóki gyón átvezetve folyamatosan gőzzé alakítják és ebből egymás utáni lecsapással, frakcionált kondenzációval a következő frakciókat állítják elő:  $50\text{ }^\circ\text{C}$  alatt a főleg pentánból álló petrolétert,  $50$  és  $150\text{ }^\circ\text{C}$  között a benzint,  $150$  és  $200\text{ }^\circ\text{C}$  között a gázolajat és  $350\text{ }^\circ\text{C}$  felett a kenőolajat. A desztillálási termék a pakura.

**Telítetlen szénhidrogénekben** a szénatomok kettős vagy hármas kötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Az etánból levezethető kettős kötéssel tartalmazó szénhidrogén az etén (etilén) ( $CH_2=CH_2$ ), hármas kötéssel tartalmazó szénhidrogén pedig etin (acetilén) ( $CH\equiv CH$ )

A folyékony etin (acetilén) rendkívül instabil és robbanékony. A gáz is felrobbanhat, ha nyomás alatt tárolják, de biztonságosan kezelhető, ha kovafölddel átitatott acetonban oldják (ejtsd disszugáz, francia dissous=oldott). Heggesztéshez használják, de fontos alapanyaga egyes műanyagoknak is.

A telítetlen vegyületek jellemző reakciója az addíció. Az etén klóraddícióval olajszerű terméket ( $C_2H_4Cl_2$ ) ad, innen származik az alkének neve: olefinek (olajképzők).

Konjugált kettőskötésű vegyületeknek nevezzük azokat a vegyületeket, amelyek szerkezete formálisan egyes és kettős kötések váltakozásaként írható fel. Ilyen vegyület a butadién ( $CH_2=CH-CH=CH_2$ ). A butadién molekulában lévő formális kettőskötés-hosszak kissé hosszabbak, mint az eténben található  $C=C$  kötés, az egyes kötés pedig lényegesen rövidebb, mint az etán  $C-C$  kötés. Hasonló vegyület az izoprén ( $CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$ , 2-metil-1,3-butadién). Származékai a természetben széleskörűen előfordulnak (pl.: vitaminok, színezékek). Színüket az okozza, hogy a többszörösen konjugált kettőskötésekben található elektronok olyan nagy mértékben mozgékonyvá válnak, hogy már bizonyos hullámhosszú látható fény elnyelésére képesek.

A telítetlen vegyületek másik jellemző reakciója az addíción kívül a polimerizáció. A műanyagok mesterségesen előállított makromolekulákból álló kolloidok, szálak, fóliák, tárgyak. A lineáris molekulák általában hőre lágyulók, oldhatók, a térhálós szerkezetűek hőre keményedők, oldhatatlanok.

A gumi alapanyaga természetes. Több növény termeli az izoprén polimerjét (ilyen anyag például a kaucsuk). Vulkanizálás során a kaucsuk láncait ritkábban kénhidakkal összekötve készül a gumi. A sűrűbb összekötések eredménye az ebonit.

Példák további polimerizációs műanyagokra: poli-etén (polietilén), poli-(butadién) (műgumi), poli-(klór-etén) (PVC), poli-(tetrafluor-etén) (Teflon-6).

A halogéntartalmú szénvegyületek közül a kis molekulatömegűek gázok. Jó a zsíroló képességük. A széntetrakloridot ( $\text{CCl}_4$ ) tűzoltásra is használják. Például a diklór-difluor-metán = Freon 12 forráspontja  $-30\text{ }^\circ\text{C}$ , hűtőszekrényekben használták, valamint nyomógázként spraykben. A közepes molekulatömegű halogénezett szénvegyületek vízzel nem elegyedő, nagy sűrűségű folyadékok. A halogéntartalmú szénhidrogének nehezen bomlanak le a természetben, ezért különösen veszélyesek a környezetre. A magas-légkörbe jutva károsítja az ultraibolya sugarakat elnyelő védő ózonréteget. Ezért a freon használatát a legtöbb országban már betiltották.

- **Aromás szénhidrogének**

Az aromás vegyületek delokalizált pi-elektronokat tartalmazó gyűrűs rendszerek. Például a benzol,  $\text{C}_6\text{H}_6$  szigma-vázát hatszöggel jelöljük, pi-elektronrendszerét beírt körrel.

Az aromás csoport általános jele: Ar-.

Az aromás szénhidrogének apoláros anyagok. A benzol forráspontja  $80\text{ }^\circ\text{C}$ .

Az aromás vegyületek oldalláncai megőrzik eredeti tulajdonságukat. Pl. az etilén-benzol (sztirol) polimerizálható műanyaggá. A polisztirol mesterséges alapú műanyag, mert a sztirol polikondenzációjával keletkezik.

- **Az alkoholok**

Az alkoholok az szénhidrogénekből vezethetők le, úgy, hogy a szénlánc egy vagy több szénatomjához a hidrogén helyett  $-\text{OH}$  csoportot kapcsolunk. Nevüket a megfelelő szénhidrogén nevéből  $-\text{ol}$  végződésel képezzük. Egyetlen kivétel: a megfelelő benzolszármazékot fenolnak nevezzük. A gyakorlat használja a metil-alkohol = faszesz, etil-alkohol stb. neveket is.

Egy vegyület értékűsége a molekulában lévő  $-\text{OH}$  csoportok számát jelenti. Egy szénatomhoz általában nem kapcsolódik két  $-\text{OH}$  csop. Pl:

$\text{CH}_3\text{OH}$  metanol egyértékű alkohol

$\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$  1,2,3-propántriol (glicerin) háromértékű

Az alkoholok forráspontja kb.  $100\text{ }^\circ\text{C}$ -kal magasabb a megfelelő molekulatömegű szénhidrogénnél a hidrogénkötések miatt. A hidrogénkötések miatta a maximum 5 szénatomot tartalmazó alkoholok melededés és térfogatcsökkenés közben elegyednek vízzel és vízelvonó (fertőtlenítő) hatásúak.

Kémiai tulajdonságok. Az alkoholok a vízhez hasonlóan, sem savas, sem bázisos tulajdonságokat nem mutatnak.

Fontosabb képviselőik:

**Metanol** más néven metilalkohol, vagy faszesz ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Gyökcsoportos képlete:  $\text{CH}_3-\text{OH}$ , forráspontja  $65\text{ }^\circ\text{C}$ . Vízgázból szintetizálják:  $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$ . A fa száraz lepárlásakor is képződik. A pálinkafőzés előpárlata, az ún. rézeleje is metilalkohol tartalmú.

A metanolt nagy mennyiségben használják oldószerként és vegyipari alapanyagként. Veszélyes mérge, vakságot, halált okoz. Összetéveszthető a kevésbé mérgező etilalkohollal.

**Etanol** más néven etil-alkohol, vagy egyszerűen csak alkohol, szesz ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ). Gyökcsoportos képlete:  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ , forráspontja  $78\text{ }^\circ\text{C}$ .

Hagyományosan cukor erjesztésével állítják elő:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$

Szintetikus etén (etilén) vízaddíciójával gyártható.

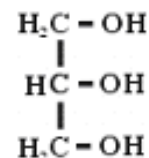
Legtöbb országban legális kábítószer. A szintetikus úton előállított alkohol emberi fogyasztása nem engedélyezett, az esetleges szennyezők miatt. A metanolt nagy mennyiségben használják oldószerként és vegyipari alapanyagként. Egyes országokban üzemanyagként is használják.

**Etilénglikol** vagy röviden glikol kétértékű alkohol. Képlete:  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{--CH}_2(\text{OH})$

Autóhűtőkben használják fagyálló folyadékként. Igen erősen mérgező, de mivel néhány tulajdonsága hasonlít a glicerinéhez, előfordult már, hogy lelkiismeretlen emberek borhamisításnál felhasználták adalékanyagként.

**Glicerín**  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{--CH}(\text{OH})\text{--CH}_2(\text{OH})$  Háromértékű alkohol,

Nem mérgező édeskés ízű. A természetben igen elterjedt vegyület. Leggyakrabban a zsiradékok alkohol komponenseként fordul elő. Felhasználják az élelmiszer és a kozmetikai iparban.



A **fenolokban** a hidroxil csoport aromás gyűrűhöz kapcsolódik, ezért viselkedésük eltér az alkoholokétól. A fenolok kristályosak (a hidroxil csoportok közötti hidrogén-kötések és az aromás gyűrűk közötti diszperziós erők miatt), gyenge savak és mérgezőek.

Az **éterek** alkoholszármazékok. Két alkoholból keletkeznek vízkilépéssel. Jellemzője **C-O-C** kötés. Apoláros vegyületek, forráspontjuk hasonló az azonos moláris tömegű szénhidrogénével.

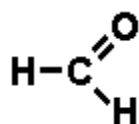
#### • Oxovegyületek: aldehidek és ketonok

Az alkoholos **–OH** csoport oxidációja **C=O** tartalmú csoportokat ad. A szénatomhoz kettős kötéssel kapcsolódó oxigént oxocsoportnak nevezzük. Az **oxocsoport** poláris, a molekulák között erős dipólus-dipólus kölcsönhatás van.

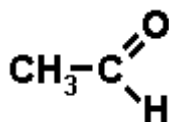
Az **aldehidekben** az oxo csoport láncvégi szénatomhoz kötődik. Az aldehidek szisztematikus elnevezése –al végződéssel történik a következő három trivális név kivételével: **HCHO** formaldehid, **H<sub>3</sub>CCHO** acetaldehid, **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CHO** benzaldehid.

A formaldehid szúrós szagú gáz. A kereskedelmi formalin ennek 40 %-os vizes oldata. A formaldehid polikondenzációs műanyagot képez például a fenollal (fenoplaszt, betűjelzés nélküli bakelit műanyagok).

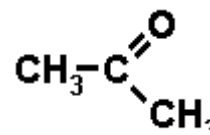
A **ketonokban** az oxo csoport láncon belüli szénatomhoz kapcsolódik vagyis ez a karbonil csoport két szénatommal kapcsolódik. A ketonok elnevezése –on végződéssel történik. Ketonok keletkeznek szekunder alkoholok oxidációjával 2-propanon (aceton **CH<sub>3</sub>–CO–CH<sub>3</sub>**) jó oldószere apoláros és poláros anyagoknak.



formaldehid



acetaldehid



aceton

#### • Szénhidrátok

A szénhidrátok a többértékű alkoholok aldehyd vagy ketoszámazékai, tehát polihidroxi-aldehydek, (aldózok), polihidroxi-ketonok (ketózok), ezek gyűrűs, kondenzációs és nitrogéntartalmú számazékai. A szénhidrátok legtöbbjének általános képlete **C<sub>x</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>y</sub>**, vagyis formailag olyan mintha szénből és vízből állnának. Nevüket is a szén hidrátjaiként felfogva kapták. Bizonyos esetben tényleg úgy viselkednek, mintha szénből és vízből állnának. Tömény kénsav képes vizet elvonni belőlük, és így elszesenednek.

A szénhidrátok osztályozása:

- Monoszacharidok. Leggyakoribb képviselőik öt szénatomot tartalmaznak azaz pentózok vagy hat szénatomot tartalmaznak azaz hexózok.
- Diszacharidok, két molekula monoszacharid összekapcsolódásával képződnek.
- Poliszacharidok több mint három molekula monoszacharid összekapcsolódásával képződnek.

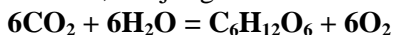
Általánosságban a szénhidrátok két főcsoportba oszthatók: az édes és kristályos vegyületek (mono- és diszacharidok) a cukrok, az ízetlen és nem-kristályosodó szénhidrátok (poliszacharidok) a keményítő, cellulóz stb.

### Monoszacharidok

**Pentózek** Ide tartozik a ribóz,  $C_5H_{10}O_5$ , és redukált változata a dezoxi-ribóz. A nukleinsavak alapláncát alkotják foszforsav molekulákkal összekapcsolódva. A **dezoxi-ribóz** a **DNS**, a **ribóz** az **RNS** alkotórésze.

**Hexózek** Összegképletük:  $C_6H_{12}O_6$

**D-Glükóz** (görög glükosz = édes) (szőlőcukor) a fotoszintézis terméke, a sejtlégzés kiindulási anyaga.



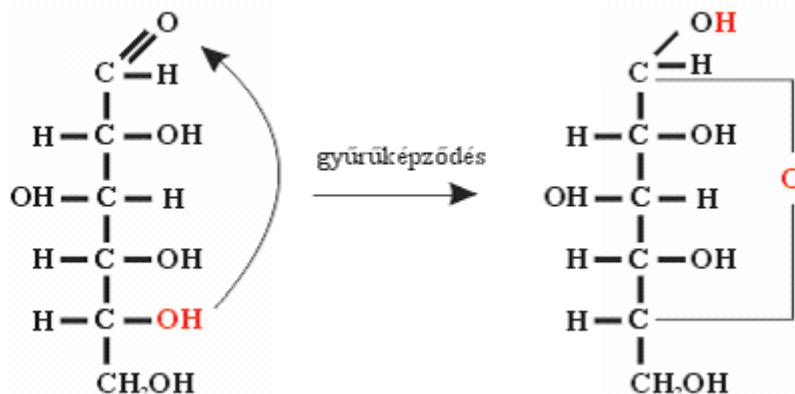
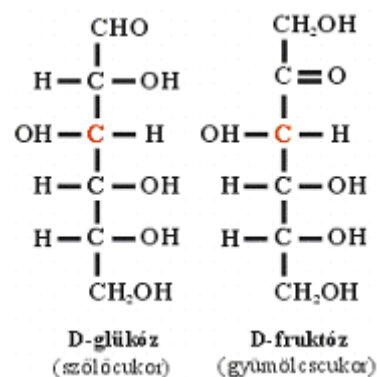
A szőlőcukor **aldóz**, mert nyíltláncú alakjában aldehyd-csoport található. Keményítő hidrolízisével:  $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_6H_{12}O_6$

állítják elő hígított savak jelenlétében.

Az alkoholos erjedés etanollá és szén-dioxidá alakítja:



**D-Fruktóz** (latin fructus = gyümölcs, gyümölcscukor, levulóz) édesebb a glükóznál. A gyümölcscukor **ketóz**, mert nyíltláncú alakjában keton-csoport található.



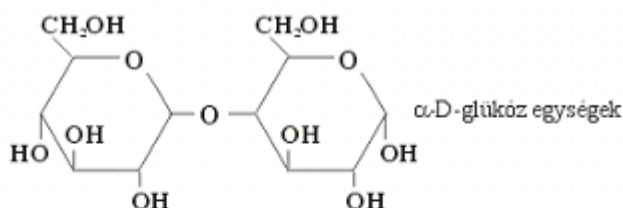
A pentózek és a hexózek molekulán belüli a kötésátrendeződéssel gyűrűs formává alakulnak. A gyűrűs forma lehet **α** vagy **β** konfigurációjú.

Kettő vagy több monoszacharid molekulából vízkilépéssel diszacharid illetve poliszacharid jöhet létre.

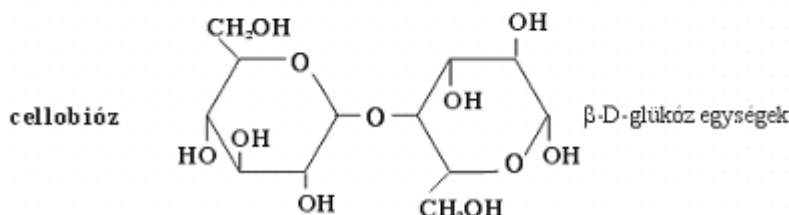
### Diszacharidok $C_{12}H_{22}O_{11}$

**Szacharóz** (répacukor, nádcukor, kristálycukor), Glükóz és fruktóz összekapcsolódásával jön létre. Vízben igen jól oldódik. Magas hőmérsékletre hevítve olvadáspontján oxidálódik, és barna, illatos karamellt képez.

**Maltóz** megtalálható a malátában, ami csíráztatott árpa. Két **α** konfigurációjú glükóz összekapcsolódásával jön létre.



**Cellobióz** a cellulóz részleges hidrolízisekor (bomlásakor) keletkezik. Két **β** konfigurációjú glükóz összekapcsolódásával jön létre.



## Poliszacharidok

A poliszacharidok sok monmoszacharidegységből vizkilépéssel felépülő szénhidrátok( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>. A leggyakoribb poliszacharidok a keményítő, a glikogén (állati keményítő) és a cellulóz egyaránt glükóz egységekből épülnek fel. Összehasonlításukat a következő táblázat tartalmazza:

Jellemző	Glikogén	Keményítő	Cellulóz
1. Egységek	glükóz	glükóz	glükóz
2. Glikozidos kötés	$\alpha$ (1,4) $\alpha$ (1,6)	$\alpha$ (1,4) $\alpha$ (1,6)	$\beta$ (1,4)
3. Elágazás	9%	0-4 %	nincs
4. Molekulatömeg	$10^6$	$10^3 - 10^6$	$10^5 - 10^6$

A keményítőben és a glikogénben az  $\alpha$  (1,4) kötés (olyan, mint a maltózban) csavarmenetszerű hélix-konformációs alakot ki, az  $\alpha$  (1,6) elágazások hártájakat (ez az amilopektin). A kétféle forma együtt szemcsés szerkezetet ad.

A cellulózban  $\beta$  (1,4) kötés (olyan, mint a cellobiózban) egyenes láncot ad. Ezek a láncok másodlagos kötésekkel erősen kötődnek egymáshoz ezért lehet a cellulóz a növényi sejtek szilárdító anyaga.

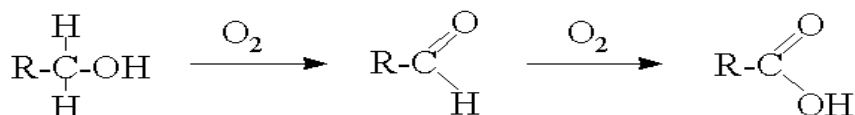
A cellulóz a legnagyobb mennyiségű szerves vegyület a Földön.

### • Karbonsavak

A szerves savakat a molekuláris váz helyettesített származékaként nevezzük el, beleértve a karbon, szulfon stb. savakat és ezek tio stb. származékait. A funkciós csoportok annál nagyobb hatással vannak egymás tulajdonságaira, minél közelebb vannak egymáshoz.

A karbonsavak karboxilcsoportot tartalmaznak. A karboxilcsoport összetett csoport, azonos szénatomhoz kapcsolódó oxo- és hidroxilcsoportot tartalmaz. (A karboxil név a karbonil és a hidroxil összevonásából származik.)

Karbonsavak keletkeznek az alkoholok kétlépcsős oxidációjával. Az oxidáció hatására az első lépésben az alkoholból aldehid, majd további oxidáció hatására az aldehidből karbonsav keletkezik.



Az **R**-el jelölt csoport például a hangyasav esetében **H**-, ecetsavnál **CH<sub>3</sub>**-, a benzoesavnál: **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>**-

Megtartott trivális nevek: hangyasav: **HCOOH**, ecetsav: **CH<sub>3</sub>COOH**, benzoesav: **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH**. A ciklusos mono és dikarbonsavakat úgy nevezzük el szisztematikusan, hogy a karboxilcsoport szénét is magában foglaló szénhidrogén neve után a – sav végződést tesszük. A ciklusos polikarbonsavakat, gyűrűs és heterociklusos karbonsavakat szisztematikusan úgy nevezzük el, hogy a karboxilcsoport szénét nem tartalmazó vegyület nevéhez a – karbonsav végződést tesszük.

A karboxilcsoport **O–H** kötése polárosabb, mint az alkoholoké, mert a karboxilcsoport két elektronvonzó oxigénatomot tartalmaz. Ennek egyik következményeként a karbonsavak molekulái között erősebb hidrogénkötés alakul ki, mint az alkoholmolekulák között.

Ha a vegyület egy **COOH** csoportot tartalmaz, akkor monokarbonsavnak nevezzük.

A monokarbonsavak kis szénatomszámú tagjai kilences szénatomszámig erős szagú folyadékok, a magasabb szénatomszámúak viaszszerűek.

Telített aciklusos monokarbonsavak: **H-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-COOH**.

**n = 0**: hangyasav kén-dioxidra emlékeztető szagú folyadék, erős sav (**HCOOH**). Tömény kénsavval hevítve szén-monoxidra és vízre bomlik: **HCOOH = CO + HOH**. Nátrium sója, a nátrium-formiát előállítható NaOH-ból és szén-monoxidból.



Az acilcsoport az oxisav hidroxilcsoportjának elvételével visszamaradó molekularészlet. A monokarbonsavakból származtatható csoportokat általában, mint (1-oxoalkil) vagy (arilkarbonil) származékokat nevezik el. Kivételek a formil (**HCO-**), acetil (**CH<sub>3</sub>CO-**) és a benzoil (**C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CO-**) csoportok.

A karbonsavak sói ionosak. Nátrium és káliumsóik lúgosak.

**n = 1: ecetsav** szúrós szagú folyadék, vízzel elegyíthető (**CH<sub>3</sub>-COOH**). Jéghez hasonló kristályokká dermed fagyáspontján (16 C°) (jégecet).

Előállítását etanol erjesztésével vagy acetaldehid katalitikus oxidációjával történik. Az ecetsavat a vegyiparban oldószernek használják. Hígított oldata ízesítő és konzerválószer. Élelmezési célból csak erjesztéssel előállított alkoholból további erjesztéssel lehet előállítani.

**n = 2: propánsav (propionsav CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH)** és sói penészedés ellen használatosak kenyér, sajt, nagy víztartalmú kukorica tartósítására.

**n = 15: hexadékansav (palmitinsav)** és **n = 17: oktadékansav (sztearinsav, görög sztear – faggyú)** az állati zsírok alkotórészei. Oldhatatlanok vízben.

### **Telítetlen aciklusos monokarbonsavak**

**C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>COOH** cisz-9-oktadecénsav (olajsav) folyadék, hidrogénnel a telített sztearinsavvá alakítható.

A **szappanok** a nagy szénatomszámú monokarbonsavak (pl.: palmitinsav, sztearinsav) nátrium és káliumsói.

A szappanok (és más vegyületek nagy apoláros csoporttal és ionos láncvégződésével) **detergens**. Apoláris csoportjaik összetapadása révén vízben könnyen képeznek kolloid rendszert egymással, vagy apoláris szennyezéssel (asszociációs kolloid oldatok) vagy vízzel (hab, felületaktív anyag).

**Dikarbonsavak HOOC-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-COOH** szilárd anyagok. **n = 0: etándisav (oxálsav)** erős sav, erősen mérgező-

*Egyéb karbonsavak:*

2-hidroxi-propánsav (**tejsav CH<sub>3</sub>-CH(OH)-COOH**) van a savanyú tejben, kovászos uborkában, a silótakarmányban, az izomban.

2,3-dihidroxi-butándisav (**borkósav HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH**). Savanyú káliumsója a borkő: kálium hidrogén-tartarát formájában található a szőlőben.

2-hidroxi-1,2,3 propántrikarbonsav (**citromsav**) van a citromban, bogyós gyümölcsökben. Szörpök készítésére használják.

2-hidroxi-benzoésav (**szalicilsav**) és a **nátrium benzoát** élelmiszer tartósítószer.

### • **Észterek**

Az észterek a savak funkcionális származékai, amelyekben a **sav OH** csoportját **OR** csoport helyettesíti. Az észtereket savszármazékként nevezzük el. Az észtermolekulák között dipólus-dipólus vonzás érvényesül. Az észterek forráspontja általában alacsonyabb, mint a velük azonos molekulatömegű alkánoké, mert az észtermolekulák között nem alakul ki hidrogénkötés. A lipidek a sejtek azon alkotórészei, amelyek apoláris oldószerben oldódnak, poláris oldószerben nem oldódnak.

Egy karbonsav és egy alkohol megfelelő egyensúlyig észterre és vízre alakul, az észter pedig karbonsav és alkohol képződése közben hidrolizál. Az észterképződés megfordítható reakció: vízelvonás az észterképződést segíti elő, víz hozzáadása az észter elbontását.

A gyümölcsészterek kis szénatomszámú karbonsavak és alkoholok észterei. Pl.:

**CH<sub>3</sub>COOC<sub>5</sub>H<sub>11</sub>** i-pentil-acetát lak oldószerként használják, valamint banán és körtearomákban.

A sejtek felépítésében fontos szerepe van az 1,2,3-propántriol (glicerin) észtereinek, a **gliceridek**nek.

A természetes **zsírok** és nem illó **olajok** a nagy szénatomszámú zsírsavaknak (pl.: palmitinsav, sztearinsav, olajsav) 1,2,3-propántriollal (glicerinnel) képzett észterei. Halmazállapotuk szerint a szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú trigliceridek a zsírok, a folyadék halmazállapotúak az olajok.

Utóbbiak telítetlen zsírsavat tartalmaznak (pl.: olajsav). A cisz-telítetlen zsírsavak láncai ugyanis nehezen illeszkednek egymáshoz. A telítetlen zsírsavak, különösen a több kettőskötést tartalmazók, élettanilag kedvezőek. Hidrogénezéssel a kettőskötések telíthetők, így az olajok keményíthetők (margarin).

### Az aminok és az amidok

Az **aminok**  $R-NH_2$  típusú vegyületek, vagy ezek N-származékai. Az ammóniához hasonlóan bázisok. Például:  $C_6H_5NH_2$  (anilin) aminobenzol. Az  $R-NH_2$  primer amin, az  $R_1R_2NH$  szekunder amin, az  $R_1R_2R_3N$  típusú vegyület terciér amin. Az **N-H** kötés kevésbé poláros, mint az **O-H** kötés, ezért az aminok forráspontja nem sokkal magasabb a közel azonos molekulatömegű szénhidrogénekénél. Mivel a nitrogénatom jó akceptora az **O-H** csoport hidrogénjének, az aminok jobban oldódnak vízben, mint az alkoholok.

Az **amidokra** jellemző amidcsoport nagyon stabilis síkalakú, dipólusos molekuláriszlet. A legmagasabb forráspontú vegyületek, vízben jól oldódnak a kis szénatomszámú tagjaik. Semlegesek, káliummal hidrogénfejlődés közben reagálnak. A poliamidok amidcsoportot tartalmazó kondenzációs műanyagok. Például a poli(imino(1,6-dioxo-1,6-hexándiil)imino-1,6-hexándiil) (nylon 66) hexándisav(adipinsav) és 1,6-diamino-hexán polikondenzációjával készül.

$(H_2N)_2C=O$  **karbamid** (szénsavdiamid) műtrágya

A  $H_2NCOOH$  karbamidsav N-helyettesített szerves származékai fontos növényvédőszer.

### Aminosavak, fehérjék, nukleinsavak

Az **aminosavakban** az amino és karboxilcsoport egyaránt előfordul. Amfoter vegyületek.

$H_2N-CH_2-COOH$  glicin (és a többi aminosav) vizes oldatban és szilárd állapotban un. ikerionra disszociálva fordul elő:  $^+H_3N - CH_2 - COO^-$

Sav hozzáadása visszaszorítja a gyenge sav disszociációját.

Hosszabb szénhidrogén oldallánc apolárossá, hidrofóbbá teszi az aminosavat. Ilyen apoláros aminosav például:  $C_6H_5CH_2CH(NH_2)COOH$  fenil-alanin, (PHE)

A poláris aminosavakban poláris oldallánc, vagy egynél több karboxil vagy aminocsoport található.

A poláris oldallánc lehet alkoholos, tioalkoholos vagy fenolos, pl.:

$HOC_6H_5CH_2CH(NH_2)COOH$  tirozin ((L)- $\alpha$ -amino-4-hidroxibenzol-propánsav)

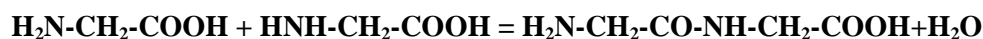
Több karboxilcsoportot, ill. több protonálható csoportot tartalmaz pl.:

$HOOCCH_2CH(NH_2)COOH$  glutaminsav, GLU (L)-2-aminopentándisav)

$H_2N(CH_2)_4CH(NH_2)COOH$  lizin, LYS ((L)-2,6-diamino-hexánsav)

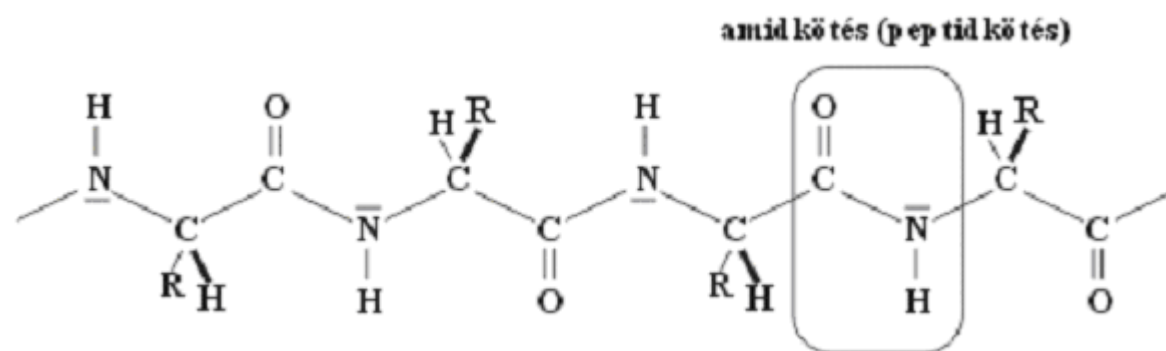
Kettő vagy több aminosavból vízkilépéssel **peptid** keletkezik.

Jellemző kötés a peptidkötés (amidkötés) **-CO-NH-**. Két glicin összekapcsolódása dipeptiddé:



Két aminosavból keletkeznek a dipeptidek, háromból a tripeptidek, négyből a tetrapeptidek, 5-100 aminosavból a polipeptidek, több aminosavból a **fehérjék**. Amfoter szilárd anyagok.

Polipeptid részlet:



A fehérjék csoportosítása biológiai aktivitásuk alapján.

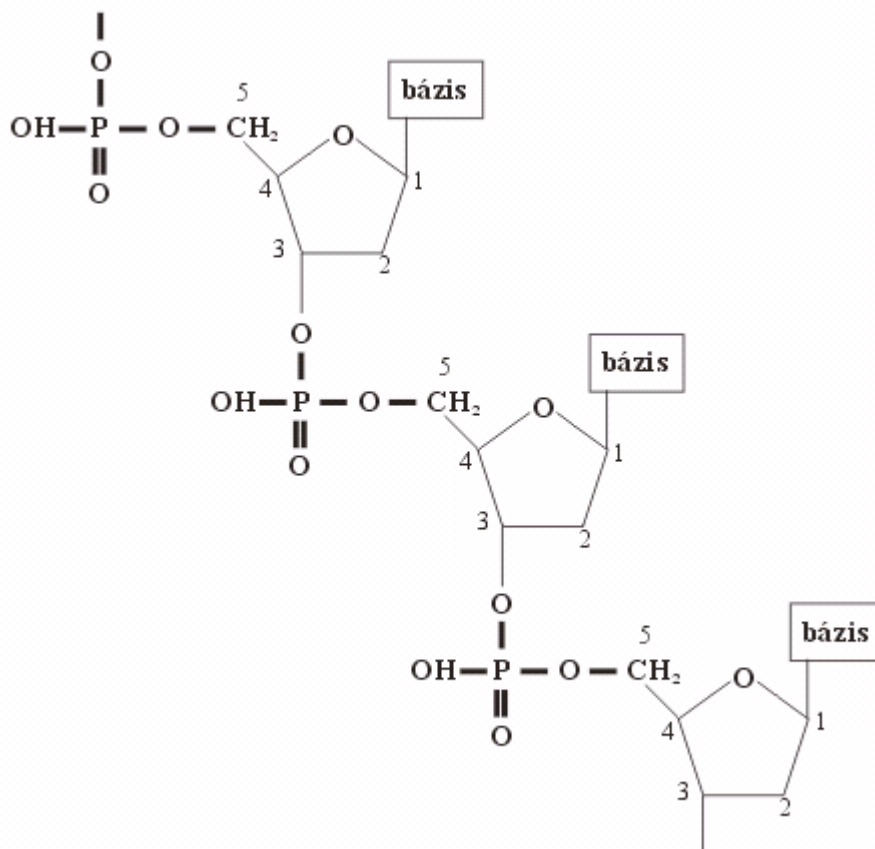
Enzimek:	biokatalizátorok,
Védőfehérjék:	a szervezet védelme a kívülről bekerülő makromolekulák, mérgek ellen,
Transzportfehérjék:	kisebb molekulák megkötése és szállítása,
Hormonok:	az életfolyamatok szabályozása,
Toxinok:	növényi, állati illetve mikrobiális eredetű mérgek,
Szerkezeti fehérjék:	a sejtfal, a szövetek felépítése,
Kontraktilis fehérjék:	izomösszehúzódás, vagy mikrobák mozgásának elősegítése,
Tartalék fehérjék:	szintetikus vagy energiatermelő folyamatok nyersanyagai.

A fehérjék térbeli szerkezetének megváltozása funkciójuk elvesztésével járhat. A fehérjék óriásmolekulák, ha vízben feloldódnak, kolloid oldatot adnak. 50-60 C° felett a kolloidok kicsapódnak, a fehérjék térbeli szerkezete megváltozik.

A **nukleozidok, nukleotidok**, nukleinsavak felépítő vegyületei:

A nukleotidok víz kilépéssel polinukleotidokat vagy nukleinsavakat (RNS DNS) képeznek. Az RNS cukorrésze ribóz, a DNS-é dezoxi-ribóz. Az RNS-ben és DNS-ben közös bázisok az adenin, guanin és citozin, ezek mellett az RNS-ben uracil, a DNS-ben timin található.

A nukleinsavakban a bázisok cukorfoszfat polimer lánchoz kapcsolódnak. Ezek a láncok a DNS-ben a bázisok által összekapcsolt kettős spirál alakban helyezkednek el, úgy, hogy egymással szemben komplementer bázispárok találhatóak.



## 5. Növényvédőszer

A peszticidek az embert és értékeit károsító állati- és növényi szervezetek elleni védekezésre használt anyagok. Felhasználási területük szerint megkülönböztetünk: közegészségügyi, állategészségügyi, háztartási és növényvédelmi peszticideket. A növényvédelmi peszticidek a növényvédőszer.

A növényvédőszer fogalma jogilag a ( 26/1982./XII. 13.) MÉM rendelet alapján a következő: „Növényvédőszer olyan anyagot, vagy anyagok keverékét tartalmazó készítmény, amely a növények, növényi részek, vagy raktározott termények károsítóinak gyérítésére, elpusztítására, csalogatására, riasztására, vagy a növények életfolyamatainak szabályozására – beleértve a növényzet lombtalanítását és szárítását is – alkalmas. Növényvédőszernek minősülnek továbbá a készítmények hatását befolyásoló, a növényvédelmi kezelés során alkalmazott segédanyagok is.”

Csak a Magyarországon engedéllyel rendelkező szereket szabad felhasználni. Az engedélyezett készítmények neveit, rövid felhasználási útmutatóval évente közzéteszik a „Növényvédőszer és termésfokozó anyagok” című kiadványban.

A növényvédőszer a leküzdendő szervezetekre kifejtett biológiai hatásuk alapján lehetnek:

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| – virucid (virusölő),             | A zoocidokon belül még megkülönböztetünk: |
| – baktericid (baktériumölő),      | – akaricid (atkaölő),                     |
| – fungicid (gombaölő),            | – nematocid (fonalféregirtó),             |
| – herbicid (gyomirtó),            | – inszekticid (rovarölő),                 |
| – zoocid (állati kártevőket ölő). | – molluszkicid (puhatestűeket irtó),      |
|                                   | – rodenticid (rágcsálóirtó).              |

Az állati szervezetekre hatnak még a repellensek (riasztószer) és az attraktánsok (csalogatószerek).

A növényvédőszer hatóanyagok biokémiai hatásuk jellege alapján négy csoportra oszthatók:

1. **Disszimilációs folyamatokra ható peszticidek.**
2. **Makromolekulák szintézisét befolyásoló peszticidek**
3. **Növényi életfolyamatokat befolyásoló vegyületek**
4. **Az idegrendszerre ható peszticidek**

A továbbiakban ebben a csoportosításban mutatjuk be a fontosabb növényvédőszer típusokat.

### 5.1. Disszimilációs folyamatokra ható peszticidek.

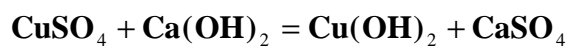
Disszimiláción (légzésen) tág értelemben a különböző szerves anyagok (szénvegyületek) elbomlását értjük. Az élőlények az életműködésükhöz szükséges energiát nyerik a folyamat során.

Azokat a peszticideket, melyek az említett folyamatokra, vagy valamelyikére hatnak, **többhatáshelyű peszticideknek** nevezzük. Ezekkel a vegyületekkel szemben nehezen, vagy egyáltalán nem is alakul ki rezisztencia. Az élőlények minden csoportjára hatnak, mert bennük közel azonos módon megy végbe a szerves vegyületek lebontása. Ezért ezek a szerek nem túlzottan szelektívek. A szelektivitás általában a szervezetbe való bejutás különbözősége alapján valósul meg.

Ezeket a peszticideket kiterjedten a gombák ellen használják. A gombák heterotróf szervezetek. Nem képesek szerves anyagokat szervesekké átalakítani, hanem kész szerves vegyületeket építenek a szervezetükbe. Szervezetük kevésbé differenciált, így nem rendelkeznek többféle működést végző sejtekből álló szövetrendszerekkel. Ezáltal ezek a peszticidek nagyobb mértékben képesek bejutni a gombák szervezetébe, ott felhalmozódva elpusztítják azokat.

A disszimilációs folyamatokban résztvevő enzimek közül többnek is fontos funkció csoportja az SH-csoport. Növényvédőszernek olyan anyagokat használnak amelyek reagálni képesek az SH-csoporttal. Ilyenek a nehézfémek és a kén, valamint az ezeket tartalmazó szerves vegyületek.

**Réztartalmú fungicid** között hagyományos szer a Bordói lé, amit rézgalic (rézszulfát) és mésztej összekeverésével készítik:

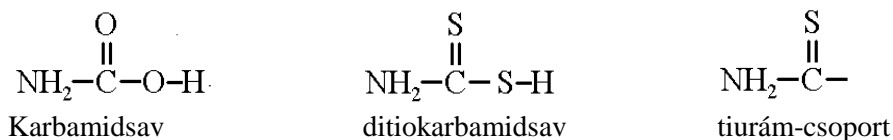


A mész közömbösíti a rézszulfát hidrolízise során keletkező savat, ami a növényre perzselő hatású, és a keletkező rézhidroxid csapadék jobban tapad a levelekre. A rézhidroxid csapadék rossz oldhatósága

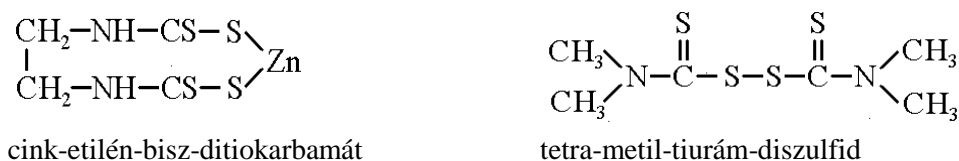
egyenletes, tartós, alacsony rézkoncentrációt eredményez a levelek felületén. A kereskedelemben többféle réztartalmú szer is kapható, amelyek elkészítése a Bordói lénél is egyszerűbb.

A **kén** már évszázadok óta alkalmazott fungicid. Az elemi kénre elsősorban nagy lipidtartalmú gombák (pl. lisztharmat) érzékenyek. A kén a növényzetre káros is lehet, amely „perzselésben” mutatkozik meg. Az elemi kén hidrofób (lipofil) tulajdonságú, ezért feltételezhető, hogy elemi állapotban jut a gombaspórába.

A ditiokarbamátok kémiaiilag a karbamidsav ditióváltozatából származtathatók le. A rézionhoz hasonló hatásspektrummal rendelkeznek. Sóik a karbamátok, ditiokarbamátok, tiurámok.



A ditiokarbamátok, tiurámok széles hatásspektrummal rendelkeznek gombabetegségek ellen, lisztharmat kivételével. Fontos képviselőjük a Cineb (cink-etilén-bisz-ditiokarbamát):



Káros mellékhatásuk a must erjedésének gátlása, mely a várakozási idő betartásával elhárítható. A ditiokarbamátokkal dolgozóknak szigorúan tilos szeszes ital fogyasztaniuk. Ennek oka, hogy a ditiokarbamátok a vérben gátolják az alkohol oxidálódását. A csökkent aldehyd-oxidáz aktivitás miatt a köztes terméként keletkező erősebben mérgező acetaldehyd szint megemelkedik a szervezetükben. Az így felfokozódott mérgező hatás halálhoz vezethet.

## 5.2. Makromolekulák szintézisét befolyásoló peszticidok

Leggyakoribb képviselőik, a nukleinsavak, a fehérjék vagy a zsírszerű anyagok (lipidek) szintézisét gátolják.

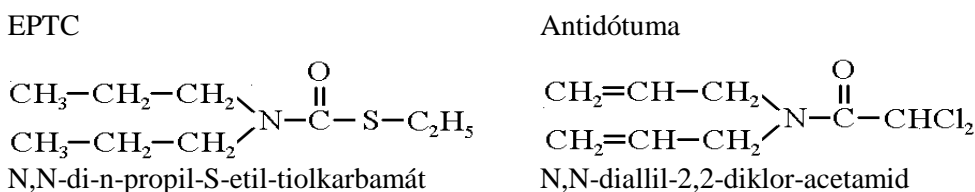
**Fehérje szintézist gátló** a Glifozát foszfonsavészter-származék, mely széles hatásspektrumú herbicid. Nem szelektív, gyorsan transzlokálódik a növényben. Mivel a haszonnövényt is károsíthatja, ezért annak védelmét az alkalmazás módjával lehet elérni.



Mélyen gyökerező, egyszikű gyomok (pl.: tarack) ellen használják. Glifozát tartalmú készítmény a GLIALKA.

**Lipid-szintézist gátló** herbicidek között jelentősek a tiolkarbamátok. A tiolkarbamátok a haszonnövényt is károsíthatják. A haszonnövény védelme, illetve a szelektivitás növelése érdekében megfelelő vegyületekkel (antidótumokkal) lehet a káros hatást mérsékelni.

Kukorica gyomirtónak használják az Alirox 80 EC nevű készítményt, amelynek EPTC a hatóanyaga. Ez a hatóanyag önmagában a kukoricát is károsítaná, de a készítmény tartalmaz antidótumot is, ami a kukoricát megvédi.



## 5.3. Növényi életfolyamatokat befolyásoló vegyületek

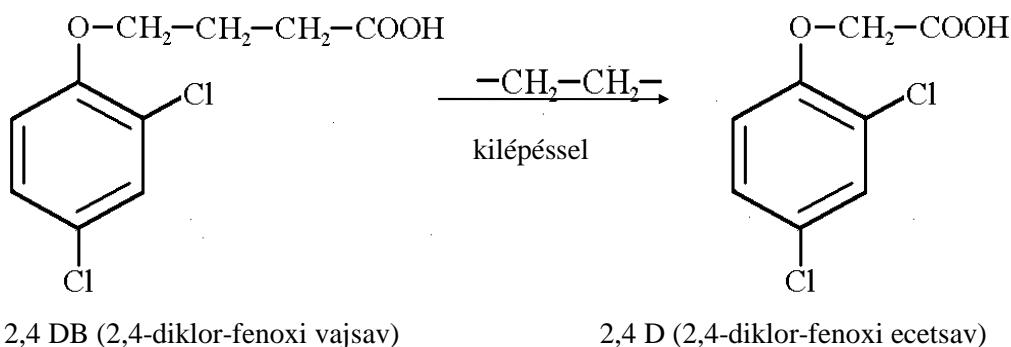
Ide tartoznak növekedés-, fejlődés-, fotoszintézis-, légzés-mechanizmusát befolyásoló szerek.

## Növekedésszabályozó vegyületek

Az auxin természetes növényi növekedési hormon. A fenoxisav-származékok hasonló felépítésű, de torznövekedést okozó gyomirtó szerek.

A fenoxisav-származékok (pl.:2,4-D a Dikonirt hatóanyaga 2,4-diklor-fenoxi ecetsav, az alábbi két képlet közül a jobboldali) a széleslevelű kétszikű gyomnövényeket irtja, míg az egyszikűeket megkíméli. Ezért van jelentősége a gabona gyomirtásánál. A szelektivitás alapja morfológiai. Azért pusztítja a kétszikű gyomnövényeket, mert azoknál az osztódó (merisztéma) szövetek a csúcsrügyben szabadon állnak, míg az egyszikű kultúrnövényeknél védettebben helyezkednek el.

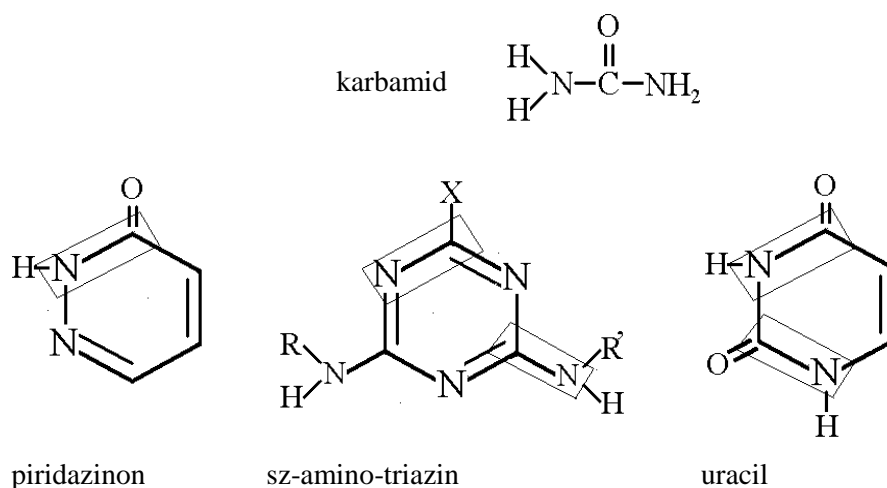
Ha hatóanyag-molekulában az ecetsavrész helyett hosszabb szénláncú karbonsav (propionsav, vajsav) van, akkor a hatás a szénlánc hosszával csökken. Vajsav esetében, már olyan mértékben, hogy már a legérzékenyebb kétszikűeket a pillangósokat sem károsítja a szer. A pillangósok kivételével a növények rendelkeznek olyan biokémiai mechanizmussal, amely során a vajsavrészből egy etiléncsoportot képesek lehasítani. Így a gyomnövény a saját szervezetében állítja elő a nem mérgező fenoxivajsav-származékból (2,4-DB) a mérgező 2,4-D-t. Ezt a hatást a szuperszelektív hatásnak is nevezik. Ez a biokémiai szelektivitás jellemző példája.



### 5.3. Fotoszintézisre ható herbicidek

A fotoszintézis biokémiai folyamatát alapvetően három ponton gátolják. A gátlás helye szerint megkülönböztetünk 1., 2. és 3. helyen gátló herbicideket.

Az **1. helyen** gátlók eltérő szerkezettel rendelkeznek és mégis hasonló módon gátolnak. A közös mechanizmus azonos molekularészlet eredménye. Minden idetertező herbicid vegyületben található olyan C–N kötés ahol C atomhoz kettős kötéssel kapcsolódik a N atom, vagy más atom (a képleteken bekeretezve). A fontosabb hatóanyagok kémiai szerkezetük szerint a következő típusokba sorolhatók: karbamid-, piridazinon -, triazin -, uracil-származékok.



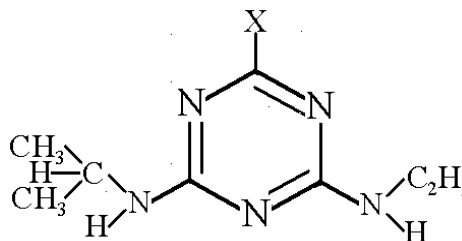
A közös molekularészleteken túli eltérések a bejutást módosítják az eltérő lipofilitás, illetve térkitöltés miatt.

**Karbamid-származék** herbicidek széles körben használatosak, általában mint talajherbicidek. Szelektivitásuk alapja, hogy gyengébb oldékonyságuk miatt nem hatolnak a mélyebben gyökerező haszonnövények gyökérszónájába.

A **triazin származékok** is élsősorban talajherbicidek. A klor-amino-triazinok (Atrazin) szuperszelektivitását kukoricában egyrészt az idézi elő, hogy a kukorica csak csekély mennyiségű hatóanyagot képes felvenni, másrészt a kukorica rendelkezik egy olyan vegyülettel, mely a herbicidet oxidative lebontja, vagyis hatástalanítja. Ez a vegyület egy glükozid. Perzisztenciájuk csak annyi hatóanyag juttatható ki amennyi egy vegetációs idő alatt elbomlik.

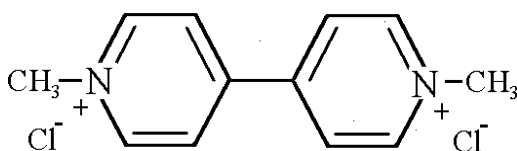
Atrazin

(2-klor-4-etilamino-6-izopropil-amino-1,2,3-s-triazin)

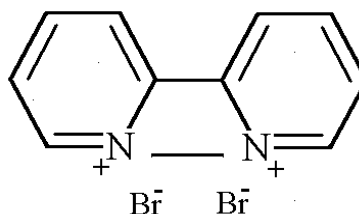


A **bipiridilium származékok** (Dikvat, Parakvat) a ferredoxin közelében gátolják a fotoszintetikus elektronáramlást. Nem szelektívek a haszonnövényt irányított permetezéssel kell védeni.

Totális gyomirtó szernek használják a Gramoxon nevű készítményt. A betakarítás megkönnyítésére a napragforgó leveleit betakarítás előtt Reglonnal szárítják le.



Gramoxone (Parakvat-diklorid  
1,1-dimetil-4,4'-dipiridilium-diklorid)

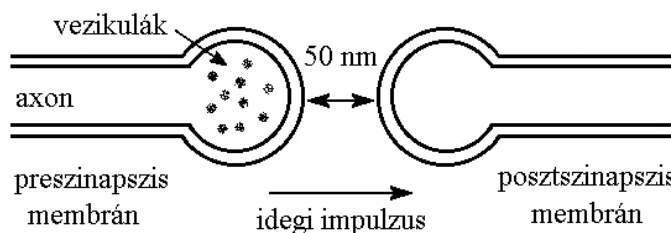


Reglone (Dikvat-diklorid  
1,1-etilén-2,2'-dipiridilium-dibromid)

#### 5.4 Az idegrendszerre ható peszticidek

Az idegrendszerre ható peszticidek az idegsejtek közti ingerületátadást akadályozzák. Működésük megértéséhez célszerű vázlatosan megismerni ezt a folyamatot.

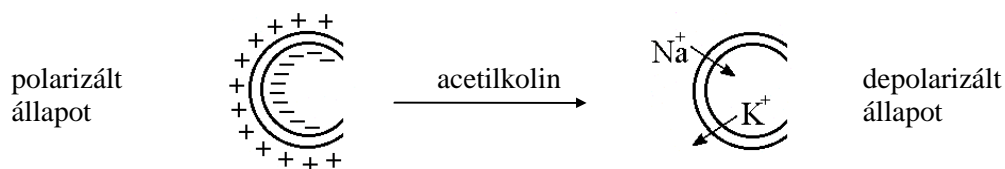
Az ingerület terjedése a neuron idegnyúlványán (axonján) belül lényegében elektromos jelenség. Az egymással kapcsolatban álló idegsejtek ingerületáttevődésének helye az idegnyúlványok végződésénél, a szinapszisoknál van. Ezek nincsenek egymással közvetlen összeköttetésben, közöttük kb. 50 nm távolság van. Az áthidalást kémiai ingerületátvivő anyagok végzik.



A szinapszis felépítésének vázlata (Elődi: Biokémia után)

A szinapszis felépítésének vázlatos ábrázolásán láthatók kis tartályok (vezikulák), melyek kémiai aktív vegyületeket acetilkolint tartalmaznak. Amikor egy elektromos jel érkezik az axonon, akkor ennek hatására az acetilkolin kiszabadul a kis tartályokból és a preszinapszis membránon keresztül kijut a sejtek közti térbe. Elérve a másik idegsejt végződését, a posztzinapszis membránt (továbbiakban: axon-membrán), azon olyan kémiai változást okoz, amelynek eredménye egy újabb elektromos impulzus a másik idegsejt axonján.

Az elektromos impulzus az axon-membrán külseje és belseje közötti elektromos potenciálkülönbség lökésszerű megváltozása. Ezt a membrán két oldalán levő egyenlőtlen ioneloszlás és annak hirtelen megváltozása biztosítja.



Az idegsejt nyugalmi (polarizált) állapotában, ha a külső potenciált zérusnak vesszük, a belső potenciál – 75 mv. Ekkor a membrán külső oldalán  $\text{Na}^+$ -ionok, míg a belső oldalán  $\text{K}^+$ -ionok helyezkednek el. Amikor az acetilkolin az axon-membrán fehérjereceptoraihoz kapcsolódik a membránt a  $\text{Na}^+$ - és  $\text{K}^+$ -ionok számára áteresztővé teszi. A befelé haladó  $\text{K}^+$ -ionok nagyobb méretűek és ezért lassabban jutnak át mint a  $\text{Na}^+$ -ionok, ezért időlegesen belül megnő a pozitív ionok mennyisége, kiegyenlítve az eredetileg fennálló potenciálkülönbséget. Amikor az ionáramlás befejeződik újra előáll az eredeti potenciálkülönbség. Így az ingerület a potenciálváltozások hatására képződött elektromos impulzusként haladhat tovább a másik idegsejtben.

Az eredeti, újabb ingerület fogadására alkalmas állapot visszaállításához az átjutott ionokat az eredeti helyükre kell juttatni az axon-membrán két oldalán. Ez a Na-K-ATP-áz miután a membránt megnyitó acetilkolin az acetilkolinészteráz-enzim (AChE) közreműködésével a membránról eltávozik. Az acetilkolin a vezikulákba az acetilkolin-transzmitter közreműködésével kerül vissza.

Az idegrendszerre ható peszticidek hatása ezen folyamatok alábbi pontjain bekövetkező gátlásban nyilvánul meg:

- az ionok axon-membránon áttörtető mozgásának gátlása,
- az acetilkolinnak a fehérjereceptorhoz való kapcsolódásának a gátlása,
- az acetilkolinészteráz-enzim (AChE) működésének a gátlása.

### Axonális ingervezetést gátló peszticidek

Az idetartozó vegyületek elsősorban inszekticidként, akaricidként használatosak. Kontakt idegmérgek. Az axon-membrán ionáteresztőképességét befolyásolják.

A klórozott szénhidrogének nagyhatékonyságú, széles hatásspektrumú vegyületek, hosszú hatástartammal rendelkeznek (perzisztensek). Nagyon ellenálló vegyületek, nehezen bomlanak le, ezért a természetben felhalmozódnak. A melegvérűek lipidszövetében, a májban felhalmozódnak és ezáltal kiürülésük a perzisztenciájuk miatt lassú és bizonytalan.

**Piretroidok.** Régóta ismeretes őrölt rovarpor a pirétrum, mely a *Chrysanthemum cinerariae folium*-, *roseum* és a *caneum* finomra őrölt virágfejeiből készült por.

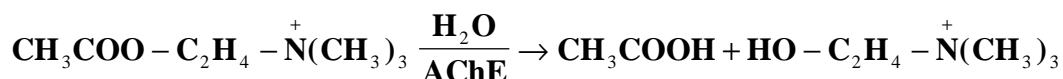
A piretrum hatóanyagai széles hatásspektrumú idegmérgek. Rovarokkal szemben azonnali taglózó hatásúak. A hatóanyagok labilitása miatt rezisztencia kialakulását ritkán figyeltek meg. A labilitást a piretroidokban megtalálható ciklopropán-gyűrű molekuláriszlet okozza. A ciklopropán egyenlőoldalú háromszög alakú. Szénatomjai közötti kötésszög csak 60 fok a szénhidrogénekben szokásos 109 fok helyett. Ez a feszített szerkezet bomlékony, melegvérűekben a szer azonnali elbomlását okozza. Ezért ezek a szerek melegvérűekre általában nem hatnak, és háztartási rovarirtóként is használhatók (pl.: Pyrotox). Gazdasági hátrányuk, hogy drágák.

### Acetilkolin receptor kapcsolódását gátló peszticidek

Régóta ismert természetes anyag, a nikotin a receptorfehérjéhez kapcsolódik. Igen hatékony, és a környezetben lebomló anyag. Mérgezéskor adható ellenszere nincs. Erős humán mérgező hatása miatt forgalomba nem hozható mint növényvédőszer.

### Acetilkolinészteráz (AChE) működését gátló peszticidek

Az ingerület átvitele után az axon-membránon megkötődött acetilkolin csak akkor képes eltávozni, ha azt az acetilkolinészteráz-enzim hidrolizálja. Így a membránon nem kötődő két részre bontja.

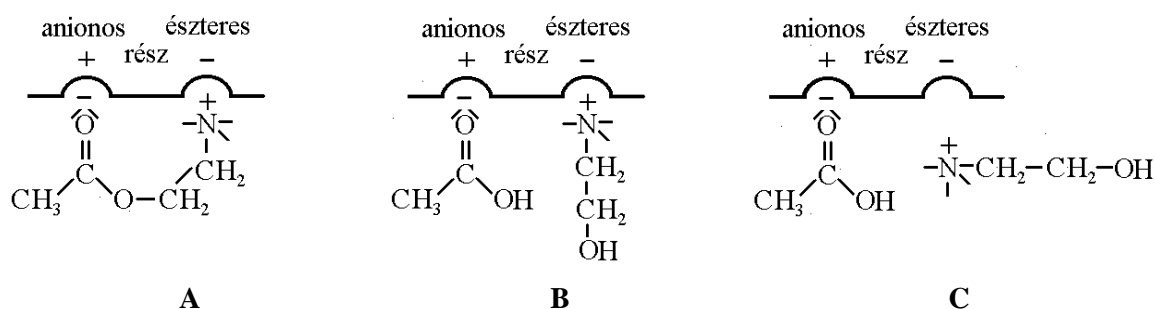


Az acetilkolinészteráz-enzim aktív centruma két részből áll:



az un. anionos hely a kolin rész megkötésére,

az un. észteres hely az észterkötés oxo-csoportjának kapcsolódására.



Az acetilkolinészteráz-enzim működésének vázlata 3 stációban (A, B, C)

Az ábrán az enzim aktív centruma két bemélyedéssel van szemléltetve. A folyamat a következő 3 stációnak megfelelően zajlik le:

az acetilkolin a megfelelő részeinek kapcsolódásával megkötődik az enzim aktív helyein,

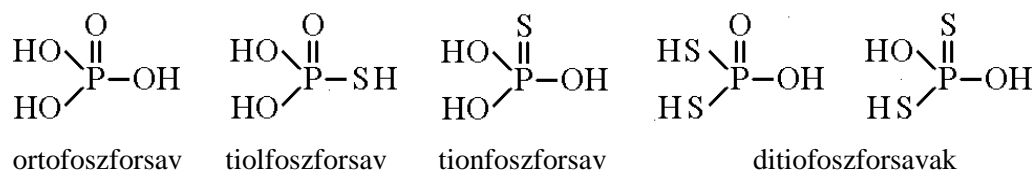
a megkötődött acetilkolin hidrolizál kolinra és ecetsavra,

a keletkező kolin és ecetsav már nem kötődik az enzimen, ezért eltávozik.

A reverzibilis (AChE)-gátlók az anionos, az irreverzibilisek az észteres csoporthoz kötődve akadályozzák meg az acetilkolin molekula kapcsolódását az aktív centrumhoz.

### Szerves foszforsavészterek

Légzési-, gyomor- és idegmérgek. Valamennyi foszforsavészter származék az ortofoszforsavra vezethető vissza, illetve annak tiol-, tion-, ditio-változataira.



Foszfátokról akkor beszélhetünk, ha csak a hidrogént helyettesítjük a szerves résszel, viszont foszfonátokat akkor kapunk, ha az OH-, vagy az SH-csoportot helyettesítjük a szerves atomcsoporttal.

Kémiailag, biológiailag kevésbé stabilak mint a klórozott szénhidrogének. A kezelt növényen gyorsabban bomlanak le és az élőszervezetben nem halmozódnak fel. Munkaegészségügyi szempontból veszélyesek az akut, heveny toxicitásuk miatt.

A szerves foszforsavészterek irreverzibilis kolinészteráz-gátlók, az észterikus helynél támadnak. Humán mérgezés esetén ellenanyagként un. reaktivátorokat használnak, de mivel ezek nem minden esetben hatásosak és önmagukban is mérgezők, alkalmazásukkor különös gonddal kell eljárni.

A **mélyhatású foszforsavészterek** széles hatásspektrummal rendelkeznek. Bejutnak a növény felszíni rétegeibe, de nem transzlokálódnak. A rágókártevőkön kívül alkalmasak szívókártevők pusztítására is szántóföldön, gyümölcsösben, szőlőben, zöldségfélékben, gyógynövény kultúrákban, erdőszetben levélinszekticidként.

A **felszívódó foszforsavészterek** permetezés után gyorsan bejutnak a levelek felületéről a levélszövetekbe, majd a nedvkeringéssel szétáramlanak a növény egész szervezetében. Alifás karakterű, kisebb térkitöltésű és több rotációs lehetőséggel bírnak, ezért mozgékonyabbak a mélyhatású foszforsavésztereknél.

### Inszekticid karbamátok

Kémiailag karbaminsavészter származékok (az alapváz képletét lásd a ditiokarbamátokról szóló fejezetben). Leghatékonyabbnak az N-metil és az N,N-dimetil származékok (Pirimikarb) bizonyultak. Az N-alkil csoport C-atom számának növelésével viszont a hatások csökkent.

A karbamát inszekticidek – hasonlóan, mint a foszforsavészterek -kolinészterázgátlók, azonban a gátlás reverzibilis.

Magyarországon kizárólag toxikológiai okokból tilos karbamát-inszekticideket foszforsavészterekkel keverni, az esetleges kettős enzimgátlás végett.

A karbamát inszekticideket széles körben alkalmazzák szívó- és rágókártevők ellen levélinszekticidként, talajfertőtlenítőként, csávázószerként.

## **5.5. A növényvédőszeresek használatával kapcsolatos ismeretek**

### **Szerformák**

A kész növényvédőszer komponensei: biológiai aktív hatóanyagok, hordozóanyagok, felületaktív anyagok, adalékanyagok.

Szilárd kiszerelésű készítmények (zárójelben használatos rövidítések):

porozószeresek (D) Dust, granulátumok (G), nedvesíthető porok (WP, W, SP),

Folyékony kiszerelésű készítmények (zárójelben használatos rövidítések):

vizes koncentrátumok (WSC), szuszpenzió - koncentrátumok (FW).

emulgeálható koncentrátumok (EC, C, LC, L), invert emulzióképző koncentrátum (IEC),

Egyéb szerforma típusok: vetőmagkezelő szerek, vagy csávázószeresek, csalétek, aeroszol készítmények, mikrokapszulák

### **Növényvédőszeresek mérgező hatása**

A peszticidek káros hatása az emberre nagyon sokféleképpen érvényesülhet.

- Mérgeződik az ember környezete (talaj, víz, levegő) továbbá az itt élő hasznos szervezetek (méh, hal, vad, rovar, madár, háziállat).
- Mérgeződik maga az ember, mint aki a peszticidet alkalmazza, felhasználja.
- Mérgeződik az ember, mint fogyasztó is a növényi-, állati eredetű élelmiszerekkel való táplálkozás által.

A méreghatások típusai:

- koncentrációs méreghatás, melynek előfeltétele, hogy a mérgező anyag kellő koncentrációban érintkezzen a testfelszínnel, vagy hatoljon be az élőszervezetbe. Lényegében ez a növényvédőszer heveny (akut) méreghatása.
- kumulációs méreghatás azáltal alakul ki, hogy a mérgező anyag az élőszervezetbe jutva nem bomlik el (perzisztens), felhalmozódik (kumulálódik), raktározódik pl. a lipid fázisban. A takarmányban is feloldulva a táplálékban át bekerül a tejbe, tojásba, emberi táplálékba. Ez a kumulációs méreghatás látens módon a szervezet legyengülése esetén károsíthat.
- összegeződési (szummációs) méreghatás, mely szintén perzisztens szerekkel alakulhat ki. Krónikus mérgezés esetén a méreghatások összegeződnek és a szervezetbe rendszeresen bejuttatott mérgező látens károsítást idézhet elő.

A gyakorlatban használt fontos toxikológiai fogalmak:

- LD-50: akut (heveny) toxicitás mérőszáma. Letalis Dózis (halálos adag), amelytől a kísérleti állatok 50%-a elpusztul. Mértékegysége: mg/testsúly kg.
- LC-50: az a halálos koncentráció, amelytől a halak 50%-a elpusztul. Mértékegysége: mg/l/testsúly kg.
- M.V.I.: Munkaegészségügyi Várakozási Idő. Az az időtartam, amelyen belül a permetezett területre munkavégzés céljából is tilos belépni. Mértékegysége: nap.
- É.V.I.: Élelmezésügyi Várakozási Idő. Az az időtartam, amelyen belül a permetezett terményt tilos elfogyasztani. Mértékegysége: nap.

- M.M.M.: Megengedhető szer Maradék Mennyiség a fogyasztandó terményben. Mértékegysége: mg/termény kg.
- MAK: Megengedhető Maximális Koncentráció. Zárt terben (raktár, üvegház, gombapince) a levegőben megengedhető növényvédőszer koncentráció. Mértékegysége: mg/m<sup>3</sup>.

#### A növényvédőszer toxikológiai elbírálása

Az LD-50 -érték alapján lehetnek: 5–50 mg-ig erős mérge +++ , 51–500 mg-ig mérge ++ , 501–5000 mg-ig gyenge mérge + , 5000 mg-en felül mérgejelzés nélküli. Ez a toxikológiai elbírálás még nem elegendő, mert csak az akut (heveny) mérgehatást veszi figyelembe.

Jelenleg Magyarországon elfogadott álláspont, hogy a forgalmazott növényvédőszer az alábbi általános követelményeknek kell hogy megfeleljenek:

- ne legyenek perzisztensek, max. egy vegetációs idő alatt bomoljanak el.
- nem lehet látens mérgehatás,
- nem lehet forgalmazni olyan készítményeket, illetve távolilag alkalmazni (helyettesítésükről gondoskodni kell), melyek nem semmisíthetők meg és minden átalakulási termékük mérgező.
- lehetőleg melegvérűekre, emberre ne legyenek kifejezetten mérgezőek. Amennyiben e tény mégis fennáll, úgy legyen antidótumuk.

#### Munkaegészségügyi vonatkozások (felhasználó védelme)

- A növényvédőszer használata az óvórendszabályban előírt védőfelszerelésekkel történhet.
- Valamennyi növényvédőszer felhasználására vonatkozik a dohányzás és a szeszes ital fogyasztásának tilalma. Az utóbbinál a tilalom a munka megkezdése előtt 8 órával lép életbe és a munka befejezése után 8. óráig tart.
- A permetezőszerek üres csomagolóburkolatát, tartályát nem szabad a munka helyén hagyni, vagy elszórni, hanem el kell ásni, égetni, vagy pedig a telephelyre visszavinni. A visszazállított burkolatot mint veszélyes hulladékot az előírásnak megfelelően kell a továbbiakban kezelni.

#### Élelmezésegészségügyi vonatkozások (fogyasztó védelme)

Nagy jelentőségű az élelmezésegészségügyi várakozási idő (É.V.I.) betartása. Ezzel biztosíthatjuk a rendeletileg szabályozott tolerancia értéket, vagyis a megengedhető maradék mennyiséget (M.M.M. :mg/termék kg).

#### Környezetegészségügyi vonatkozások (az ember környezetének védelme)

- Növényvédőszer az engedélyokiratban feltüntetett koncentrációban és módon szabad felhasználni a környezet- és a természetvédelemre vonatkozó szabályok betartásával.
- A természet kultúrákban a hasznos rovar szervezeteket kímélni kell. A növényvédőszer kezelések időpontjának meghatározásakor a hasznos szervezetek rajzásának menetét is figyelembe kell venni.
- Az élővizek fokozott védelme érdekében halveszélyességi kategóriákat állapítottak meg a növényvédőszer LC-50 értéke alapján.
- A felületaktív nedvesítő szerek melegvérűekre gyakorlatilag nem veszélyesek, azonban halakra kifejezetten veszélyesek. A kontakt növényvédőszerből készült permetleveknek optimális a 45 din/cm felületi feszültségű permetlé. A halaknál viszont már az 50 din/cm felületi feszültségű permetlé is súlyos kopoltyúsérülést okoz.
- A méhek pusztulása elkerülhető, ha a szabályokat megtartják. A hasznos rovarok védelme érdekében a gazdasági növényeket – burgonya kivételével – a virágbimbók fésülésétől a virágszirmok lehullásáig terjedő időben méhekre veszélyes növényvédőszerrel kezelni tilos. Rendelet értelmében „a termelő köteles a védekezés helyének pontos megjelölését, megkezdésének időpontját, valamint az alkalmazásra kerülő növényvédőszer megnevezését legkésőbb a védekezés megkezdését megelőző munkanap 10 órájáig a területileg illetékes polgármesteri hivatal mezőgazdasági osztályán írásban bejelenteni.”

## 6. A növények kémiai összetétele és minősége

A növények két fő alkotórésze a víz és az ún. szárazanyag. A különböző növényi részekben különböző a víztartalom. Legtöbb vizet a fiatal, élettanilag aktív növényi szervek tartalmaznak. Legkisebb a víztartalom a növényi magvakban. A növények víztartalma ezenkívül függ a környezeti tényezőktől is. A nagy víztartalom általában minőségrontó tényező. A szemtermények tárolása különösen csapadékos betakarítási időszakban szárítást igényel. A víztartalmat az áru átvételekor is ismerni kell, hiszen nagyobb víztartalom esetén a termény fölös víztartalmát is terményárban fizetheti meg a vevő. A víztartalom súlyállandóságig történő szárítással határozható meg.

Néhány kultúrnövény, illetve növényi rész víztartalma.

<i>Vegetatív részek</i>		<i>Húsos termékek</i>	
Gabonafélék (levél , szár)	75–90%	Tök, uborka	85–95%
Füfélék, pillangósok (levél , szár)	75–90%	Gyümölcs, szőlő, földieper	80–85%
Cukorrépa gyökér, levél	75–80%	<i>Száraz termékek, magvak</i>	
Burgonyagumó	75%	Kukoricaszem	12–25%
Gabonaszalma, kukoricaszár	14–15%	Gabonaszem	12–15%

A szárazanyagon belül további két alapvető alkotórészt különböztetünk meg: a szervesanyag-tartalmat és a szervesetlen-, vagy másképpen hamualkotórészeket. A szárazanyag túlnyomó többségét, mintegy 90%-át szerves vegyületek teszik ki, a hamualkotórészek aránya ennek megfelelően kicsi.

A hamutartalom legnagyobb a levelekben és egyéb vegetatív részekben. Kisebb a gumós termékek és magvak hamutartalma. A termékek összetétele állandóbb, mint a vegetatív részeké.

A szerves vegyületek, vegyületcsoportok egy része minden növényben megtalálható, ilyenek a szénhidrátok, zsírok, foszfatidok, fehérjék. Egyes növények tartalmazhatnak specifikus, sajátos vegyületeket, mint pl. az alkaloidok, terpének.

Mennyiségileg legjelentősebbek a szénhidrátok, a fehérjék, a zsírok, ezek szerkezetalkotó és egyben tartalék anyagok is. Sokkal kisebb mennyiségben fordulnak elő, de igen fontosak a foszfatidok, a vitaminok és a krolófill. Legkisebb mennyiségben vannak jelen az élettani folyamatokat szabályozó enzimek, vitaminok és hormonok.

A következő táblázatban megfigyelhető, hogy a gabonafélék és a hüvelyesek szemtermésében nagy a szénhidráttartalom, s ennek nagy része keményítő. Jelentős a burgonya keményítőtartalma is. A cukortartalom közismerten legnagyobb a cukorrépában és a különböző gyümölcsökben. A cellulóztartalom a természetett növények főtermésében általában nem több néhány százaléknál. A rosnövényekben, szálatakarmányokban és szalmában ezzel szemben lényegesen több cellulóz halmozódik fel.

Néhány növény fő termésének átlagos kémiai összetétele (a nyers anyag %-ában)

Növény	Szénhidrátok			Zsiradék	Fehérje
	cukrok	keményítő	cellulóz		
Búza	3	58	3	2	15
Kukorica	3	65	2	4	9
Borsó	6	40	5	1	25
Szója	8	3	5	20	35
Napraforgó	5	2	5	50	25
Burgonya	1	16	1	0.1	1
Cukorrépa	18	–	1	0.1	1
Alma	12	–	1	0.1	0.3

A zsírtartalom jelentős a szójában, a napraforgóban és más olajosmagvú növényben, a többi növény termésének zsírtartalma lényegesen kisebb.

A fehérjetartalom legnagyobb a pillangósvirágú hüvelyesek és a napraforgó termésében. A gabonafélék fehérjetartalma is jelentős, a többi növényé pedig viszonylag alacsony.

## A növények tápelemtartalma

Makroelemeknek tekintjük azokat a tápelemeket, melyek 0,1%-nál nagyobb mennyiségben fordulnak elő a növény szárazanyagában és mikroelemeknek azokat, melyek ennél kisebb mennyiségben találhatók.

Makroelemek: C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg.

Mikroelemek: Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B.

A viszonylag kis mennyiségben előforduló mikroelemek élettanilag ugyanolyan fontosak, mint a makroelemek.

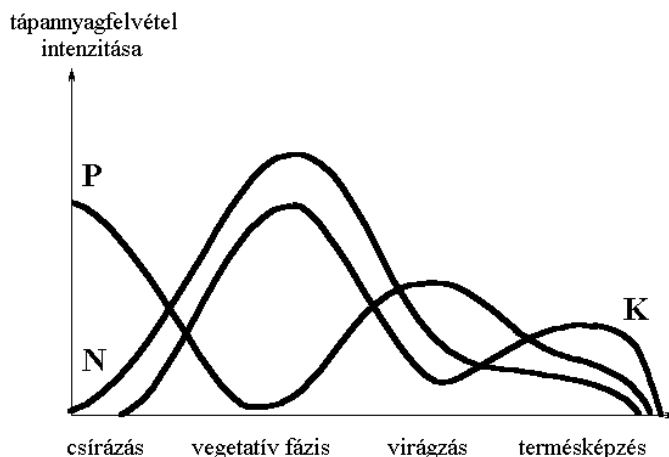
A nemfémes elemek csoportjába tartoznak a C, H, O, melyek a szerves vegyületek legfontosabb építőkövei. A csoportban található többi elemnek is a szervesanyag felépítésében van szerepe. Ilyen a N és a S, amely a nitrát és szulfát redukciója után atomos kötéssel épül be a szénláncokba, továbbá a P, a B és a Si, amely foszfát, borát, szilikát alakban épül be. Ez utóbbi szervesetlen csoportok nem redukálódnak, hanem észterkötést képeznek a különböző szerves vegyületek, különösen a cukrok –OH csoportjával. Míg a C, O és H a vázanyagokat: cellulózt, lignint és pektint épít fel, a N, P és S az anyagcsere-folyamatokban jut szerephez. A proteinek és proteidek fontos építőkövei.

Az alkálifémek és az alkáliföldfémek elemei túlnyomórészt ionos állapotban vannak jelen a növényben. Ezeket az elemeket a növény kationként veszi fel és feltehetőleg így is szállítja. Elsősorban a szerves vegyületek negatív töltéseinek lekötése a szerepük. Az alkálifémionok és az alkáliföldfémek ionjai nincsenek erősen a szerves anyaghoz kötve, egymást kiszoríthatják a helyükről. Jelentős hatásuk van a plazma duzzadási állapotára. A Mg enzimaktivátorként jelentős szerepet tölt be a foszforilálási folyamatokban, kötést hoz létre az enzimfehérje és a koenzim között.

A nehézfémek az alkáliionokkal ellentétben igen erősen kötődnek a szerves anyaghoz, illetve kelát formában beépülnek abba. Legszembetűnőbb tulajdonságuk kifejezett hajlamuk a fémkomplekxképzésre. Feltehető, hogy a kelátok a nehézfémek felvételében és szállításában jelentős szerepet játszanak. A nehézfémek többnyire enzimaktivátorként fejtik ki hatásukat.

A növények tápelemtartalma változik a korról. A fiatal növény sok nitrogént, foszfort, káliumot igényel, melyek közül a nitrogén és foszfor gyorsan beépül a szerves vegyületekbe. A fokozott szervesanyag-termelés, a fotoszintézis csak a vegetatív rendszer – elsősorban a levelek – teljes kifejlődése után indul meg. A fiatal növényi részek mindig több ásványi anyagot és nitrogént tartalmaznak, mint az idősebbek, vagyis a tápanyagfelvétel megelőzi a szervesanyag-képződést. A növényi szervezet a tápanyagok felvételével teremti meg a feltételeket a fotoszintézishez, amelytől a termés nagysága függ.

A növények tápanyagigénye a tenyészidőszak különböző szakaszaiban elemenként is eltérő. A nitrogén elsősorban a vegetatív fázisban igényli a növény. A foszfor felvételében két maximum figyelhető meg: a fejlődés kezdeti szakaszában a gyökérképződéshez, a reproduktív szakaszban pedig a virág- és magképződéshez szükséges nagyobb mennyiségű foszfor. A káliumigény nagy a vegetatív fázisban, amikor a levéltömeg kialakulásában és a szénhidrátképzésben, illetve a reproduktív fejlődési szakaszban a tartalék anyagok képzésében vesz részt.



## A tápelemek élettani jelentősége

A **nitrogén** az aminosavak, a fehérjék, a nukleinsavak és a nukleotidok, valamint a klorofill alkotórésze. Mint az életműködést szabályozó enzimek alkotórésze, nélkülözhetetlen az anyagcsere-folyamatokban.

A növény elsősorban nitrát- és ammóniumion formájában veszi fel a N-t. A N nagy részét a gyökerek veszik fel, de felvehetik a levelek is, a karbamid felvételére elsősorban így kerülhet sor. A szervesetlen formában felvett N gyorsan átalakul szerves N-vegyületekké. A N-vegyületek mozgása a növényben zavartalan, éppen ezért a N-hiány elsősorban idősebb leveleken tapasztalható, mivel ezekből hiányos N-ellátás esetén a N átvándorol a fiatalabb zöld részekbe.

A nitrogénhiány csökkent növekedéssel és fehérjeképződéssel jár együtt. A magvak korábban érnek, de aprók, így kisebb lesz a szemtermés. A nitrogénhiány hiánytünetek formájában is észlelhető: a levelek fakó, világossárga színűek, esetenként vöröses színárnyalat is megfigyelhető.

A nitrogén túladagolása fokozott vegetatív fejlődést, kései érést idéz elő gabonáknál, dőlési veszélyt okoz. A nagy N-adagok egyes kultúráknál kedvezőtlenül hatnak a termék minőségére.

A **foszfor** létfontosságú sejtalkotó részek, a nukleoproteidok és a foszfolipidok építő eleme. A lecitin pl. nélkülözhetetlen alkotója a különböző sejtmembránoknak. A DNS és RNS alkotó elemeként részt vesz az életfolyamatok szabályozásában. Az ATP és az ADP alkotórészeként fontos szerepet játszik a növények energiaháztartásában. A P a növényekben ortofoszfát vagy pirofoszfát kötésben van jelen.

Foszforhiány esetén a növények rosszul fejlődnek, elmaradnak a növekedésben és merev tartásúak lesznek. A szárrészek vékonyak, a gyökerek rosszul fejlődnek és a gabonaféléknél a bokrosodás mérsékelt. A P hiánya a növekedést és gyökér fejlődést tekintve hasonló a N hiányhoz. Fontos megkülönböztető jegy a levelek elszíneződése P-hiányban: kékes zöld, tompa zöld, illetve piszkos zöld szín alakul ki, esetenként vöröses árnyalatok is megfigyelhetők antocián képződés következtében. A növény az idősebb leveleket sok esetben idő előtt elhullajtja. A P hiányos táplálkozás mindig negatívan hat a virág- és termés képzésre. Gyümölcs- és gabonaféléknél jelentős termés csökkenést okozhat. A gabonánál különösen fontos, hogy a vegetációs időszak végén, vagyis a szemképzés idején megfelelő mennyiségű P álljon rendelkezésre. Hiánya esetén csökkent fehérje szintézis figyelhető meg különböző kultúrnövényeknél.

A növény anyagcsere-folyamataiban a **kálium** számos funkciót lát el. Az enzimekre szerkezetstabilizáló és aktiváló hatást fejt ki, szerepe van a fehérjeszintézisben és szénhidrátok képződésében. A jó K-ellátás fokozza a fotoszintetikus aktivitást. Kedvező hatást gyakorol a növények vízháztartására, fokozza a növények fagyűrő képességét. A kálium nem épül be a növény szerves vegyületeibe. A plazmafehérjékhez lazán kötve és részben szabad ionok formájában van jelen a sejtnedvben, így fejt ki szabályozó hatását. A K mozgékonyága a növényben jó. Elsősorban az aktív anyagcserehelyekre vándorol, így a levelekbe és a merisztémás szövetekbe. Fiatal levelekben általában nagyobb a K-koncentráció, mint az idősebbekben.

Rossz K-ellátás esetén, száraz időben hervadási tünetek figyelhetők meg. A levelek ernyedtek és a levélszélektől kiindulva világoszöld foltok keletkeznek, melyek a hiány fokozásával megbarnulnak.

A **kalcium** szervetlen és szerves sók alakjában, valamint ionos formában oldatban, illetve a plazmakolloidokhoz kötve található a növényben. Elősegíti a hosszirányú növekedést és a sejtszaporodást a merisztémás szövetekben. Különösen a sejtmegegyülésre, differenciálódásra fejt ki hatást. Fontos szerepet játszik a sejtfaalak középlemezeiben, a pektin stabilizálásában. A sejtmembránok szerkezetét nagymértékben befolyásolja és az áteresztőképességét csökkenti, ellentétben a káliummal. Az enzimek aktivitásában kevésbé jelentős a szerepe. A plazmakolloidokon adszorbeált kalcium zsugorító hatást fejt ki és a többi kationnal együtt szabályozza a kolloidok állapotát. Kedvezően hat a gyökernövekedésre.

A Ca-hiány tünetei a funkciónak megfelelően legelőször a legfiatalabb, még differenciálódó szövetekben jelentkeznek, pl. gyökerekben, hajtáscsúcsokon, fiatal leveleken. A gyökereken szövetelhalás, barnulás figyelhető meg. A levelek rendszerint kisebbek, deformáltak, csúcsaik és széleik kanalasan felkunkorodnak. A levélszélektől kiindulva klorózis lép fel, a klorotikus leveleken barna foltok képződnek. Az elváltozásokat gyakran az erek barnulása előzi meg a még zöld levélszövetben. A levelek a csúcstól az alap felé húzódnak elhalnak.

A **magnézium** mint a klorofill alkotórésze jelentős szerepet tölt be az asszimilációs folyamatokban. A Mg-tartalom nagyobb része ionos állapotban szabadon, illetve a plazmafehérjéhez kötve fordul elő a növényben. Mint enzimaktivátor specifikus funkciókat lát el, elsősorban a foszforilálási folyamatokban.

A Mg-hiány elsősorban az idősebb leveleken észlelhető klorózis formájában. Fakósárga foltok vagy csíkok képződnek a levélerek közötti levélfelületen. Gabonaféléknél és füveknél a világoszöld levélfelületen sötétzöld gyöngyfüzéryszerű klorofill-felhalmozódás látható. A kukoricánál a levelek csíkozottsága jellemzi a Mg-hiányt.

A **kén** a kén-tartalmú aminosavak építőeleme, a peptidok, a fehérjék és lipidek alkotórésze. A kén-tartalmú vegyületek élettanilag fontos redoxirendszereket képeznek.

Európában a savas esők miatt a kénhiány ritka. A keresztesvirágúaknak így a repcének is viszonylag nagy S-igényük van. A pillangósvirágúak viszonylag nagy fehérjetartalmuk következtében nagyobb S-igényűek.

A kénhiány tünetei a nitrogénhiány tüneteihez hasonlóak. A nitrogénhiánytól eltérően a kénhiány a legfiatalabb leveleken figyelhető meg, mivel a növényben kevésbé mozgékony. A kénhiányos növényeknek kicsi a fehérjetartalma is.

A **vas** szerepe a növények anyagcseréjében a vegyértékváltozáson alapszik. A vastartalmú enzimek, működése az elektronfelvételen és leadáson keresztül érvényesül. A vas ennek következtében nélkülözhetetlen a légzés, az energia-anyagcsere, a fotoszintézis és a fehérjeképzés folyamataiban. A növény a vasat  $Fe^{2+}$  - és  $Fe^{3+}$  - ion vagy kelát (szerves komplex) formájában veszi fel.

A Fe-hiány klorotikus tünetekkel jár. A klorózis mindig a fiatal leveleken lép fel, világoszöld, sárga és fehér foltok formájában.

A **mangán** a növényi anyagcsere-folyamatokban mint enzimaktivátor a magnéziumhoz, illetve vashoz hasonló funkciót tölt be.

A **réz** specifikus élettani hatása kis ionátmérőjével, viszonylag nagy atomtömegével, változó vegyértékével és komplexképzési hajlamával magyarázható. Olyan enzimek alkotórésze, melyek részt vesznek a légzési anyagcsereben és az elektrontranszportban. Szerepe van a fotoszintézisben, valamint a szénhidrát- és fehérjeszintézisben is. Hiányában a klorofil elbomlik, ezért az egyébként zöld növényi részek kifehérednek.

A rézhiány a gabonaféléknél a levélcúcsok fehéredésével kezdődik, keskeny, összesodródott levelek képződnek. Az ilyen növényeken hiányos buga-, illetve kalászképződés figyelhető meg.

A **cink** az auxintermelés serkentése révén a Mn-nal kölcsönhatásban szabályozza a növények növekedését.

A legismertebb Zn-hiánytünetekhez tartozik az almafák törpeszártágúsága. A Zn-hiányos gyümölcsfák többnyire gyér lombzatúak, kis lándzsa alakú levelek képződnek, gyakran rozettaszerű elrendezésben.

A **molibdén** katalitikus hatása Mo(V) Mo(VI) vegyértékváltozáson alapszik. A nitrátreduktáz enzimek fémkomponense, melynek a növények N-ellátásában és a fehérje-anyagcserében van fontos szerepe.

A **bór** az egyetlen nemfém elem a nélkülözhetetlen mikroelemek között. Elsősorban szénhidrátképzésben és az asszimilációs folyamatokban játszik fontos szerepet.

### ***Tápelemek hatása a termés minőségére***

Az élelmiszeripari, takarmányozási és ipari felhasználás szempontjából döntő jelentőségű a termények szénhidrát-, fehérje-, zsír- és ásványianyag-tartalma, valamint a vitamintartalom. A minősítés során általában ezeket a tulajdonságokat vizsgálják.

Általánosságban elmondható, hogy a bőséges nitrogénellátás fehérjeképződést, a jó káliumellátás a szénhidrát képződést segíti elő.

A nitrogéntrágyázás megfelelő adagban és időben alkalmazva a termés mennyiségét és minőségét egyaránt kedvezően befolyásolja. A nitrogén trágyázás hatása gabonánál nagymértékben függ a trágyázás időpontjától.

A **cukorrépa** termését a N-trágyázás növeli, a N-felesleg azonban kedvezőtlen hatású, mivel a nagyobb termésben általában kisebb a cukortartalom. A N-felesleg hatására nő a répa fehérjetartalma, ami akadályozza a cukor kinyerését. A jó cukorrépaterméshez a pontosan kiszabott N-adagok mellett megfelelő mennyiségű foszfor és kálium szükséges. Cukorrépánál bórhiány esetén a száraz- és szívrothadás figyelhető meg.

N-trágyázással jelentősen növelhető a **burgonya** termésének mennyisége, fehérjetartalma és víztartalma. Ez utóbbiak viszont általában rontják a burgonya tárolhatóságát. A K-trágyázás a keményítő- és C-vitamin-tartalmat növeli. A foszfor viszont a keményítő minőségére hat kedvezően.

A nitrogéntrágyázás növeli a **gyep** terméshozamát és a nyersfehérje-tartalmát. Szélsőségesen nagy adagok (400 kg N/ha feletti) alkalmazásakor a füvek fehérjetartalma megduplázódhat. Ebben az esetben azonban a szabad aminosav és a nitrát-N-tartalom is nagymértékben megemelkedik, ami nem kívánatos.

A természetes gyepek trágyázásakor azt is figyelembe kell venni, hogy megváltozhat a rétek és legelők növényi asszociációja, s ennek következtében a takarmány minősége. A N-trágyázás hatására a füvek mennyisége nő a pillangósok rovására. Ezzel romlik a gyepek takarmányértéke. A jó P- és K- ellátás a fű megfelelő ásványianyag-tartalmához szükséges.

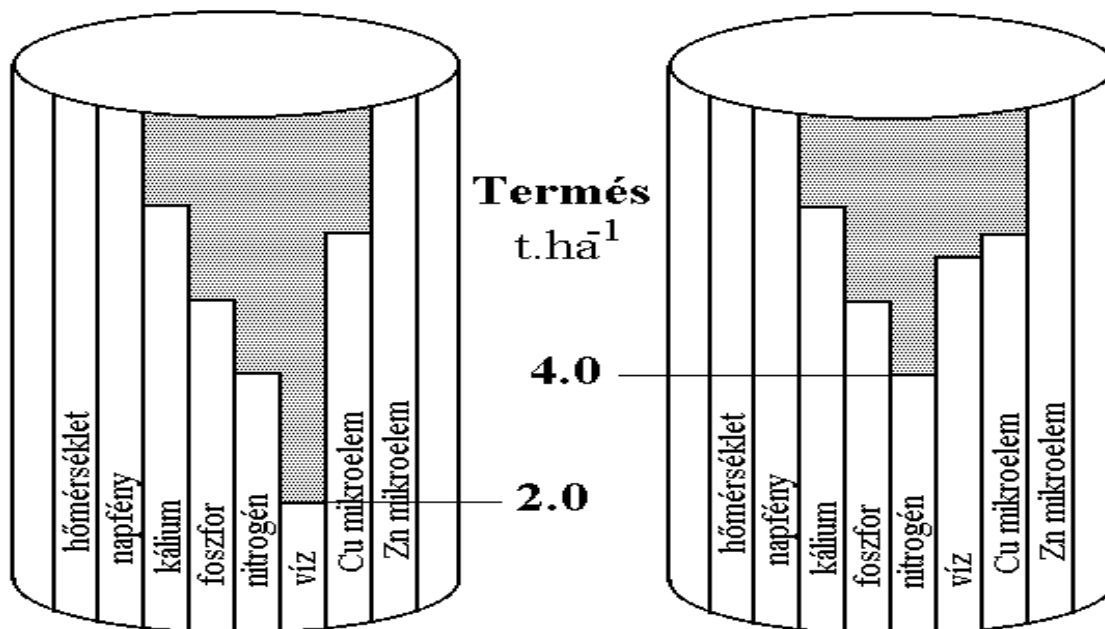
A **zöldség és gyümölcs** minőségére is kihat a trágyázás. Legismertebb a K-trágyázás kedvező hatása a szénhidrát és a C-vitamin képződésére. A N-felesleg pl. spenótnál nem kívánatos nitrát-felhalmozódáshoz vezet. Az intenzív termesztés (primőrök) miatt felhalmozódó nagy nitrát-tartalom különösen veszélyes a közvetlen fogyasztásra kerülő zöldségek, illetve takarmányok esetében. Borult csapadékos időjárás esetén a nitrát felvételéhez kedvező, de a növényben további átalakulásához kedvezőtlenek a feltételek. Ezt a trágyázott gyepek legeltetésénél is figyelembe kell venni.

A nitrogén növeli a sárgarépa és a paradicsom karotintartalmát. A K elősegíti, a N viszont visszaszorítja a C-vitamin képződését.

A gyümölcsök jó minőségéhez elsősorban megfelelő K- és P-ellátásról kell gondoskodni. Az almánál Ca-hiány miatt gyümölcscsövet-megbetegedés, keserűfoltosság (stippesedés) léphet fel. A paradicsom és a paprika Ca-hiánybetegsége a gyümölcscsúcs-rothadás, amely különösen, K-felesleg esetén tapasztalható.

### Liebig törvény

Az egyes tápelemek mint ható tényezők természetesen együttesen befolyásolják a növényi produkciót. Mégis gyakran egy-egy tényező hatása önállóan is megfigyelhető. Ez olyan esetben fordul elő, amikor a



vizsgált tényező az, amelyik a legjobban korlátozza a produkciót mert a többi tényező hozzá képest kielégítő mértékben van jelen. Ezt fogalmazta meg a múlt század végén **Liebig a minimum törvényében**. E szerint a produkció nagyságát az a termelési tényező határozza meg, amelyik minimumban van.

A minimumban levő tényezők öntözés előtt és öntözés után

Ez jól szemléltethető egy olyan dézsában kialakuló vízszint segítségével, amelynek különböző magasságú dongái vannak. Ha az egyes dongákat a termelési tényezőknek, a dézsában kialakuló vízszintet a növényi produkciónak feleltetjük meg, akkor látható hogy a produkciót a legrövidebb donga határozza meg. Ez az ábrán a bal oldali dézsa esetében a vízellátás. Ha öntözünk, a vízellátásnak megfelelő donga meghosszabbodik és a dézsába tölthető vízszintet, vagyis a növényi produkciót egy másik donga, illetve termelési tényező határozza meg. Ez az ábrán jobb oldalon látható dézsa esetében a rendelkezésre álló nitrogén mennyisége.

Az egyes tényezők mérőszámai természetesen nem vethetők ilyen egyszerűen össze (fény, hő, talajszerkezet, tápanyagtartalom), illetve nem azonos mértékűek. Egyes tápelemekből sokra, míg más elemekből csak kevesebbre van szükség a növény. Tehát minden tényező hatását a növény igényének



megfelelő mértékhez kell viszonyítani. Ezek szerint a **Liebig törvény a relatív minimumban levő tényező hatását** fejezi ki.

### Növényanalízis

A növényanalízis a növénytáplálkozás kontrollálásának eszköze. Szerepe a tápanyaghiány vagy fölösleg kimutatása is. A növényanalízis azon a tapasztalaton alapul, hogy egy adott elemnek a növényben levő mennyisége jelzője az illető növény tápanyaggal való ellátottságának. Ez viszont közvetlenül összefüggésben van a talajban lévő felvehető tápanyagmennyiséggel. A tápanyag mennyiségének növelésével nő a termés is egy bizonyos maximumig, utána azonban már termésnövekedés állhat elő. A növényi tápelemek százalékos összetételére határértékek (vagy kritikus szintek) állapíthatók meg, amely alatt már a termesztett növény növekedése és terméshozama csökken. E tápanyag-koncentráció alatt a hiány-, fölösleg- illetve toxicitási tünetek mutatkozhatnak. A növényfajtól függő határértékek a növény fejlődése során változnak, a koncentráció általában csökken. Ezért az határértékeket tartalmazó táblázatokat az adott növényfaj esetében jellemző fejlődési fázisokra (fenofázisokra) adják meg. A tápanyag-koncentráció értékelésén túl, igen fontos a tápelemarányok kiszámítása és értékelése is. Ennek fontossága már a Liebig törvényből is következik.

### A tápanyagutánpótlás hatékonysága

A termelési tényezők hatásáról általában elmondhatjuk, hogy ha mértékük a szükségesnél kisebb, akkor növelésük a produkció növekedésével jár. Ez a növelő hatás ez optimális értékhez közelítve egyre csökken. Ez után egy hosszabb vagy rövidebb tolerancia szakasz következik. Az ezt meghaladó értékeknél pedig károsítás, a produkció csökkenése lép fel. Még olyan anyagok esetében is megfigyeltek hasonló lefutású hatás összefüggést, amelyeknek szükségessége a növényben nem mutatható ki. Ekkor valószínűleg a növény védekező reakciója kismértékű alkalmazás esetén stimuláló hatást eredményez (például: arzén, titán, gyomirtószerek).

A hatásösszefüggést több kutató is megpróbálta matematikailag leírni. Mitscherlich (1909) hatásfüggvényként egy telítődési összefüggést javasolt.

A **Mitscherlich-törvény** kimondja, hogy a termés a növekedési tényezők hatására növekszik, de a hozamnövekedés nem lineáris, hanem a termés a növekedési tényezők által meghatározott maximumhoz tart. A termés nagysága növekvő tápanyagadagok hatására a maximális termés eléréséhez hiányzó résszel arányosan növekszik.

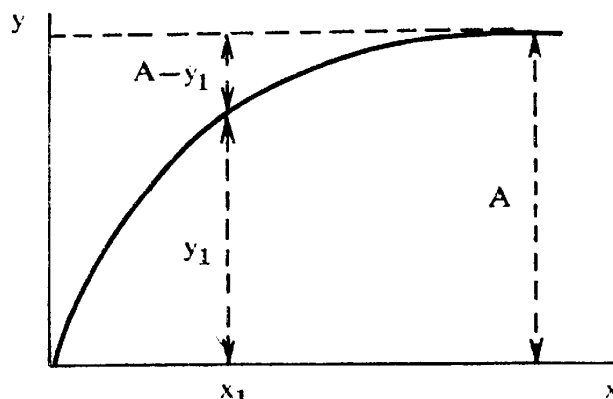
Alapfeltevése az volt, hogy a relatív minimumban lévő tényező ( $x$ ) hatására a növényi produkció növekedése ( $dy/dx$ ) az aktuális produkciónak ( $y$ ) a maximális produkciótól ( $A$ ) való távolságával ( $A-y$ ) arányos (arányossági tényező:  $k$ ).

$$\frac{dy}{dx} = k \cdot (A - y)$$

A produkció ( $y$ ) és az adott tényező ( $x$ ) közötti összefüggést a fenti differenciál-egyenlet integrálásával kapjuk meg.

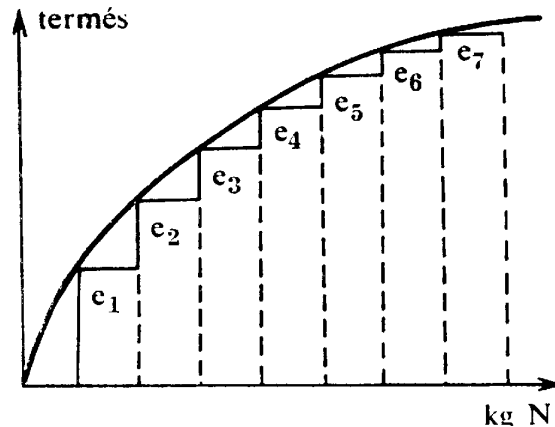
$$y = A \cdot (1 - e^{-k \cdot x})$$

Ezt az összefüggést szemlélteti a következő ábra. Látható, hogy a görbe meredeksége ( $dy/dx$ ) balról jobbra csökken annak megfelelően, ahogyan a görbe megközelíti az  $A$  értékét.



2. ábra. A termés növekedése egy hatástényező függvényében Mitscherlich szerint.

Mitscherlich törvénye azért is figyelemre méltó a gyakorlat szempontjából, mert rámutat arra, hogy növekvő trágyaadagok egyre kisebb hozamnövekedést eredményeznek, mint ahogyan az a 3. ábrán is látható.



3. ábra. Növekvő N adagok hatása a termésnövekedésre.

Ezért nevezik Mitscherlich törvényét a **csökkenő hozamnövekedés törvényének** is.

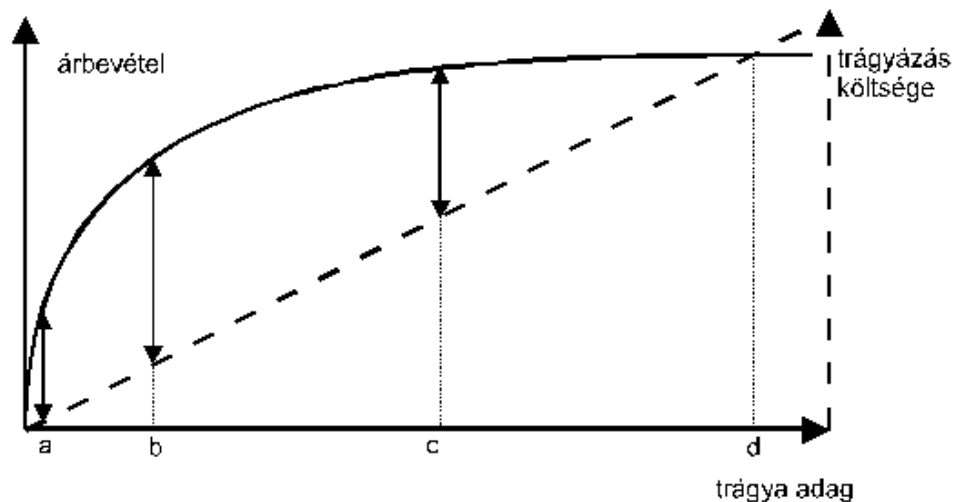
Annak ellenére, hogy valóban a relatív minimumban levő tényező okozza a hatás legnagyobb részét, a többi tényező hatása csak a relatív minimumban lévő tényező szélsőséges hiánya és a többi tényező megfelelő szintje mellett hanyagolható el. Ez azért van mert az szélsőséges hiány esetén a hatásgörbe meredeken emelkedik, míg a többi tényező hatása - amelyek optimumközeli értéken vannak csak kevésbé meredeken, - a hiányban levő tényező hatásához képest - elhanyagolható mértékben változik. Minél eredményesebben törekszünk a kiegyensúlyozott növénytaplálás megvalósítására, annál inkább szükséges a tényezők együttes hatásának figyelembe vétele.

Az tényezők együttes hatása nem tekinthető az egyes tényezők hatásainak összegződésének. Általában ha a növény más tényezők tekintetében kedvező körülmények között van akkor az a vizsgált tényező hatását is pozitív irányban megváltoztatja. Ez a **szinergizmus** jelensége. Például a megfelelő vízellátás nem csak a növény kedvező vízellátását eredményezi, hanem segíti a talajban levő tápanyagok feltáródását is, így pozitív hatással van a növény tápanyagellátására is. Hasonlóképpen a megfelelő foszfor és kalciumellátás pozitív hatással van a gyökér fejlődésére, az így kialakuló nagyobb gyökérfelülete segítségével a növény a kevésbé mozgékony tápanyagokhoz könnyebben jut hozzá. Előfordul olyan eset is amikor a tényezők egymás hatását negatív irányban befolyásolják. Ez az **antagonizmus** jelensége. Antagonisták például a kationok, mert egymás felvételét akadályozzák. Meszes talajokban a magas Ca tartalom akadályozhatja a K vagy a Mg felvételét. Az intenzív K trágyázás a Ca vagy a Mg felvehetőségére hat kedvezőtlenül. Az alkáli-foszfátok kivételével a foszfátvegyületek többsége vízben rosszul oldódik. Sok oldható foszfátot juttatva a talajba a fémes mikroelemek foszfát csapadék formájában felvehetetlenné válnak. Jellemző példa erre a foszfor-cink antagonizmus.

Azt, hogy meddig gazdaságos a trágyafelhasználás, a hatásgörbe további elemzésével szemléltethetjük.

Feltételezve, hogy a termésért kapott árbevétel arányos a termés mennyiségével a trágyázás eredményeként nyert többletermés értéke a korábban tárgyalt hatásgörbéhez hasonlóan írható le, hiszen a terméstöbbség mennyisége és az abból származó árbevétel arányosak egymással. A műtrágyázás költségét is vehetjük első közelítésben arányosnak annak mennyiségével, sőt ha még a műtrágyázás állandó költségeitől (gépek, raktarak, stb.) eltekintünk, akkor azt első közelítésben a nulla ponton áthaladó egyenessel ábrázolhatjuk. A 3. ábrán a többletermés értékét mutató hatásgörbét folytonos, a műtrágyázás költségét mutató egyenest szaggatott vonallal jelöltük.

Az a többletjövedelem amit a trágyázás alkalmazásával érhetünk el az árbevétel és a trágyázás költségének különbségéből adódik. Ez a különbség a műtrágyázás mennyiségétől függ. Az ábrán szemléltetett esetben a „b” pontban a legnagyobb. Ha ennél kevesebb műtrágyát adunk („a” pont) a költség kisebb, de a többletermésből származó árbevétel nagyobb mértékben csökken, ezért a különbségük, a jövedelem is kisebb lesz. Ha viszont több műtrágyát adunk („c” pont) a költség növekszik, de a többletermésből származó árbevétel csak kisebb mértékben növekszik, ezért a különbségük, a jövedelem ebben az esetben is kisebb lesz.



**3. ábra** Az árbevétel, a trágyázás költségének és jövedelmezőségének alakulás a kiadott trágya mennyiségének függvényében

Sőt olyan mennyiségű műtrágyát is alkalmazhatunk („d” pont) amely esetben a költség és az árbevétel megegyezik, vagyis a többletjövedelem nulla. Ezt meghaladó műtrágya alkalmazása negatív többletjövedelmet, vagyis veszteséget okoz. Nyilvánvaló, hogy a „d” pontnak megfelelő, vagy azt meghaladó mennyiségű műtrágyaadag alkalmazása értelmetlen. Az ennél kevesebb műtrágya alkalmazása viszont különböző mértékben ugyan, de jövedelmező.

Célszerű a kiadagolandó műtrágya mennyiségét olyan értékben meghatározni, amely esetben a többletjövedelem maximális. Ezt az ábrán „b” ponttal jelöltük. A „b” pont meghatározását az a geometriai törvényszerűség teszi lehetővé, amely szerint egy egyenestől mért legtávolabbi pontjában a görbe érintője párhuzamos az egyenessel. A „b” pontot megelőző tartományban az árbevétel- (hatás-) görbe meredekebben emelkedik a költség egyenesnél, ezért a műtrágya adagjának a növelése egyben a jövedelem növekedését is eredményezi. A „b” pontot meghaladó tartományban az árbevétel- (hatás-) görbe már kevésbé meredeken emelkedik mint a költség egyenes, ezért a műtrágya adagjának a növelése egyben a jövedelem csökkenését is eredményezi.

Számítással is meghatározhatjuk a „b” pont helyzetét. Ha az árbevétel- (hatás-) görbe érintőinek meredekségét leíró derivált függvényét meghatározzuk, akkor az  $x=b$  értékét abból az egyenletből határozhatjuk meg amit a derivált függvény és az költség egyenes meredekségének ( $m$ ) egyenlővé tételével kapunk.

Hasonló módon elemezhető egyenként a különböző műtrágyák sőt a többi ható tényező hatékonysága is. Minél több tényező (tápanyagellátás, talajművelés, vízellátás) optimális szintjét vagyunk képesek biztosítani annál magasabb termést sikerül elérni, egyre jobban megközelítve azt a természetes korlátot, amit a növény ökológiai teljesítőképessége jelent. Ennek megfelelően csökken az a sáv, amin belül a termés ingadozhat a nem kontrollálható tényezők függvényében, vagyis javul a termés biztonsága is.

Szabadföldi körülmények között a nem kontrollálható tényezők az időjárással kapcsolatosak. Magyarországon azon területek legnagyobb részén, ahol szántóföldi termelést folytatnak kontinentális klíma uralkodik. Itt a legjelentősebb terméskorlátozó tényező a vízellátás. A legtöbb helyen az öntözés technikailag kivitelezhetetlen. Sőt a technikailag öntözhető területeken sem mindig öntöznek.

Az optimálisához közeli tápanyagellátás eredményeképpen előállt nagyobb növényi produkció eredményeképpen több szerves maradvány marad vissza a talajban. Ez növeli a talajkolloidok mennyiségét, javítva a talaj víz- és tápanyag-gazdálkodását. Ez már önmagában is kiegyenlítettbb terméseredményt, nagyobb termésbiztonságot eredményez.

A talaj száradásakor a víztartalom csökkenése elsősorban a nehezen oldható, kevésbé mozgékony tápanyagok (foszfor, mikroelemek) felvételét korlátozza. Ezen tápanyagokból az ellátottság javítása javítja a növény szárazságtűrését is. Ez is hozzájárul a nagyobb termésbiztonsághoz.

A termés minősége gyakran a nagyobb termések elérésekor romlik. Ismert egyes elemek, elsősorban a nitrogén minőségromtó hatása, párhuzamosan az erőteljes termésnövelő hatásával.

## 7. A tápanyagutánpótlás

### 7.1. Tápanyag-utánpótlásra használatos természetes anyagok

A műtrágyák elterjedése után a szerves trágyázás jelentősége jelentősen lecsökkent. A szerves trágyák alapanyagait képező mezőgazdasági melléktermékeket kezdték kellemetlen hulladékoknak tekinteni, melyeket felhasználás helyett csak eltüntetni érdemes. Ennek a rövid távú gazdasági szemlélet az oka.

A szerves trágyák tápanyagtartalma viszonylag kicsi. Összes hatóanyagtartalmuk csak ritkán haladja meg az 1%-ot. Ezzel szemben a műtrágyák összes tápanyagtartalma 20–50%. A műtrágyák megvásárlása és kiszórása együttesen kisebb költségű, mint a szerves trágyák kezelése és kiszórása. Ezt a különbséget a korábbi évtizedekben csak fokozta az, hogy a múlt rendszerben a mezőgazdaság és a vegyipar támogatásának legfontosabb eleme a műtrágyák ártámogatása volt.

A gazdasági számításokból hiányzott az, hogy a szerves hulladékok eltüntetése is egyre nagyobb költséggel jár. Környezetünk romló állapota és a környezetvédelem fokozódó igénye ezt a szabályzók szigorodásán keresztül is érvényesíti. A gazdaságosság átértékeléséhez hozzájárul azon tényezők figyelembevétele is, ami szerves anyagok talajba juttatásának egyéb előnyeit mutatják.

A szerves trágyák tápanyagtartalma igen kedvező formában található, így a tápanyagok csak a szervesanyag lebomlása után, tehát időben elnyújtva érvényesülnek. A makrotápelemek mellett jelentős a szerves trágyák mikroelem tartalma is. A szerves anyag, mint kolloidban gazdag anyag, kedvező hatással van a talaj víz- és tápanyag-gazdálkodására, és táplálja a talajéletet.

#### Istállótrágya

A szerves trágyák közül különösen értékes az istállótrágya (almos trágya). Szervesanyag-és baktériumtartalma fontos szerepet játszik a talajélet alakításában. Az istállótrágya nemcsak a magasabb rendű növényeknek szolgáltat tápanyagot, hanem a mikroorganizmusok számára is, ezenkívül kedvezően befolyásolja a talaj fizikai-kémiai tulajdonságait, s közvetve a víz- és tápanyag-szolgáltató képességet. Serkentő anyagokat, hormonokat tartalmaz, melyek elősegítik a növények növekedését, fejlődését. Az almos trágya makroelemeken kívül mikroelemeket is tartalmaz, így az istállótrágya alkalmazásával visszatérül a talajból elvont mikroelemek jelentős része. Az istállótrágyát felhasználás előtt érlelni kell.

A meleg érlelés mikrobák által végzett oxidatív a bomlás, mint a később leírt komposztérelésnél.

A hideg érlelés során a tömörített trágyában olyan anaerob erjedési folyamatok indulnak be, amelyek hasonlíthatók a siló vagy savanyúság készítésnél lezajló folyamatokhoz.

A mélyalmos technológia alkalmazásakor kimélyített padozatú istállóban az elszennyeződött alomra újabb és újabb friss alomréteget terítenek, amit az állatok taposásukkal tömörítenek. Az trágya-érés során keletkező hő elpusztítja a kórokozókat és fűti az istállót.

A **metános trágyaerjesztés** a biogázgyártás alapja. Ha a trágyát a levegő teljes kizárásával, zárt térben erjesztik, a könnyen bomló szerves vegyületekből kevés széndioxid és nagy mennyiségű metángáz képződik. A nagy kalóriatartalmú gáz felhasználható fűtésre, míg a visszamaradó trágya minősége jobb, mint a hagyományos módon előállított istállótrágyáké. A metános trágyaerjesztés külön beruházást igényel, és ezért a trágya kettős hasznosíthatósága ellenére sem terjedt el széles körben.

#### A hígtrágya

A hígtrágya almozás nélküli állattartás közben keletkező folyékony halmazállapotú szerves trágya, mely bélsárból, vizeletből és a trágya eltávolítására felhasznált vízből áll. Az almos hígtrágya állati ürülék és alomanyagként használt szecsakázott szalma vízzel alkotott keveréke, mely hidraulikusan szállítható. A hígtrágya kezelése és felhasználása nagyüzemi méretekben elsősorban nagy mennyisége miatt okoz problémát. Külföldi és hazai tapasztalatok egyaránt azt mutatják, hogy a kommunális szennyvizek tisztítására kidolgozott módszerekkel még nagy anyagi ráfordításokkal sem lehet a hígtrágyát ártalmatlanná tenni.

Egyetlen mód az anyag talajba juttatása. A talajban a szerves anyag lebomlik, a tápanyagok hasznosulnak és megszűnik a fertőzési veszély. A szállítási és szétterítési költségek miatt a talajba juttatás is költséges. A költségeket nem fedezi az alacsony tápanyagtartalom értéke. Ezért a talajba juttatást csak az állattartó telep közelében viszonylag kis területen szokták végezni, növényi tápanyagokkal és nehézfémekkel túlterhelve ezeket a területeket.

## Komposzt

A komposztok alapanyagai különböző szerves hulladékok, melyeket megfelelő adalékokkal kiegészítve kezelnek. A kezelés lényege a kiinduló anyagok többszöri átkeverése, szellőztetése, nedvesítése, melynek során a szerves anyag lebomlik és homogén, földszínű, morzsálékos végtermék keletkezik.

A komposzt készítése közben a szerves anyag gyors lebontását azzal segítik elő, hogy a kiindulási anyagokat lazán, de azért nedvesen tárolják, többször átkeverik, vagyis aerob feltételeket hoznak létre. Az oxidáció megakadályozza a kellemetlen rothadási folyamatokat. Adalékként talajt és esetenként finom eloszlású kalcium-karbonátot (pl. cukorgyári mézsiszap) illetve nyersfoszfátot is adnak a komposzthoz.

## Zöldtrágya

A talaj tápanyagtartalmának feltáródását és a légköri nitrogén megkötését elősegíthetjük ebből a célból termel növények, növényi részek talajba forgatásával. A betakarításra szánt növénykultúra tenyészidőszaka előtt, vagy utána a zöldtrágyázás céljából vetett növényeket (általában pillangósokat) még termésképzésük előtt forgatják be a talajba. Sajnos szárazabb vidékeinken nem áll rendelkezésre a talajban elegendő vízkészlet az elő-, vagy utóvetemény keléséhez. A zöldtrágyázás növelve a talaj szervesanyag tartalmát javítja annak vízgazdálkodását is. Egyéb hasznosítás híján célszerű a haszonnövény minden melléktermékét (pl. a szalmát) is a talajba forgatni.

## Egyéb természetes anyagok

A mezoelemek (Ca, Mg) utánpótlására bányászott, illetve ipari melléktermékek használatosak. Bányászott termékek: a mészkőpor, a dolomitpor, a mésztufapor, a gipsz, és az alginít. Ipari melléktermékek: a cukorgyári mézsiszap, a magnézitipari mézsiszap, a Péti mész. Előnyösebben használhatók azok, amelyek finom eloszlású iszap formájúak, mert nagy felületük miatt gyorsabban mobilizálódnak. Egyes kőzetörlemények (pl. zeolit) a mikroelem szolgáltatást is javíthatják.

## 7.2. Műtrágyák

A műtrágyák a növényi tápanyagutánpótlás iparilag előállított anyagai. Szilárd (por, szemcsés) és folyékony (oldat, szuszpenzió) halmazállapotúak lehetnek. Összetételük szerint mono- (N-, vagy P-, vagy K-tartalmú), összetett és mikroelem-tartalmú csoportokat különítünk el.

### Nitrogénműtrágyák

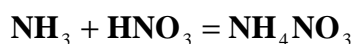
A nitrogénműtrágyák a legmagasabb árú műtrágyák. Gyártásuk nagyon energiaigényes, elsősorban ott gazdaságos, ahol a nagy kőolajmezők kitermelésekor melléktermékként jelentkező (egyébként csak költségesen szállítható) földgáz rendelkezésre áll. A földgázból elállított hidrogén és a légköri nitrogén reagáltatásával ammóniát állítanak elő. Ennek oxidálásával és vízzel reagáltatásával állítják elő a salétromsavat. Az ammónia és a salétromsav a nitrogénműtrágyák legfontosabb alapanyagai.

A nitrogénműtrágyák hatóanyagának nagy része a talajban gyorsan  $\text{NO}_3^-$ -ion formába jut. Mivel a nitrátok jól oldódnak vízben, és a negatív töltésű  $\text{NO}_3^-$ -ionok nem kötődnek a talajkolloidokhoz, így könnyen a talaj mélyebb rétegeibe mosódnak. Kikerülve a gyökérszónából, a növényben nem hasznosulnak, lejutva a talajvízbe az ivóvíz nitrátosodását növelik. Ezért ezeket a gyors hatású nitrogénműtrágyákat célszerű két vagy több részletben megosztva kijuttatni, ami magasabb műveleti költséget eredményez. A másik lehetőség a lassú hatású nitrogénműtrágyák alkalmazása. Elterjedésüket magasabb árak akadályozza.

Gyors hatású nitrogénműtrágyák

**Ammóniumnitrát**, (rövid megnevezése: **AN**) N-tartalma 34%. Higroszkópos ezért és. Műanyagzsákba csomagolva hozzák forgalomba. Tűzveszélyessége miatt tároláskor csak 6 zsák helyezhető egymásra.

Ammónia és salétromsav reagáltatásával gyártják:

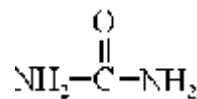


170 °C-on megolvad majd ammóniára és salétromsavra bomlik a gyártást leíró egyenlet megfordításával felírható módon. 400–500 C -on robbanászerűen nitrorénre és oxigénre bomlik. Robbanékonyasága szervesanyaggal keveredve fokozódik.

**Mészammon-salétrom:** Ammóniumnitrát és mészkőpor vagy dolomitpor keveréke. Előnyei az ammóniumnitráthoz képest: robbanásveszély, higroszkóposág és a műtrágya savanyító hatása csökken. A **PÉTISÓ**-t a Péti Nitrogénművekben gyártják ammóniumnitrát és dolomitpor keverésével. N-tartalma 28%. Kedvező, hogy 2% Mg-ot is tartalmaz. Korábban mészkőpor adalékkal készítették.

**Karbamid**, más néven **urea** (rövid megnevezése: **U**). N-tartalma 46,6%.

Kissé higroszkópos, fehér granulátum. Ammóniából és széndioxidból gyártják. A talajba jutva gyorsan ammonifikálódik, majd az így keletkezett ammónia nagy része a nitrifikációs folyamat eredményeképpen nitráttá alakul.



Műanyagzsákban vagy ömlesztve hozzák forgalomba, száraz helyen tárolandó.

Előnyei:

- a legkoncentráltabb nitrogén műtrágya, így fajlagos szállítási és kiszórási költsége alacsony,
- vízben jól oldódik, permet trágyaként is alkalmazható mivel a levélen keresztül is felszívódik,
- kémiailag semleges, a kijutató berendezéseket nem korodeálja,
- növényvédő-szerekkel, öntöző vízzel is kijutatható.

Hátrányai:

- a higroszkóposág miatt hajlamos az összetapadásra, ami akadályozza az egyenletes kiszórást,
- savanyítja a talajt.
- a talajban gyorsan lebomlik, ekkor nagy mennyiségű ammónia keletkezik, ami csírázás gátló hatású, ezért karbamid vetés előtt legalább 2–3 héttel kijuttatandó.

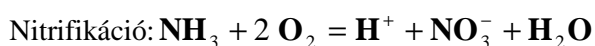
Lassú hatású nitrogénműtrágyák

A lassan ható nitrogénműtrágyák hatóanyag komponense is általában karbamid. Fő típusaik: a karbamid-aldehid kondenzátumok, a bevonatos műtrágyák, és az inhibitoros műtrágyák.

**Karbamid-aldehid kondenzátumok** fontos képviselője az UREAFORM nevű készítmény. Ez Rosszul oldódó rövid láncú polimer. Lassan hidrolizál, ekkor karbamid szabadul fel, a fenti reakcióegyenlet megfordításával felírható módon.

**Bevonatos nitrogénműtrágyák** úgy készülnek, hogy a granulált karbamid szemcséket bevonattal látják el. A bevonat lassítja a műtrágya oldódását, így annak hatása elnyújtható, csökken a kimosódási veszteség. A bevonat csökkenti a műtrágya összetapadási hajlamát is. Bevonószerek lehetnek kén és egyéb szerves anyagok pl. magnézium-ammónium-foszfát ami egyben rosszul oldható műtrágya komponens is. Szerves anyagokat is használnak bevonószerként például polimereket, bitument, vagy paraffint (PARAMID 41,5% N).

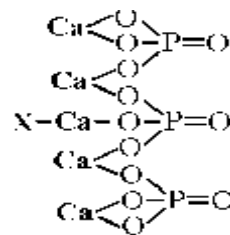
Az **inhibitoros nitrogénműtrágyák** esetében a lassú hatást úgy érik el, hogy a karbamid átalakulását gátolják azért, hogy lassítsák a legkönnyebben kimosódó nitrát formává alakulását. Az átalakulás mikroszervezetek közreműködésével két lépésben játszódik le:



A két folyamat bármelyikének gátlásával elérhető a kívánt cél. Leggyakrabban a nitrifikáció gátlását alkalmazzák, mivel a talajban az ammóniaforma jobban megőrződik –  $\text{NH}_4^+$ -ion formában megkötődve – a negatív töltésű talajkolloidok felületén. Ilyen nitrifikációgátló anyag a dicián-diamid, aminek a bomlásterméke szintén karbamid.

## Foszforműtrágyák

A nagyméretű, könnyen polarizálható elektronfelhőjű  $\text{PO}_4^{3-}$  ionokkal a nagy polarizálóképességű (nagy felületi töltéssűrűségű – kis méret, 2 pozitív töltés)  $\text{Ca}^{2+}$  ionok erős kötésű, kovalensbe hajló ionrácsot adnak. A vízzel való kölcsönhatás (a hidratáció) energiája kisebb, mint a rácsenergia, ezért a vízmolekulák nem képesek a rács ionjai közé férkőzni, az apatitot feloldani. ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$ , ahol az X lehet: F: Fluorapatit, Cl: Klórapatit, OH: Hidroxilapatit)



Nő az oldhatóság, ha a foszfátionokhoz kapcsolódó  $\text{Ca}^{2+}$ -ionok egy részét  $\text{H}^+$  ionokra cseréljük. Az így kialakuló  $\text{HPO}_4^{2-}$ , illetve  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -ionok kevésbé polarizálhatók, és OH-csoportjaik révén a vízzel erősebb kölcsönhatásba lépnek. Így a savanyú kalciumfoszfátok közül a  $\text{CaHPO}_4$ , (kalcium-hidrogénfoszfát) kevésbé, míg a  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  (kalcium-dihidrogénfoszfát) jól oldódik vízben. Ezt az átalakítást savakkal való feltárással nevezzük. A feltárást végezhetik kénsavval, foszforsavval vagy salétromsavval.

Az oldhatóságot még a  $\text{Ca}^{2+}$ -ionoknál kevésbé polarizáló alkáli-ionokkal ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) való kicseréléssel, illetve a 3 negatív töltésű ortofoszfát-ionok 1 negatív töltésű metafoszfát-ionná ( $\text{PO}_3^-$ ) alakításával növelhetjük. Ezeket hőkezelés hatására bekövetkező vízvesztéssel érhetjük el. Az így feltárt műtrágyákat termofoszfátoknak nevezzük.

A foszforműtrágyák foszfortartalmát hagyományból foszfor-pentoxidra ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) számolva adják meg, ami nem jelenti azt, hogy bármelyikben is a foszfor  $\text{P}_2\text{O}_5$  alakjában van. A  $\text{P}_2\text{O}_5$  – a foszforsav anhidridje – ugyanis nagyon reakcióképes, vízzel például robbanásszerűen egyesül.

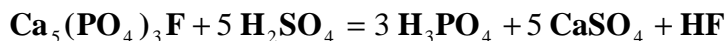
### Nyersfoszfát-műtrágyák

Foszforral jól ellátott talajokon fenntartó trágyázásra – illetve erősen savanyú talajokon, – eredményesen használhatók a nyersfoszfátok, ha felületüket finomra őrléssel jelentősen megnövelik. Istállótrágyával együtt érlelve, részlegesen feltárodnak. Nyersfoszfát műtrágya a HIPERFOSZFÁT: Hatóanyag-tartalma 29%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Finomra őrlött.

### Savval feltárt foszforműtrágyák:

**Kénsavas feltárással** készül a szuperfoszfát.

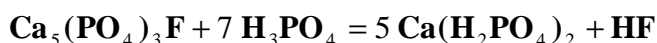
Az alapanyag fluorapatit kénsav feltárása az alábbi reakcióegyenletekkel leírható két folyamatra bontható:



Az első folyamat mintegy 30 perc alatt lezajlik, míg a második 6–30 nap tárolás alatt – az u.n. utófeltárással – megy végbe. A feltárást savfelesleggel végzik, hogy a foszfátreverziót (az oldhatatlan formába való visszaalakulást) elkerüljék. Ezért a késztermék 2–3% szabad foszforsavat is tartalmaz. Így készül a

**SZUPERFOSZFÁT:** Cementszürke szemcsés műtrágya. Hatóanyag-tartalma: 18–20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . 2–3% szabad foszforsavat tartalmaz, a talajt kis mértékben savanyítja.  $\text{CaSO}_4$ -tartalma különösen szikes talajokon előnyös.

**Foszforsavas feltárással** készül a **TRIPLESZUPERFOSZFÁT** Hatóanyag-tartalma 45%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Hatóanyaga azonos a szuperfoszfátéval (kalcium-dihidrogén-foszfát), de gipszet nem tartalmaz. A nyersfoszfát foszforsavas feltárással állítják elő a szuperfoszfát gyártásnál bemutatott második reakció szerint.



A szükséges foszforsavat külön gyártási folyamatban a szuperfoszfát gyártás első reakciója szerint az egyéb termékektől elválasztva (extrakciós foszforsav), vagy magas hőmérsékleten szénnel végzett redukcióval gyártott elemi foszforból készítik.

A nyersfoszfátok **salétromsavas feltárást** az összetett műtrágyák gyártásánál használják.

## Termofoszfátok

Rhenánia- a Lübeck- és a Röchling-foszfát  $\text{CaNaPO}_4$ -hatóanyaggal (18–28%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), és a kalcium-metafoszfát,  $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$  (64%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). A nyersvas Thomas-eljárással történő finomítása során melléktermékként keletkezik a Thomas-salak (14–20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

## Káliműtrágyák

A káliműtrágyák alapanyaga a tengervíz bepárlódásából származó sótelepek fedősó-rétegében található KCl, amit átkristályosítással tisztítanak meg a vele együtt előforduló más anyagoktól, főleg konyhasótlól (NaCl).

**KÁLIUMKLORID** (Kálisó). Hatóanyag-tartalma a tisztítás fokától függően: 40, 50 ill. 60%  $\text{K}_2\text{O}$ -ra számítva. A  $\text{K}_2\text{O}$ % ban megadást szintén csak hagyományból használják, és a kálium a műtrágyában sohasem ebben a nagyon reakcióképes kémiai alakban van.

**KÁLIUMSZULFÁT**. Hatóanyag-tartalma 50%  $\text{K}_2\text{O}$ -ra számítva. Kloridérzékeny gyümölcs- és zöldségkultúrákban használják. KCl-ből gyártják a szintén a fedősóban előforduló magnéziumszulfát felhasználásával.

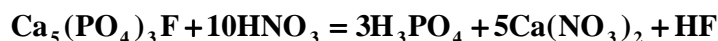
## Összetett műtrágyák

Több hatóanyagot tartalmazó műtrágyák. Több hatóanyagot együttesen tartalmazó vegyületek, illetve a monoműtrágyák keverésével gyárilag állítják elő. Előnyös tulajdonságuk, hogy nagy tápanyagtartalmúak, és lehetővé teszik egy menetben több hatóanyag kijuttatását. Hátrányuk viszont a magasabb árak, és a szükségletet nem teljes mértékben lefedő tápanyagarány választékuk.

Jellemző összetevőjük az ammónium-foszfátok: a monoammónium-foszfát (MAP  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  hatóanyag-tartalma: 12,2% N és 61,7%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) és a diammonium-foszfát (DAP  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  hatóanyag-tartalma: 21,2% N és 53,8%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Nitrogént és foszfort tartalmazó keveréket nyernek a nyersfoszfátok salétromsavas feltárása utáni ammonizálás nyomán is ( $\text{CaHPO}_4$  és  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  hatóanyag-tartalommal).

A fluorapatit salétromsavas feltárása:



Kisebb hatóanyag-tartalmú, ezen belül főleg alacsony nitrogéntartalmú, műtrágyák kiinduló terméke az ammonizált szuperfoszfát. A kénsavas feltárás során nyert szuperfoszfát szabad savtartalmának ammóniával való részleges semlegesítésével készül.

A nitrogén- és foszfortartalmú féltermékeket szükség szerint káliumkloriddal, karbamiddal vagy ammóniumnitráttal egészítik ki a megfelelő arány beállítása érdekében.

Az összetett műtrágyák hatóanyag-tartalmát három egymás után írt, – egymástól kötőjellel elválasztott – számmal szokták jellemezni. Az első a nitrogéntartalom N%, a második a foszfortartalom  $\text{P}_2\text{O}_5$ %, a harmadik a káliumtartalom  $\text{K}_2\text{O}$ %-ban kifejezve.

## Oldatműtrágyák

Az oldatok töménysége korlátozott. Elsősorban kiegészítő műtrágyázásra (pl. levéltrágyázásra) használják az oldatműtrágyákat.

**UAN-oldat:** A karbamidból (U) és az ammóniumnitrátból (AN) együtt nagyobb koncentrációjú oldat készíthető mint külön-külön feloldva. 30% N-t tartalmaz a HIDRONIT 30, 28% N-t tartalmaz a NITROSOL 28, kalciumtartalmú és 22% N-t tartalmaz a NITROSOL Ca.

**NP-oldatok:** foszforsav ammóniával való reagáltatásával készülnek. Foszforsav helyett polifoszforsavakat használva nagyobb töménységű oldatokat készíthetnek. Ezeknek az oldatoknak a nitrogéntartalma viszonylag alacsony. Ez UAN-oldat hozzáadásával növelhető. KCl-kiegészítéssel NPK-oldatok nyerhetők. Ilyen különböző NPK arányúra beállított oldatműtrágyák a TOMASOL-készítmények.

**Kelátok:** A nehézfém mikroelemek másodlagos kémiai kötések segítségével szerves komplex vegyület formájában vízben jól oldható formába vihetők. A komplexképzők a laboratóriumokban is használt EDTA (Etilén-Diamin-Tetra-Ecetsav) vegyülettől a huminsavakig nagyon sokfélék lehetnek. Gyártanak egy és több hatóanyagot tartalmazó készítményeket, esetenként makroelem-kiegészítéssel.



## Szuszpenziós–műtrágyák

Nagyobb hatóanyag-tartalmú (40–50%) műtrágyákat kapnak, ha az oldatban levő tápanyagon felül további mennyiségeket igen apró szilárd formában egyenletesen eloszlatva lebegő állapotba (szuszpenzióba) visznek. A szuszpenzió kiülepedését keveréssel és szuszpenzió-stabilizáló anyagokkal gátolják. Szuszpenzió-stabilizáló anyag lehet ipari melléktermék (melasz), szerves-trágya-készítmény (VINASZ), agyagásvány (bentonit).

A szuszpenziós műtrágya vásárlásakor fokozott szerepe van a bizalomnak. Mivel csak korlátozott ideig tárolható, gyanú esetén nincs lehetőség az összetétel utólagos ellenőrzésére. A nagy mennyiségek miatt 1–2 százalékkal nagyobb víztartalom, vagy a drágább komponens (N) részleges olcsóbb komponenssel való helyettesítése a gyártónak óriási többlethasznot jelenthet a vásárlók kárára. Szuszpenziós műtrágyát a műtrágyagyárak és – az ország több pontján létesített – keverőtelepek állítanak elő. Előállítás után közvetlenül felhasználandó, mert a tárolása csak keverővel ellátott tartályokban lehetséges.

A nitrogén-foszfor-kálium arány széles határok között változtatható. Mivel az arányok változtatása a berendezések átállítását igényli, az előállított választék a gyakorlatban szűkebb.

A szuszpenziós műtrágyák két típusba sorolhatók attól függően, hogy a kiindulási alapoldatot UAN-oldat vagy MAP-ból készített oldat képezi.

**UAN-oldat alapú**, szuszpenziós műtrágyák esetében oldatfázisban a nitrogén és a káliumklorid egy része, míg a szuszpenziós fázisban szuperfoszfát, triplefoszfát, illetve a káliumklorid többi része található.

**MAP (Mono-Ammonium-Foszfát) alapú** a legtöbb szuszpenziós műtrágya. A foszfortartalom teljes egészében oldatban van. A szintén oldatban levő nitrogén-komponens szükség szerint UAN-nal kiegészíthető. Nagyrészt szuszpenziós fázisban van a KCl-tartalom.

### A műtrágyák legfontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

A műtrágyák lényeges jellemzői a hatóanyag összetételén túl a kísérő anyagok minősége és mennyisége, savanyító és ozmotikus hatása valamint a higroszkóposága.

#### A műtrágyák savanyító hatása

A legtöbb műtrágya alkalmazása a talaj savanyodását idézi elő. A **műtrágyák savanyító hatása** a savanyítás módja szerint három csoportba sorolható. Ezek a kémiai savasság, fiziológiai savasság, biológiai, vagy átalakulási savasság.

**Kémiai savasság.** A szabad savat tartalmazó vagy savasan hidrolizáló műtrágyák. Szabad savat tartalmaz a szuperfoszfát, savasan hidrolizálnak az ammóniumsók.

Az ammóniumnitrát hidrolízise: 
$$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$$

**Fiziológiai savasság.** Azon műtrágyák, amelyeknek a kation-komponensét nagyobb mértékben veszi fel a növény mint az anion-komponensét, fiziológiailag savanyító hatásúak. Példa erre a káliumklorid. Miközben a növény gyökere a  $\text{K}^+$ -ionokat felveszi, a  $\text{Cl}^-$ -ionokat pedig nem, vagy csak kisebb mértékben. A gyökér – az elektron-neutralitás fenntartása érdekében – a felvett többlet pozitív töltéssel egyenértékű  $\text{H}^+$ -iont bocsát ki. Ennek ellentéte a **fiziológiai lúgosítás**, amikor a növény a műtrágyából származó ionok közül az anionokat veszi fel nagyobb arányban. Erre példa a kalcium-dihidrogénfoszfát ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ) a szuperfoszfát és a tripleszuperfoszfát hatóanyaga. Ebben az esetben a  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ionnal felvett többlet negatív töltést  $\text{OH}^-$  vagy  $\text{HCO}_3^-$  ionok kibocsátásával egyenlíti ki a gyökér. Ez a hatás a talajsavanyúság csökkentését eredményezi.

**Biológiai, vagy átalakulási savasság.** Mikroszervezetek közreműködésével az ammónia nitrifikációja során salétromsav keletkezik. 
$$\text{NH}_3 + 2 \text{O}_2 = \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

Nemcsak az ammóniumsókra, hanem az amidnitrogén tartalmazó műtrágyákra (karbamid) is jellemző ez a savanyító hatás, hiszen ezekből is ammónia keletkezik az első lépésben..

A savanyító hatás ellensúlyozására szükséges  $\text{CaCO}_3$  mennyiségét a „mészindex” fejezi ki. A mészindex azt a kg-ban megadott  $\text{CaCO}_3$  mennyiséget jelenti, amely a műtrágya 100 kg hatóanyag tartalmára (N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) vonatkozik. Savanyító hatású műtrágyák esetén a mészindex előjele negatív, lúgosító hatásúak esetében pedig pozitív.

### Ozmotikus hatás

A műtrágyák vízben oldható sók lévén, befolyásolják a talaj-gyökér határfelület ozmotikus viszonyait. Ha a talajoldatban nagyobb koncentráció alakul ki mint a gyökérfelület sejtjeiben, akkor a vízáramlása megfordul. Az ellentétes irányú vízáramlás hatására a gyökér összeaszalódik, a növény kiszárad. Ennek jellemzésére az  $\text{NaNO}_3$  hatásával összehasonlíto %-os mértékszámként a „sóindexet” vezették be. Viszonyításra azért használják a  $\text{NaNO}_3$ -ot mert ez volt az első műtrágya (Chilei-salétrom).

### Higroszkóposság

A műtrágyák **higroszkóposságát** azzal a levegő páratartalommal jellemzik, amelyen tárolva a műtrágya vizet vesz fel, és elfolyósodik. Ezt az értéket hívják **Kritikus Relatív Légnedvességnek**, röviden **KRL-értéknek**. A levegőben levő relatív légnedvesség általában 60–70%, de zivatarok idején elérheti a 90–100%-ot is. Az 50% alatti relatív légnedvesség elsősorban sivatagban, vagy párástítás nélküli központi fűtéses lakásban fordulhat elő. Mielőtt a műtrágya elfolyósodna a megfelelő KRL értéken először egy kevés nedvesség hatására összezsomósodik. Ez lehetetlenné teszi a műtrágya egyenletes kiszórását. A 40–60% KRL értékek erősen higroszkópos tulajdonságra utalnak. Ilyen esetben célszerű a műanyagzsákos tárolás. A 80% feletti KRL érték esetében nem tekintjük higroszkóposnak a műtrágyát. Ilyen esetben lehetséges a szabadban is a tárolás, persze csapadéktól védve, műanyag fóliával letakarva. A fontosabb műtrágyák kísérőelemei és főbb fizikai jellemzői:

Műtrágyák megnevezése	Kísérő elemek (kg/100 kg)					Mész index	Só index	KRL %	Sűrűs. t/m <sup>3</sup>
	Ca	MgO	S	Na	Cl				
Mészammon-salétrom	10–20	2–7	–	–	–	–10	75	61	1,4
Ammónium-nitrát	–	–	–	–	–	–60	61	59	1,2
Ammónium-szulfát	–	–	23,5	–	–	–100	69	79	0,6
Kalcium-nitrát	27	2,5	–	–	–	+60	53	47	0,8
Karbamid	–	–	–	–	–	–80	31	75	0,6
Szuperfoszfát	25–30	–	12–14	–	–	+20	10	94	1,1
TriplezsUPERfoszfát	10	–	–	–	–	+30	–	94	1,7
Termofoszfát	30	1	–	15	2–10	+50	–	97	1,6
Kálium-klorid 40%-os	1	2	1,5	10	45	–40	46	84	1,3
50%-os	0,5	0,7	0,5	3,8	47	–40	46	84	1,3
60%-os	–	–	–	1,1	46	–40	46	84	1,3
Kálium-szulfát	–	1	17	0,5	1,5	–20	32	96	0,9
MAP	–	–	–	–	–	–40	35	92	1,2
Nitrofoszka 16–16–16	10	–	–	–	–	–30	35	50	
Ipari kevert 10–10–10	20	–	8	–	–			45	

### Műtrágyakeverés

Mivel műtrágyázáskor általában több hatóanyag kijuttatására van szükség. Ez megtehető költséges módon monoműtrágyák több menetben való kijuttatásával, vagy drágább összetett műtrágyák alkalmazásával. A költségkímélő módszer a monoműtrágyák üzemi keverése és egy menetben való kijuttatása. A műtrágyakeverésnek viszont kémiai és fizikai feltételei vannak.

## 8. A talaj

### A talaj fogalma, jelentősége

A talaj a szilárd földkéreg legkülső, laza takarója. Legfontosabb tulajdonsága a termékenység, vagyis az a képessége, hogy megfelelő időben és a szükséges mennyiségben képes a növényeket vízzel és tápanyagokkal ellátni.

A talaj olyan természeti erőforrás, amely az élő és élettelen természettel szoros kölcsönhatásban folyamatosan képes megújulni. Az alatta fekvő kőzettel, a vízzel, a levegővel és az élővilággal együtt a természeti környezet része, emellett ősidőktől fogva az ember legfontosabb termelőeszköze. Helytelen használata azonban teljes pusztuláshoz vezethet.

A köztudatban úgy terjedt el, hogy a talaj a legfelső megművelt réteg. A növények gyökerei azonban jóval mélyebbre is lehatolnak. Valójában talajnak tekinthető a felszíntől az elművelt területig terjedő – néhol vékonyabb, másutt vastagabb, átlagosan 1,5–2 m vastagságú – réteg. Ennek függőleges metszete a talajszelvény.

A kertet művelők tapasztalják, hogy az ásás mélységével változik a talaj jellege. Figyelmes tanulmányozással nemcsak a szokásos, könnyen észrevehető fel- és altalaj különböztethető meg, hanem ennél jóval több réteg. Ezek színükben és más tulajdonságaikban is eltérnek egymástól. Az egyes rétegeket genetikai talajszinteknek nevezik. Ezek nem különböző geológiai rétegek, és nem is a folyók különböző időben elterített hordalékrétegei, hanem olyan képződmények, amelyek a talajban végbemenő folyamatok hatására alakultak ki.

A talaj mint a szilárd földkéreg legkülső takarója felfogja és összegezi a földfelszínre érő fizikai, kémiai és biológiai hatásokat, amelyek a természet erőitől és az embertől származnak. Ennek következtében többféle funkciója van. Ilyen az energiaátalakítás, az anyag- és energiátárolás.

A napsugárzás óriási energiamennyiséget közvetít bolygónkra. E sugárzás nagy része látható fény formájában érkezik. A sötét színű talaj a fényt elnyeli, és az elnyelt fény energiája felmelegíti a talajt.

A talaj a rajta élő növényzet közvetítésével is jelentős szerepet játszik a Föld energiaforgalmában. A növények a napsugárzás energiájának felhasználásával szerves anyagot állítanak elő a talajból származó tápanyagokból, a vízből és a levegő szén-dioxidjából. E folyamat – a fotoszintézis – során oxigén fejlődik, amely az élet számára nélkülözhetetlen. A megkötött napenergia a növények anyagában kémiai energiaként raktározódik el. Az elpusztult növények maradványai a talajba kerülnek, és ott részben humusszá alakulnak. Az energia így módon elraktározódva a talajban élő szervezetek anyag- és energiaforrása lesz.

Az egész Földre vonatkoztatva a fotoszintézis során óriási mennyiségű sugárzási energia kötődik meg. Jelenlegi energiaforrásaink közül a szén, a kőolaj és a földgáz főleg növényi eredetűek, emellett napjainkban rengeteg növényi anyagot használ fel az emberiség élelmezési és ipari célokra. Ezért valószínűnek látszik, hogy a jövőben is ez a talaj-növény energiátranzformátor-rendszer lesz a legfontosabb eszköz a napenergia földi hasznosításában.

A talaj képes a felszínre kerülő anyagokat megkötni, és hosszabb-rövidebb ideig raktározni. Közülük azoknak a felhalmozódása a legfontosabb, amelyek a növények számára tápanyagul szolgálnak. A Föld legtöbb pontján a csapadék eloszlása az év folyamán nem egyenletes, ezért nem folyamatos a növények vízellátása sem. Egyes helyeken özvízszerűen, egy-két nap vagy hét alatt esik le az egész évi csapadék, másutt pedig csupán télen esik az eső, nyáron szárazság van. Ezért olyan rendkívül lényeges a talaj víztartó képessége, amelynek köszönhetően a növények folyamatosan juthatnak vízhez.

Fontos a talaj mint támasztó közeg a növények, valamint a rajta és benne élő szervezetek számára. A talaj támaszt nyújt az ember és építményei számára is. Amikor épületeket emelnek, vagy utakat építenek, akkor a talaj tulajdonképpen megszűnik eredeti feladatának megfelelően funkcionálni. Ezért a lehető legkisebb területet kellene ilyen célokra igénybe venni, és – lehetőség szerint – az ipari létesítményeket is csak olyan helyekre kellene építeni, ahol a talaj termékenysége kicsi. A talajnak van egy új keletű funkciója is. A hétvégi telkek megművelése, a kertészkedés, visszavezeti az elvárosiasodott embert az élő természethez.

A talaj a természetben több tényező között kiegyenlítő szerepet játszik. A felszínről kisugárzott hő felmelegíti a környezetet, így csökkenti a napi középhőmérséklet-ingadozást. A rajta élő növények

közvetítésével a talajt részt vesz a levegő szén-dioxid és oxigén-tartalma közti egyensúly fenntartásában, a mikroklíma kialakításában, valamint a párolgás és felmelegedés szabályozásában. Egyik legfontosabb feladata, hogy számos növény- és állatfaj számára biztosít életteret. Az emberi környezetre nézve lényeges tulajdonsága a tisztítóképesége. A rajta átszivárgó vízből különböző szennyező anyagokat megköti, ezért is fertőtlenítő és szűrő szerepe van a felszínről leszivárgó szennyezett vizek tisztításában. Ez a tisztítóképesége azonban megszűnik, ha a szennyező anyagok túl sokáig vagy túl nagymértékben szennyeznek.

A szennyezés úgy is felfogható, mint egyes anyagok kiemelése a természetes körforgásból és feldúsulása valamely helyen. A szennyező anyagok a levegőben és a vízben csak lassan bomlanak le, és kerülnek vissza a körforgásba. A talajnak ezzel szemben óriási aktív felülete van, ezért anyagmegkötő képessége is jóval nagyobb, ezenkívül olyan mikroszervezetek élnek benne, amelyek a szennyezéseket lebontják. E folyamatok során az addig megkötött különböző szennyezések az anyagok körforgásában is megtalálható alkotórészekre bomlanak, és így módon a természetes körforgásban újra részt vesznek. Egyes, természetben elő nem forduló anyagok, pl. a PVC és a polietilén nem, vagy csak nagyon lassan bomlanak le, mert a lebontásukhoz szükséges mikroszervezetek hiányoznak.

### A talajok kora

A talajok képződése során eltelt időt két képzeletbeli órán lehet mérni. Az egyik az **abszolút kort** mutatja, vagyis azt, hogy hány év telt el a talajképződés kezdete óta. Ez az óra a talajon kívül méri az időt. A Föld felszínén különböző időpontokban kezdődött a talaj kialakulása. Azokon a területeken, amelyeket a jégkorszak végéig jégtakaró fedett, csak annak visszavonulása után, tehát viszonylag későn indult meg a képződési folyamat. E talajok abszolút kora kb. 10.000 év, míg a szárazföldek kialakulása óta jégmentes trópusi vidékek talajai több millió évesek is lehetnek. A magas hegységekben a visszahúzódó gleccserek nyomán pedig napjainkban, szinte a szemünk láttára indul meg a talajképződés.

A másik óra a **relatív kort** méri. Ez az óra magában a talajban van, nem években mutatja az időt, hanem azt jelzi, hogy az azonos idő alatt kialakult talajok milyen fejlődési állapotig jutottak el. Ennek az órának a nulla időpontja az érintetlen anyakőzet állapota. A relatív kor az anyakőzethez viszonyított változást, differenciálódást, a genetikai szintek kialakulását fejezi ki. Fiatal az a talaj, amelyikben valamely talajtípus tulajdonságainak csupán az első jelei mutatkoznak meg, kifejlődött pedig az, amelyben a talajtípus genetikai szintjei már jól elkülönülnek. Előfordulhat, hogy egyes tulajdonságok vagy az anyakőzet sajátosságai jelentősen hátráltatják a talajtípus kifejlődését. Ha pl. egy talaj kalcium-karbonátot tartalmaz, akkor a savanyú közeget igénylő végbemenő kilúgozás csak lassabban indul be, mint a hasonló éghajlati viszonyok mellett kalcium-karbonátot nem tartalmazó talajon. A kalcium-karbonátnak ugyanis először el kell bomlania ahhoz, hogy a talaj savanyú kémhatású legyen, ez pedig meglehetősen időigényes folyamat.

A talajképző tényezőknek hatásuk kifejtéséhez tehát időre van szükségük. A folyók hordalékán képződő ún. öntéstalaj esetében az erodálódott talajfelszínen vagy a futóhomokon nem volt elegendő idő arra, hogy valamely talajtípus kifejlődjön. Általában néhány száz, illetve néhány ezer esztendő szükséges ahhoz, hogy a talajképző tényező hatása alatt álló talajok környezetükkel egyensúlyba kerüljenek. Ennek az egyensúlynak a kialakulása trópusokon esetleg már néhány évtized alatt is megtörténhet.

Általában nem lehet pontosan megjósolni, hogy a Föld valamely pontján mennyi idő szükséges egy új talajtípus létrejöttéhez. Azt viszont tudjuk, hogy egy kialakult talajtípus addig maradhat fenn, ameddig a talajképző környezeti tényezők változatlanok maradnak.

A megművelt talajokon a művelés kezdetétől fogva fokozatosan csökken a szervesanyag-tartalom. Az eleinte gyors, majd egyre lassuló változás 100–200 évig is tarthat. Ennyi idő szükséges ahhoz, hogy az emberi tevékenységgel és a természet erőivel egyaránt egyensúlyban lévő új állapot kialakuljon.

Ha az erózió lepusztítja a talaj humuszos anyagát, akkor megszűnnek az addigi talajképződés eredményei, és a megfiatalodott talajfelszínen új folyamatok indulnak meg. Ekkor a talaj relatív korát jelző óra visszaáll a nullapontra. Nemcsak a természet erői képesek megváltoztatni egy elért fejlődési állapotot, hanem az emberi tevékenység is. Így a talajok mélyművelése során összekeverednek a genetikai szintek, a meszezés pedig csökkenti a talaj savanyúságát. Mindkét beavatkozás tulajdonképpen egy korábbi fejlődési állapotába juttatja a talajt, ezzel az ember visszaállítja a talaj korát jelző órát. Az ellenkezője is előfordulhat: savanyító hatású műtrágyák rendszeres használatakor a talajok rohamosan elsavanyodhatnak, ami olyan következményekkel jár, mintha megnőtt volna a kilúgozás sebessége. Az

emberi tevékenység ebben az esetben meggyorsítja a talaj következő fejlődési állapotának kialakulását, vagyis előbbre állítja a benne lévő képzeletbeli órát. Az ember a talajjavítással a talajt a számára kívánatos korábbi vagy jövőbeli fejlődési állapotba viheti, esetleg egészen más irányú fejlődési pályára állíthatja. Az így elért fejlődési állapotot azonban a változatlan talajképző erők ismét az eredeti állapot felé térítik vissza. Így szűnik meg pl. előbb-utóbb a meszezés hatása, a talajjavítás során ugyanis a talajba juttatott kalciumionok is kimosódnak idővel a talajból.

### 5.1. Talajképző tényezők

A talaj különböző természeti tényezők, az ún. talajképző tényezők kölcsönhatásának eredménye. E tényezők azonban nagyon különböző mértékben vesznek részt az egyes talajok kialakításában, összjátékuknak sokféle kombinációja lehetséges, ez pedig sokféle talaj képződéséhez vezet. A talajszelvény a tükre azoknak a hatásoknak, amelyek a talajt létrehozták.

A következő fő talajképző tényezőket különítjük el: éghajlat, növényzet, anyakőzet, domborzat és talajvízhálózat, a talajképződés időtartama (ezzel korábban már foglalkoztunk) és az ember tevékenysége.

**Az éghajlat.** Közismert, hogy a nagy éghajlati övek változásának megfelelően változnak a növényzeti övek is. A sivatagi övet észak felé a félsivatag, majd a száraz mezőség váltja fel, azután a nedvesebb mezőségek következnek. Ezeket a még több nedvességet igénylő lomb-, majd fenyőerdők öve váltja fel, végül a sorozatot északon a tundra öve zárja le. A növényzeti öveknek ezt a szabályszerű váltakozását a hegyláncok és az óceánok közelsége megzavarja, csak az eurázsiai földrész középső részén, a nagy orosz síkságon és Szibéria nyugati felében nem érvényesülnek ilyen hatások. Ezért nem meglepő, hogy az éghajlatnak és a növényzetnek a talaj kialakulásában játszott szerepét először az orosz talajkutatók ismerték fel. Tőlük származnak az éghajlati és a növényzeti öveknek megfelelő talajövek jellegzetes talajainak elnevezései.

A különböző éghajlati övek alatt eltérő módon mállanak a kőzetek, ami természetesen a talajképződésre is kihat. Az egyes éghajlati tényezők közül a csapadék és a hőmérséklet van a legnagyobb hatással a talajképződésre. A csapadék a feltalajból többé-kevésbé kimossa az alatta lévő rétegekbe a sókat, a tápanyagokat és az egyéb mállástermékeket. A hőmérséklet pedig a párolgás mértékét szabályozza, és ezzel döntő tényező többféle talaj kialakításában.

**A növényzet.** Egy adott területen mindig az éghajlatnak és más környezeti feltételeknek megfelelő növényzet alakul ki, amely ott és addig díszlik, ameddig a feltételek olyan mélyrehatóan nem változnak meg, hogy az már a növényzet megváltoztatását is maga után vonja. Ezzel egyidejűleg a kialakuló talaj a növényzetnek megfelelő saját jelleget ölt. Ilyen értelemben beszélhetünk fenyő-, bükk-, tölgyerdő, rét, és füves mezőség alatt képződött talajokról.

A növényzet föld feletti része elsősorban talajtakaróként hat. A talaj élő takarója a szél hűtő, melegítő és szárító hatása ellen, tehát a talajfelszín kiszáradása ellen nyújt védelmet. Úgy is mondhatjuk, hogy szabályozza a nedvesség- és hőmérsékletviszonyokat. A csupasz felszín a talajt hajszálcsovein keresztül távozó víz kiszárítja. Ezt a zárt növénytakaró megakadályozza, főként azért, hogy hátráltatja a felszín felmelegedését, így a talaj és a növénytakaró között páratelt a levegő. Természetesen nemcsak a csupasz, fedetlen talaj, hanem a növénytakaróval fedett talaj is szárad, mégpedig a növénytakaró jellegétől függően más és más mélységben. Így pl. a mélyen gyökerező fák alulról szárítják a talajt, míg a fűvek inkább a felszínhez közel. Annak pedig, hogy a növények gyökerei milyen mélységből szívják el a vizet, jelentős a hatása a talajképződési folyamatokra.

A növényzet föld alatti részei, a gyökerek hatására a talaj fellazul, és ezáltal szellőződik. A finom eloszlású hajszálgökök ugyanis megakadályozzák, hogy a talajrészecskék összetapadjanak, illetve az összetapadt részecskéket megbontják. Jól látható a gyökerek lazító hatása, ha a mezőn kiemelünk egy gyeptéglát. Ez teljesen át van szöve gyökerekkel, szerkezete tökéletesen morzsalékos. A növényi gyökerek a talaj mélyebb rétegeiből is vesznek fel tápanyagokat, így bevonják azokat is az anyagok biológiai körforgásába. Az elhalt növényzet föld feletti és föld alatti részei szolgáltatják a talaj szerves anyagának zömét.

**A talajképző kőzet.** Néha a talajképző kőzet nyomja rá legjobban a bélyegét a kifejlődő talajtípusra. Ilyenek a közethatású talajok. Sok esetben termelnek pl. szőlőt olyan köves vagy murvás váztalajon, amelyet nehéz volna valamilyen típusba sorolni, emiatt csak a talajképző kőzetet szokták megnevezni. Az egykori agrogeológiai talajosztályozás is ennek alapján készült, és csak gránit-, bazalt-, homokkő-, mészkő-, dolomit-, agyagpala- és lösztalajokról beszéltek. Sokkal kisebb a talajképző kőzet szerepe a

hatalmas területeket beborító – éghajlati öveknek megfelelő – zonális talajok esetében, itt ugyanis különböző alapkörzeteken azonos típusú talajok alakultak ki.

**A domborzat.** Az Egyenlítővel párhuzamos talajzonális mellett létezik a hegyvidékeken – a magassági szinteknek és terület fekvésének megfelelő – függőleges zonalitás is. Ez azt jelenti, hogy a nagy éghajlati öveknek megfelelő talajövek itt néhány ezer méteren belül előfordulnak. A Kárpátokban pl. 100–700 m magasság között a tölgyesek alatt agyagbemosódásos barna erdőtalaj, 700–1100 m között a bükkösök alatt podzolos barna erdőtalaj, 1100–1700 m között a fenyvesek alatt hegyipodzol, 1700–2000 m között a törpefenyők alatt alhavasi réti podzol, 2000–2200 m között havasi réti talaj, 2200 m-től pedig növényzet nélküli köves váztaalakul ki.

A domborzat talajképző hatása egyéb módon is megnyilvánul. A hegységek déli lejtőin a merőlegesen beeső napsugarak miatt a felszín erősen felmelegszik és kiszárad, ezért itt olyan talajok keletkeznek, mint amelyek a területtől délre fekvő melegebb és szárazabb övekre jellemzőek. Az északi lejtők talajai pedig a hidegebb és nedvesebb öv talajaival azonosak. A domborzat határozza meg a talajeróziós folyamatoknak leginkább kitett területsávokat és a hordalék lerakódásának helyét is.

**Talajvízhálózat.** Néha a talajvíz nyomja rá igen erősen a bélyegét a kifejlődő talajokra. Talajvízhatású talajképződéssel akkor kell számolni, amikor a talajvízszint 4 m-nél közelebb van a felszínhez. A talajvíz szintje fölött ugyanis – lazább talajokban 2 m-ig, a kötöttebb talajokban 3–4 méterig is – nagyobb a nedvesség az ún. kapilláris zónában. A talajvízszint időszakosan emelkedhet vagy süllyedhet, és ez az ingadozása lehet kedvező és kedvezőtlen. Kedvező akkor, ha időnként eléri a gyökérszóna alját, és nem sós. Kedvezőtlen akkor, ha az egész gyökérszónát átítatja, így levegőtlené teszi. A talajvízszint emelkedésével kapcsolatos talajképződési folyamatot rétiesedésnek nevezik. Ha a talajvíz szintje eléri a felszínt, láposodás, tőzegképződés következhet be. A talajvíznek a felszíntől való távolsága és sótartalma, valamint a klíma szabja meg pl., hogy réti vagy szikes talajok képződnek-e. Csernozjomtalaj alatt a talajvízszint általában 4 m-nél mélyebben, réti talaj alatt 0,5–3,0 m között, láptalaj esetében 0,5–1,0 m között húzódik.

Napjainkban sem lebecsülendő a felszíni vizek (folyók, patakok) hatása a talajképződésben: az ártereken gyarapítják, másutt pedig – erózió útján – csökkentik a talajok felületét.

**Az ember szerepe.** Az emberi tevékenység mindenkor módosítja a talajképződésben érvényesülő természeti tényezők hatását, mégpedig annál nagyobb mértékben, minél fejlettebb egy társadalom. Tudatos és helyesen átgondolt beavatkozással a termékenység megőrizhető, illetve növelhető, a hibás gazdálkodás ezzel szemben csökkenti a termékenységet, sőt meg is semmisítheti a talajt.

## 5.2. A talaj felépítése és tulajdonságai

### A talajok szeretlen anyagai

#### *Ásványok, kőzetek*

A Föld kérgének felső, átlagban mintegy 16 km vastagságú részét a szial-nak is nevezik. Ahogy neve is mutatja (szi-: szilícium, al-: alumínium), uralkodó elemei a szilícium és az alumínium, illetve ezek oxidjai és hidroxidjai. Kisebb, mintegy 2–5% mennyiséggel szerepelnek a vas, kalcium, nátrium, kálium, magnézium elemek. Ezek a fent említett elemek a szial 98%-át alkotják. A fennmaradó részben található meg a magma és a földkéreg további összes eleme.

Ezek az elemek ásványokat alkotnak. Az ásványok kevés kivétellel szeretlen eredetű, jellemző fizikai tulajdonságú és kémiai szerkezetű, kristályos, szilárd testek. Többnyire olvadékokból, oldatokból válnak ki és szilárdulnak meg. Az ásványok meghatározott társulásai alkotják a kőzeteket. A kőzeteket magmás, üledékes és metamorf kőzetek csoportjaiba sorolhatjuk be.

#### *Magmás kőzetek*

Különbséget tehetünk közöttük megjelenésük és ásványi összetételük alapján.

- *Mélyégi magmás kőzetek*

Mélyégi magmás kőzetek alatt azokat a magmás kőzeteket értjük, amelyeknek megszilárdulása felszín alatti csatornában, magmakamrákban ment végbe, és csak a későbbi kéregmozgások eredményeképpen kerülhettek a felszínre. Amikor a magma lehül, a csökkenő hőmérséklet elsőként a magasabb olvadáspontú alkotórészek kristályosodását vonja maga után. Mivel a lehülés lassú, az alkotók nagy

ásványszemcsékben kristályosodnak ki. Az ebbe a csoportba tartozó **gránit** közel azonos méretű ásványszemcséi között megtalálhatjuk az áttetsző vagy fehéres kvarcot, a rózsaszín vagy fehéres (de nem áttetsző) földpátokat, a fekete, lemezes, csillogó biotitcsillámokat egyaránt.

- *Kiömlési kőzetek*

A kiömlési kőzetek többnyire láva alakban a felszín közelébe vagy felszínre kerültek, és ott is szilárdultak meg. Legfontosabb és legismertebb képviselőik a bazalt, az andezit és a riolit. A magmás kőzetek ásványi összetételére a szilikátok magas aránya jellemző, és kovásvartartalmuk is fontos mutató. Ez utóbbi segítségével különítünk el savanyú (több kovásvat tartalmazó) és bázikus (kevesebb kovásvat tartalmazó) kőzeteket. A lényegesen gyorsabb kihűlés miatt a kőzetek ásványszemcséi nagyon aprók.

A **bazalt** sötét színű, kevés kovásvat tartalmazó fekete kőzet. Alkáli és mikroelem tartalma jelentős. A Balaton-felvidéken található.

Az **andezit** világosabb színű, tarkább kőzet. Összetétele átmenetet képez a bazalt és a riolit között. A Börzsönyben és a Mátrában található.

A **riolit** tartalmazza a legtöbb szilíciumot. Nem nagyon gyakori, hiszen a sűrű, viszkózus magma nem gyakran folyik ki, inkább a magmakamrában hűl ki. Túlnyomórészt kvarc, földpát, ritkábban csillámok alkotják. Színe világos, gyakran fehér árnyalatú. A Zemplénben található.

A **magmás kőzetek befolyása a talajképződésre** többrétű. Függ a kőzetalkotó ásványok méretétől, kémiai összetételétől. Általánosan elmondható, hogy minél több a kovásvat a kőzetben, annál tápanyagszegényebb talaj képződik belőle. Minél több kalciumot, magnéziumot, káliumot, alumíniumot, vasat, mikroelemet tartalmaz, annál gazdagabb talaj képződhet a kőzetből.

#### *Üledékes kőzetek*

Négy nagy csoportba oszthatók: a vulkáni tufák, a törmelékes üledékes kőzetek, az oldatból kivált és a szerves eredetű üledékes kőzetek csoportjaiba.

- *Vulkáni tufák*

A vulkáni tufák a kiömlési kőzetekkel egy időben képződtek. A vulkáni működést kísérő hamuszórás anyagának lerakódásával keletkeztek. A kiömlési kőzeteknél porózusabbak. Ásványi összetételükre mindaz jellemző, amit a magmás kőzeteknél említettünk. Könnyen elmállanak. Így az egyébként alacsony mikroelemű riolit anyagú Tokaj-környéki tufa mállása során is jó mikroelem-tartalmú talajok keletkeznek.

- *Törmelékes üledékes kőzetek*

A felszínre került kőzetek mállanak, aprózódnak, majd később a gravitáció, a szél és a víz segítségével szállítódhatnak, osztályozódnak, majd újlag lerakódnak. Így keletkeznek a törmelékes üledékes kőzetek. Egyes esetekben cementálódhatnak, így tömörebb, ellenállóbb kőzetek fejlődnek belőlük.

Amennyiben a szemcséket összecementálja valami (karbonát, kovásvat), tömör kőzeteket alkotnak. A jellemző alkotórészek – és azok nagysága – így is felismerhető bennük. Kavics méretű frakciók cementálódásával keletkezik a töredezett alkotókat tartalmazó **breccsa**, és a legömbölyített kavicsokból álló **konglomerát**. Homokszemcsék cementálódásával homokkövek jönnek létre.

Az aprózódás mértéke alapján megkülönböztetünk 2 mm részecskeátmérőnél nagyobb alkotókból álló **durva üledéket**. Ezeket a kőzeteket többnyire görgetett, legömbölyített vagy összetöredezett részecskék, kavicsok illetve közettörmelék alkotják. Ásványi összetételükre jellemző, hogy többnyire a mállásnak, oldódásnak jobban ellenálló részekből (pl. kvarc) állnak. Ezért a későbbi mállási folyamatok is viszonylag kevés tápelemet fognak belőlük felszabadítani.

A **2–0,2 mm** közötti szemcsefrakciójú kőzetek a **homokos üledékek**. A folyóvízi szállítás későbbi szakaszában rakódnak le, majd szállítódhatnak el a lerakódás helyéről víz vagy szél által. Lerakódásuk ott történik, ahol a folyó annyira lelassul, hogy ezeket a viszonylag nagy részecskéket nem tudja tovább szállítani. Ásványi összetételükre még mindig az ellenálló, csak fizikailag töredező, kémiailag kevésbé málló kőzetek aránya jellemző. Ezért a homokkövek ill. futóhomokok termőképessége is kicsi.

A finomabb, **0,2–0,002 mm** átmérőjű kőzetliszt szemcséket a víz könnyebben szállítja, és a szél is hosszabban lebegtetí. A vízi eredetű üledékeket **iszapnak**, a folyók árteréből kifújt, szél által szállított anyagot pedig **lössnek** nevezzük.

A **lössök** átmenetet alkotnak a laza és a szilárd kőzetek között. A **típusos lösz** hullópora vékonyszálú füves pusztákba rakódott. A **löss-vályog** hullópora erdőbe hullott, ahol a talajképződés folyamatosan hatott a leülepedő anyagra, így az agyagosabb és kevésbé meszes kőzetet alkotott. Az **alföldi lösz** vizes térszintekre, mocsarakba hullott, ezért mállottabb, agyagosabb, gyengén rétegzett lehet.

Hazánkban különösen fontos szerepe van a szél tevékenysége nyomán képződött üledékes kőzetnek, a lösznek. A jégkorszak hűvös, száraz időszakaiban a folyóvizek által elterített üledékből a szél kifújta a finom port, messzebb elszállította, és ismét lerakta. Ebből keletkezett a lösz, amelyre a fakósárga szín, a jó vízvezetés, kalcium-karbonát-tartalom és függőleges irányban nagyfokú stabilitás jellemző. Ez utóbbi tulajdonság teszi lehetővé a löszvidékeken a jól ismert mély vízmosások és a mélyen bevágódott utak keletkezését. A löszréteg vastagsága hazánk területén nagyon változó. Néhol csak 1–2 m, a Dunántúl keleti részén azonban elérheti az 50 m-es vastagságot is. A dunántúli lösz durvább szemcséjű, a tiszántúli viszont több agyagos részt tartalmaz. A lösz a mezőségi talajok jellemző anyakőzete.

Szélmozgatta kőzet a futóhomok is, amely a finom pornál közelebb lerakott, durvább szemcsékből jött létre. A Duna-Tisza közének futóhomokja a változó helyzetű, időnként kiszáradó Duna-mederből, a nyírségi futóhomok a Tisza mellékfolyóinak törmelékújjaiból, a somogyi futóhomok a pannon kori elmállott homokkőből származik.

A Dunántúlon sok helyütt előforduló **agyag** pedig az egykori Pannon-tenger üledékéből képződött. A törmelékes üledékes kőzetek utolsó csoportját a legfinomabb, leghosszabban lebegtetett, **0,002 mm szemcseátmérőnél kisebb** frakciókból álló agyagos üledékek alkotják.

- *Oldatokból kivált üledékes kőzetek*

Az oldatokból kivált üledékes kőzetek képződésében az oldott állapotban lévő, illetve a legfinomabb szemcseméretű anyagok játszanak szerepet. A tengerek és tavak vizének bepárlódása, a tengerek élővilága, és más vízkémiai tényező következtében csapódtak ki, ülepedtek le. A törmelékes üledékek felé az agyagos márga képviseli az átmenetet, a mészkő pedig a szerves üledékekkel mutat rokonságot. A harmadik legfontosabb, valódi oldatból kivált kőzetünk a dolomit.

**Ásványi összetételükre** jellemző, hogy a legfontosabb karbonátok mellett kloridok (kősó), szulfátok(gipsz, glaubersó, keserűsó), nitrátok (salétrom), foszfátok (apatit) is képződhetnek.

A **mészkövek** ( $\text{CaCO}_3$ ) nagyon változatos színben, megjelenésben, különböző hasadozottsággal jelenhetnek meg. A mészkövet alkotó **kalcitnak** jól látható hasadási lapjai vannak, sósavval megcseppentve pezseg.

A **dolomit** ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) a mészkővel összehasonlítva törési felülete híg sósavval kezelve kevésbé vagy egyáltalán nem pezseg, elkapart pora azonban pezseg. Könnyebben apozódik mint a mészkő. Nagyobb köztömeg esetén jellegzetes, „murvás” repedettség is támpontot nyújt a megkülönböztetéshez.

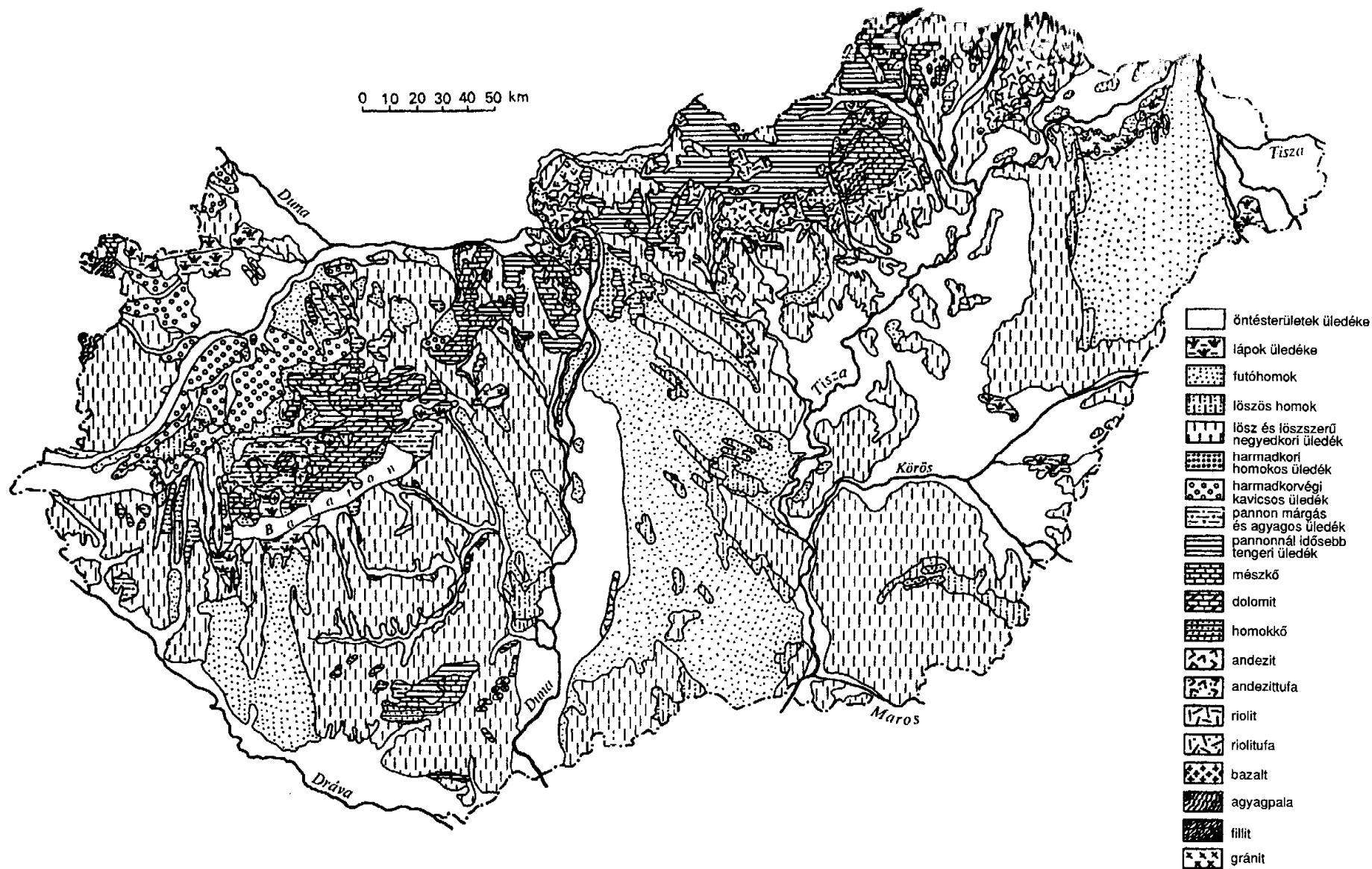
- *Szerves eredetű üledékek*

A szerves eredetű üledékek képződhetnek növényi vagy állati szervezetek közreműködésével is. A növényi eredetűek között a szenet, a tőzeget, az alginitet, a foszforitot, a diatómapalát említhetjük meg sokirányú hasznosításuk miatt. Állati eredetű a kőolaj, és bizonyos értelemben azok a mészkövek, melyeknek szövetét a tengervízben élő szervezetek mészváza alkotja. Ásványi összetételükben a foszfátok és a mész mennyisége jelentős.

*Az átalakult vagy metamorf kőzetek*

Az átalakult vagy metamorf kőzetek csoportjába azok a magmás és üledékes kőzetek tartoznak, melyek a kéregmozgások folyamán a mélybe süllyedtek, ezzel magas hőmérséklet és nagy nyomás alá kerültek. A kőzetet érő hatások alapvetően megváltoztatták, átkristályosították azt. Legismertebb a kvarc, a csillámok és a földpátok, az agyagból képződött agyagpala, a fillit, a csillámpala, a mészkőből képződött márvány. Erős hő- és nyomásnövekedés hatására jöttek létre. Külsőleg ezért jól láthatóan „meggyötörtek”, sokszor palásak az egyirányú, irányított nyomás következtében.





A fontosabb kőzetek elterjedése Magyarországon

A szilárd földkéreg becslések szerint 88 százalékban magmás, 7 százalékban átalakulási, 5 százalékban üledékes kőzetek alkotják. Kis százalékos arányuk ellenére a talajképződés szempontjából mégis az **üledékes kőzeteknek** van a legnagyobb jelentőségük, mert ezek borítják a földfelszín túlnyomó részét. **Hazánk területének 98 százalékát alkotják.**

A kőzetek ásványi – és ezen keresztül kémiai – összetétele szabja meg a **málláskor** képződő anyagok tulajdonságait, így a képződő talaj tápanyagkészletét is. Annál szegényebb egy talaj tápanyagokban, minél több szilícium-dioxidot, és annál gazdagabb, minél több kalciumot, magnéziumot, káliumot, alumíniumot és vasat tartalmaz.

A mállás a kőzetek pusztulása, felaprózódása és ásványaiknak átalakulása, amely végbemehet fizikai, kémiai és biológiai úton. A fizikai mállás szempontjából elsőrendű fontosságúak a hőhatások. A kőzetek rossz hővezetők, felszínük jobban melegszik fel és hűl le, mint a belsejük. Az egyes rétegek között így feszültségek támadnak, ez pedig repedések képződéséhez vezet. A repedéseket megtöltő víz megfagyva kitágul, és nyomja a repedés falát. A jég hatása különösen akkor jelentős, ha a fagyás, olvadás gyorsan ismétlődik. Nem elhanyagolható a gyökérzet feszítőereje sem, mint mállást elősegítő tényező.

A mozgó víz tovább aprózza a belekerült kőzetdarabokat, amelyek hol a mederhez, hol egymáshoz ütközve tovább aprózódnak. A fizikai aprózódás azonban csak egy bizonyos mérethez – mintegy 0,01 mm-es szemcseméretig – mehet végbe. Az ennél kisebb részecskéknek már nincs akkora mozgási energiájuk, hogy ütközés esetén tovább hasadjanak. Erre már csak kémiai mállás útján kerülhet sor.

A kőzetek anyagának kémiai átalakulása és a benne oldott anyagok – elsősorban a szén-dioxid – hatására játszódik le. Az oldódási folyamatok során a jól oldódó anyagok kimosódnak a kőzetekből. Elsősorban az alkálifémek (kálium, nátrium) és az alkáliföldfémek (kalcium, magnézium) sói oldódnak ki, mégpedig az oldhatóságuknak megfelelő sorrendben. A nagyobb felület, a megváltozott ásványi összetétel következtében a mállástermékek alkalmassá válnak arra, hogy a növényeknek vizet és tápanyagot szolgáltatassanak. A mállás nem azonos a talajképződéssel, általában megelőzi azt, de nem szűnik meg aközben sem, sőt sok esetben ilyenkor még nő is az intenzitása az ott lejátszódó más folyamatok hatására.

A mállás során a rosszul oldódó anyagok – mint a szilícium-dioxid, valamint a vas- és az alumínium-oxidok – vagy új agyagásványok felépítésében vesznek részt, vagy pedig oldhatatlan oxidokként és oxihidroxidokként kiválnak a rendszerből. Ezeknek az anyagoknak a megjelenése jelzi a folyamat előrehaladottságát.

A biológiai mállás során tulajdonképpen fizikai és kémiai változások következnek be a biológiai tevékenység során képződött szén-dioxid és különböző szerves savak hatására.

## **A talaj fizikai tulajdonságai**

### ***A talaj építőanyagai***

A talajt négy fő összetevő alkotja: ásványi anyag, szerves anyag, víz és levegő. Egy ideális szerkezetű vályogtalaj térfogata 50 %-ban pórusokból, 45 %-ban ásványi alkotórészekből, 5 %-ban pedig szerves anyagból áll. Az utóbbinak tekinthetjük a talajban lévő élőlényeket is. Optimális nedvességtartalom esetén a pórusok fele vízzel, a másik fele levegővel van tele, de ez az arány az időjárástól és egyéb körülményektől függően jelentősen változhat. A talajban élő növények és mikroszervezetek megfelelő fejlődéséhez a levegőnek és a víznek optimális arányban kell a pórusokat megtöltenie.

A talajban a durvább kőzetdaraboktól kezdve az agyagfinomságú ásványi részekig mindenféle nagyságú, szilárd, szervesetlen alkotórész megtalálható. A 2 mm-nél nagyobb részeket kavicsnak, a 2,0–0,2 mm átmérőjű részeket durva homoknak, a 0,2–0,02 mm-es részeket finom homoknak, a 0,02–0,002 mm nagyságú részeket pornak nevezzük. Mindezek a talajszerkezet építőkövei, a vázrészek. A 0,002 mm-nél kisebb részeket agyagnak nevezzük. A talajok esetében már a 0,002 mm-nél kisebb agyagrészecskék is kolloidnak tekinthetők, annak ellenére, hogy különben a kolloid mérettartomány felső határa 0,0005 mm. Ez azért van, mert ez utóbbi mérethatár a közel gömb alakú részecskékre vonatkozik, míg az agyagrészecskék jellemzően kis lemezekből állnak. Ilyen alak esetében már nagyobb méret esetében is elég nagy ahhoz a fajlagos felület, hogy a kolloidokra jellemző felületi jelenségek megjelenjenek.

A részecske-összetétel meghatározása teszi lehetővé, hogy a gyakorlati talajművelésben használatos agyag-, vályog- és homoktalaj elnevezést valamilyen szemcseösszetételhez kapcsoljuk. A különböző nagyságú részecskék arányától függően ugyanis különböző fizikai talajféleségek jönnek létre. Az ún.

homoktalajban elsősorban homokszemcsék, a vályogtalajban főleg porrészecskék, az agyagtalajban pedig az agyagszemcsék jelenléte a meghatározó.

A fizikai talajféleségek a művelhetőséget is jelzik. Köztudott, hogy a több agyagot tartalmazó talaj nehezebben művelhető. A talajművelő eszközökkel szemben tanúsított ellenállás a talaj kötöttsége. Ennek alapján a homok lazának, a vályog középötöttnek, az agyag pedig kötöttnek minősül.

A víz a talajrészecskék felületén különböző vastagságú hártványokat képez, és behatol a részecskék közötti pórusokba is. A vízben oldott sók fontos növényi tápanyagok, ezenkívül részt vesznek a talajképződési folyamatokban, a nátriumsók pl. a szikesedési folyamatokban.

A talajban lévő levegő összetétele hasonló a légköri levegőéhez, a legnagyobb különbség a szén-dioxid mennyiségében van. Míg a légkörben 0,03 százalék szén-dioxid van jelen, addig a talajlevegőben ennek többszöröse is lehet. A talajban a levegő nem alkot folyamatos fázist, hanem egymástól elszigetelt, kisebb-nagyobb pórusokat tölt ki, ezért összetétele helyről helyre változik. Relatív nedvességtartalma is különbözik a légköri levegőtől, kedvező nedvességviszonyok esetén a 100 százalékot is megközelítheti.

### ***A talaj szerkezete***

Az egyes szilárd részecskék a talajban egymástól ritkán különülnek el, rendszerint összetapadnak, és kisebb-nagyobb halmazokat alkotnak. Ezekben a vázrészek veszik át az építőkövek szerepét, míg a közöttük lévő pórusokat levegő, víz és kolloid állapotú agyag és humusz tölti ki, mégpedig úgy, hogy a humusz- és agyagrészecskék egymással szorosan összetapadva kocsonyás szerkezetű ragasztóanyagot képeznek, és ebbe ágyazódnak bele a vázrészek. Az így létrejövő halmazok, aggregátumok összetartásában és nagyobb egységekbe, morzsákba való tömörítésében kémiai cementáló anyagok is részt vesznek. Ilyenek az aggregátumokat lepelszerűen bevonó vas-, alumínium- és mangán-hidroxid-gélek, valamint a mikrokristályos lepedéket alkotó kalcium-karbonát. Biológiai tényezők is hatnak a morzsák kialakításában. A növények gyökerei, a gombák és a sugárgombák fonalai behálózzák és egymáshoz szorítják az aggregátumokat, ezen kívül ragasztóanyag lehet a gyökerek és a talajban élő állatok nyálkás váladéka is, pl. a földigiliszták emésztőnedve.

5.1 ábra A talajokban előforduló szerkezeti elemek(a: morzsás, b: szemcsés, c: diós, d: hasábos, e: oszlopos, f: lemezes)

A talajaggregátumok egyesülésével jön létre a földművelési szempontból oly értékes, tartósan morzsás talajszerkezet. A talajmorzsáknak elsősorban a víz fizikai és kémiai romboló hatásával kell elég tartósnak lenniük, ennek elérésében legtöbbször a biológiai és a kémiai kötőanyagok segítenek. A morzsás szerkezet növeli a talaj víztároló képességét, javítja a levegőgazdálkodását, kedvezőbb feltételeket teremt a mikrobiológiai folyamatokhoz és a növények táplálkozásához.

A poros, tömődött talajszerkezet egyedi részecskékből épül fel. A túl szorosan illeszkedő részecskék közötti térben meglehetősen levegőtelen körülmények alakulnak ki a növények számára.

A csernozjom talajokra jellemző a morzsás szerkezet. A morzsák kis méretű (néhány mm nagyságú), lekerekített éllel rendelkező képződmények. Létrejöttükben jelentős szerepe van a fagyás és olvadás következtében bekövetkező aprózódásnak. A szerkezeti elemeket összetartó erők közül jellemző a lágyszárú növények gyökérnyomása. A morzsákhoz hasonló, de nagyobb szerkezeti forma a rög illetve a hant.

A szemcsés szerkezet elemeinek mérete hasonló a morzsáéhoz, de éllel rendelkező formájú. A diós szerkezeti elem a szemcse nagyobb méretű párja. A szemcsés a diós és a lemezes szerkezeti elemek jellemzően az erdőtalajokban fordulnak elő.

A hasábos szerkezetek a réti míg az oszlopos szerkezetek a szikes talajokban fordulnak elő. Ezeknél a talajoknál jellemző a nedvesedés hatására előálló nagymértékű duzzadás és a kiszáradást követő jelentős zsugorodás. Ezen erők hatására keletkeznek ezek a függőlegesen álló elnyúlt szerkezeti elemek.

### ***Víz és levegő a talajban***

Elsősorban a talajszerkezet szabja meg a talajban lévő pórusok nagyságát és eloszlását, más néven a pórusteret. A talajban a víz megtartása és mozgása a szilárd részecskék között, illetve azok elsődleges és másodlagos halmazai között történik.

Nem mindegy, hogy a pórustér milyen apróbb-nagyobb üregekből tevődik össze, és hogy milyen a különböző méretű pórusok aránya. A 30 µm-nél nagyobb pórusok elsősorban a talaj levegőzését szolgálják, a 30–3 µm átmérőjűek a talaj víztartó és vízvezető képességét szabják meg, míg a 3 µm-nél kisebb átmérőjűek a mikroszervezetek megtelepedéséhez biztosítanak helyet. A különböző méretű pórusok legkedvezőbb aránya: 1:1:1. A nagyobb átmérőjűek általában a szerkezeti elemek között találhatóak, míg a kisebb, többnyire kapilláris méretűek főleg a szerkezeti elemeken belül helyezkednek el. Méretüket elsősorban a talaj fizikai félesége szabja meg. Azonos pórustér esetén a homoktalajokban több a nagyobb pórus, mint az agyagtalajban.

### ***A talaj vízgazdálkodása***

A talajok nedvességdinamikája alapján három alapvető vízgazdálkodási típus különböztethető meg.

A **kilúgzásos típus** esetében a talajszelvényben a lefelé irányuló vízmozgás uralkodik, és kilúgzási folyamatok mennek végbe, a felszínre eső csapadék egy része ugyanis eljut a talajvízig. Ilyenek hazánkban az **erdőtalajok**.

Az **egyensúlyi típus** esetében a felszínre jutó víz talajba szivárgott hányada nem éri el a talajvíz szintjét, hanem a beázási rétegben mozog le és fel, a talaj oldott alkotórészeivel együtt. Ekkor a lefelé mozgó víz és a – párolgás hatására – fölfelé irányuló vízmozgás egyensúlyban van. Hazánkban ehhez a típushoz a **csernozjomtalajok** tartoznak.

A **párologtató típus** esetén a talajba jutó csapadék és a talajvíz együttesen párolog, a talajszelvényben a fölfelé irányuló vízmozgás és a fölfelé mozgó vízzel történő anyagszállítás van túlsúlyban. Ilyenek nálunk a **szikes talajok**.

### **Talajkolloidok**

- ***Az aktív agyagásványok***

Az agyagásványok elsősorban a földpátok, csillámok bomlásából képződnek. A kolloid állapotú agyagásványok a talajban is keletkezhetnek, de kialakulhatnak a talajképződés előtt is, a kőzet mállása során. Létrejöttüknek kétféle útja van: elsődleges ásványok (pl. a csillámok) fizikai és kémiai átalakulása vagy az eredeti szilikátok bomlását követő újrakristályosodása, miközben a bomlástermékek agyagásványokká egyesülnek.

Trópusi talajokban, ahol sok a csapadék, és savanyú közeg alakult ki, a sok gyorsan bomló szerves anyag hatására elsősorban kaolinit, valamint vas- és alumínium-oxidok alakulnak ki. A kevésbé csapadékos mérsékelt égöv alatt a lúgos közegben végbemenő mállás termékei között inkább illit és montmorillonit található.

Az agyagásványok réteges szerkezetűek. Alapvető elemük a tetraéderháló és az oktaéderháló. Az előbbi egy szilícium- és négy oxigénatomból álló tetraéderek összekapcsolódásából, az utóbbi pedig egy alumínium- és hat oxigénatomból (amelyek helyett hidroxilcsoportok is szerepelhetnek) álló oktaéderek összekapcsolódásából jön létre. Az agyagásványok tulajdonságait az e hálókából felépülő rétegek egymástól való távolsága, az összeköttetést biztosító.

Egyes agyagásványokban a tetraéderekben lévő  $\text{Si}^{4+}$ -iont  $\text{Al}^{3+}$ -ion helyettesítheti, az oktaéderekben lévő  $\text{Al}^{3+}$ -ion helyett pedig  $\text{Mg}^{2+}$ - vagy  $\text{Fe}^{2+}$ -ion lehet. Ilyenkor azután negatív töltésfelesleg jön létre a kristályrácsokban. Ez a töltésfelesleg a rétegek között megkötődő pozitív töltésű ionok segítségével egyenlítőzhet ki.

Egyes agyagásványok szerkezete hasonló a csillámokéhoz. A muszkovitcsillám kristályrácsában két tetraéderháló és egy közéjük zárt oktaéderháló alkot egy réteget. Az egymás fölötti rétegeket a káliumionok elektrosztatikus erői kötik össze. A rétegtávolság kicsi, nagyjából megegyezik a káliumion méretével. Ezzel az egyes rétegek közé sem víz, sem más fémion nem tud behatolni. A csillám mindig a rétegek közötti káliumionok mentén hasad. A mállás folyamán azonban nemcsak felaprózódik az ásvány, hanem a káliumionok egy része is kicserélődik jóval kisebb hidrogénionokra, ezáltal a rétegek között a kötés fellazul, s így oda vízmolekulák is beépülhetnek. A kolloid méretig elmállott csillám rendszerint keresztülment ezen az átalakuláson, és csillámszerű agyagásványnak, illitnek tekinthető. Benne már fellazultak a rétegek de még nem annyira, hogy az ásvány a víz hatására duzzadóképes legyen. A káliumionok nagy része nem cserélődik ki ebben az állapotban más fémionokkal. Az illitrészecskék 0,1–2,0  $\mu\text{m}$  méretű, szabálytalan alakú lapocskák, 100–120  $\text{m}^2/\text{g}$  fajlagos felületűek. Pozitív ionok megkötésére alkalmas negatív töltésű helyek a törésfelületek mentén, valamint a rétegek külső felületein alakulhatnak ki. A csillámszerű illit nem tekinthető a mállás végtermékének, további káliumvesztéssel és más ionok felvételével montmorillonittá alakulhat.

A montmorillonit kristályrácsában szintén egy oktaéderhálót vesz körül két tetraéderháló, és ezek összekapcsolódva alkotnak egy réteget. Az oktaéderekben azonban az  $\text{Al}^{3+}$  helyett  $\text{Mg}^{2+}$ -ionok is előfordulnak. A helyettesítés negatív töltésfelesleget hoz létre a rétegekben, és ennek hatására a rétegek között is megkötődhetnek a  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ -ionok. Ezek viszont más ionokkal is kicserélődhetnek, ezenkívül a rétegek közé vízmolekulák is beépülhetnek. A rétegek egymástól való távolsága meglehetősen nagy (17•10<sup>-10</sup> m), és a víztartalom növekedésével még tovább növekszik. Ez a magyarázata a montmorillonit jelentős duzzadóképeségének. Duzzadt állapotban a rétegek egymástól való távolsága sokkal nagyobb, mint a rétegek vastagsága. A montmorillonit tehát nemcsak a törésfelületeken, hanem a rétegek külső és belső felületén is képes kationokat megkötöni, a már meglévő negatív töltések következtében. A montmorillonit 0,01–1,0  $\mu\text{m}$  méretű, szabálytalan lapocskákból áll, fajlagos felülete nagy (700–800  $\text{m}^2/\text{g}$ ), és képlékeny.

### **A humusz**

A talajt és a kőzetmálladékot tehát a tápelemek felhalmozódásán kívül az különbözteti meg egymástól, hogy a talajnak szervesanyag-tartalma van. A humuszanyagok talajban működő biológiai folyamatok melléktermékei, de egyben e folyamatok anyag- és energiataralékai.

A talaj mikroszervezetei által végzett lebontás az ellenállóbb anyagok esetében nem teljesen megy végbe a legegyszerűbb végtermékekig, hanem megáll egy közbenső lépcsőfokon, amelyen a további bomlásnak viszonylag ellenálló anyagok keletkeznek. Ezek a közbenső bomlástermékek a humuszanyagok építőkövei. Ilyenek a szénhidrátok bomlásakor keletkező egyszerű cukrok, a fehérjék bomlásakor képződő aminosavak, valamint az aromás, zárt szénláncú vegyületekből keletkező fenolok és kinonok. Ezek egymással összekapcsolódva (polimerizálódva és kondenzálódva) sötét színű, nagy molekulájú, amorf kolloid állapotú anyagokká alakulnak, amelyeket gyűjtőnéven humusznak nevezünk.

A humusz összetétele és szerkezete nagyon bonyolult és teljességében még nem ismert. Elsősorban szenet, hidrogént, oxigént, nitrogént, foszfort, ként és kis mennyiségben egyéb elemeket tartalmaz. Egy jellegzetes huminsav-molekula aktív csoportokat tartalmazó aromás alapelemek polimerizációjából képződik. Ez a felépítés rendkívül nagy számú felületaktív csoportot eredményez.

A humuszmolekulák a kolloid mérettartományba tartoznak. Nagy fajlagos felületük (800–900 m/g) következtében mind ion-, mind vízmegkötő képességük nagy. A 15–20 százalék vizet megkötő agyagásványokkal szemben a humusz mintegy 80–90 százalék vizet képes adszorbeálni, ezért a szivacséhoz hasonlítható a víztartó képessége. A humusznak felépítése következtében jelentős pufferképessége (változást tompító, kiegyenlítő képessége) van.

A humuszanyagok oldhatóságuk alapján a következőképpen oszthatók fel:

- **fulvosavak**, amelyek viszonylag kis molekulatömegű, sav jellegű vegyületek, felépítésükben fenolos alkotórészek és kinonszerű építőkövek ismerhetők fel;
- **huminsavak**, nagy molekulatömegű, kolloid állapotú, polimerizált vegyületek, savas jellegük ugyancsak a karboxil- és a fenolos hidroxilcsoporttól származik;
- a **huminanyagok** molekulatömege és a polimerizáció foka még nagyobb, de csökken bennük az aktív csoportok száma, így csökken a savas jellegük és az oldhatóságuk is.

E három anyagcsoport egyúttal a „szénülés” előrehaladását, vagyis az anyagon belül a szénatomok számának növekedését mutatja be.

Bár a humuszanyagok viszonylag ellenállóknak tekinthetők, de lassan mégis tovább bomlanak, és csak kivételes körülmények között halmozódnak fel nagyobb mennyiségben a talajban. Azt a lassú bomlási folyamatot, amely a talajban képződő humusz anyagát csökkenti, és a mely a humuszképződéssel egyidejűleg megy végbe, ásványosodásnak nevezzük. A humuszanyagok ásványosodása során ugyanazok az egyszerű végső bomlástermékek képződnek, mint a szerves anyag gyors bomlása esetén. Ez a lassú bomlás teszi lehetővé, hogy a humusz a növények számára hosszú ideig tápelemeket – ezek közül is elsősorban nitrogént – szolgáltatson. A humuszanyagok ásványosodása szintén a mikroszervezetek tevékenységének eredménye. Az igen lassú bomlás következtében egyes humuszanyagok nagyon időségek lehetnek. Szénizotóppal végzett vizsgálatok szerint az életkoruk több ezer év is lehet, de vannak ennél jóval fiatalabb, néhány száz éves humuszanyagok is.

Ha a szerves anyagok bomlása során kevés a levegő – pl. a vízzel borított talajokban –, akkor a szerves anyagok bomlása lelassul, sőt le is állhat. A fokozatosan felhalmozódó szerves anyag így lápot, a későbbiekben pedig tőzegtalajokat hoz létre. Egy átlagosnak tekinthető, művelt ásványi talajban 3–5 százalék humusz van. Minél jobban megművelt, tehát szellősebb egy talaj, annál tevékenyebbek ott a baktériumok, és annál gyorsabb benne a humusz lebontása. Ezért veszítik el gyorsabban a szervesanyag-tartalmukat a homokos talajok, mint a szellőzetlen agyagtalajok.

A humusz fontos tényező a talaj szerkezetének alakításában is. Az agyagtalajok esetében a parányi agyagszemcsék morzsákká tömörítésével segít megszüntetni a kedvezőtlen, tömődött talajszerkezetet. A kolloid humuszanyagok – a huminsav és vízben oldódó kalcium és magnézium sói, a humátok – amorf, enyvszerű anyagok. E humuszkolloidok cementáló képessége teszi lehetővé, hogy a szervesetlen talajalkotórészek aggregátumokká tapadjanak össze.

A humusz aktív csoportjai segítségével mikroelemeket (réz, vas stb.) szerves komplex, ún. kelátkötésben tart, így védi meg azokat a kimosódástól. Hasonló módon köti meg a talajba kerülő mérgező, nehézfém-ionokat is. A humusznak mint talajképző tényezőnek a szerepe nagyrészt savjellegével van összefüggésben. A savanyú humuszvegyületek részben valódi, részben pedig kolloid oldatot képeznek. Ezáltal lehetővé válik, hogy a humusz a talajban végbemenő kilúgzási és felhalmozódási folyamatokban aktív szerepet játsszon.

A szerves maradványok bomlásának sebességét és a képződő humusz tulajdonságait elsősorban az éghajlati körülmények határozzák meg. A trópusokon az állandóan nagy hőmérséklet és a sok csapadék kedvező körülményeket teremt a mikroszervezetek számára a növényi maradványok bontásához. Ilyen körülmények között a sok szerves anyag gyorsan lebomlik, és nem halmozódik fel humuszként átalakulva a talajban. Az ásványosodott tápanyagokat pedig vagy azonnal felveszik a növények, vagy kimosódnak a talajból a bő csapadékkal. Trópusi talajokban tehát a biológiai körforgás nagyon gyors, ezért a tápanyagok rövid ideig tartózkodnak a talajban.

A nedves, mérsékelt éghajlaton a humuszképződés lassú. Ez részben a mikroszervezetek tevékenysége számára kedvező időszak rövidegével, részben pedig az alacsonyabb hőmérséklettel magyarázható. Ezek eredményeként a szerves maradványok jóval tovább maradnak a talajban, többé-kevésbé bomlatlan állapotban, mint a trópusi talajokban. A bontási folyamatok termékei a humuszsavak, amelyek fontos

szerepet játszanak a kilúgzási folyamatokban. E talajokra éppen ezért a kimosódás jellemző, ami a talajok kilúgozott A szintjében mutatkozik meg.

A hideg éghajlatú sarki övben humuszképződés gyakorlatilag egyáltalán nincs. Itt rendszerint anaerob körülmények uralkodnak, a hőmérséklet is állandóan alacsony, ezért a mikrobiológiai tevékenység jelentéktelen. Ezek eredményeként a bomlatlan szerves anyag vastag rétegen halmozódik fel, ami lép- és tőzegtalajok kialakulásához vezet.

A száraz, forró sivatagokban nincs gyakorlatilag humuszképződés, főként a gyér növényzet és a kevés csapadék miatt.

A mérsékelt éghajlatú területeken a füves puszták talajaiban jelentős mennyiségű humusz halmozódik fel, mivel a száraz nyár és a hideg tél gátolja a további ásványosodását.

A humuszanyagok és az agyagásványok mellett a vas- és alumínium-oxidok, -hidroxidok vannak kolloid állapotban a talajban. Az agyagásványok elsősorban a mérsékelt égöv talajaira jellemzőek, a vas és az alumínium oxidjai és hidroxidjai pedig főleg a trópusi talajok alkotórészei.

### **A talaj kémiai tulajdonságai**

#### **• Felületi jelenségek a talajban**

Bár a talaj nagyrészt nem-reakcióképes vázanyagokból áll, jellegzetes kémiai és fizikai tulajdonságait mégis a jóval kisebb mennyiségben jelen levő reakcióképes, kolloid állapotú anyagok határozzák meg. Ezek biztosítják a felületet a talajban lezajló kémiai folyamatokhoz. Aktivitásukat elsősorban nagy fajlagos felületüknek és legtöbbször jelentős felületi töltéseiknek köszönhetik. A felületi töltések az agyagásványokon a már említett módon jöhetnek létre.

A talajban előforduló vas- és alumínium-hidroxidok savas közegben pozitív töltésűek, így anionok megkötésére képesek, míg lúgos kémhatás (pH) mellett töltésük negatív lesz, és ekkor kationokat adszorbeálhatnak.

A humuszanyagok molekuláinak a felületén nagy mennyiségű karboxil (–COOH)- és fenolos hidroxil (–OH)-csoport található. Ezek könnyen adnak el hidrogéniont, ezáltal kationmegkötésre alkalmas, negatív töltésű helyek jönnek létre. A humuszanyagok aminos (–NH<sub>2</sub>)-csoportjai pedig pozitív töltést kialakítva anionokat kötnek meg.

A kolloid állapotú agyagásványok és humuszanyagok nagy felületi töltéseik segítségével egymással összekapcsolódnak, és létrehozzák az agyag-humusz-komplexumot, amely ragasztóanyag a talaj nagyobb méretű vázrészei között, és részt vesz a talajban végbemenő kémiai folyamatokban.

A kolloid állapotú anyagok felületükön ionokat megkötve időlegesen megővják azokat a talajból való kimosódástól. A megkötött tápanyagokat a növényeknek át tudják adni, ezért a növényi tápanyagellátás legfontosabb tényezői.

Egységnyi tömegre vonatkoztatva a humuszanyagoknak nagyobb tápanyag- és víztartó képességük van, mint az agyagásványoknak. 100 g humusz kationmegkötő képessége 100-300 me (ezred-mól ion), ugyanennyi kaoliníté 1–10 me, illitit 20–40 me, montmorillonit pedig 80–120 me. A vízmegkötő képesség tekintetében még nagyobbak a különbségek a humuszanyagok és az agyagásványok között. Az agyagásványok azonban nagyobb mennyiségben vannak jelen a talajban, és így szerepük közel azonos mértékű a humuszéval a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak kialakításában.

A hazai talajokban az agyagásványok és a humuszanyagok, valamint egyéb kolloid anyagok töltése túlnyomórészt negatív, mivel a talajok kémhatása nálunk általában gyengén savas, semleges, illetve gyengén lúgos, így a kationadszorpció az uralkodó folyamat. Ez azt jelenti, hogy mivel a talajkolloidok felülete negatív töltésű a pozitív töltésű ionok (pl.: Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, H<sup>+</sup>) kötődnek meg rajtuk. A trópusi talajokban ezzel szemben az anionadszorpciónak van nagyobb jelentősége, mivel a nagy mennyiségben jelenlevő vas- és alumínium-hidroxidokon a talajok savanyú kémhatása következtében főleg pozitív töltésű helyek jönnek létre.

#### **Kationcsere**

A talajok kationcserélő képességén vagy más néven adszorpció kapacitásán egy egyezményes pH-nál maximálisan adszorbeálható kationok mennyiségét értjük milliegyenérték/100 g talaj egységben kifejezve (T érték). E lehetséges adszorpció helyeket elfoglaló Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> és Na<sup>+</sup>-ionokat kicserélhető

kationoknak nevezzük. A kicserélhető kationok által el nem foglalt helyeken  $H^+$ - és  $Al^{3+}$ -ionok vannak, viszonylag erősen kötött állapotban. A talajok telítettsége azt mutatja, hogy az adszorpció helyek hány százaléka van a fenti kicserélhető kationokkal elfoglalva.

Az ionok különböző arányban adszorbeálódhatnak a talajkolloidok felületén. Az adszorbeált kationok nemcsak akkor befolyásolják a talaj tulajdonságait, amikor abszolút többségbe jutnak, hanem – az egyes ionoktól függően – már kisebb mennyiségben is. Ha pl. a kicserélhető kationok között a magnéziumion mennyisége meghaladja a 30 %-t, akkor magnéziumtalajról beszélünk. Ennél nagyobb magnéziummennyiségnél a talaj fizikai tulajdonságai már jelentős mértékben romlanak. A nátrium- vagy szikes talajban az adszorbeált kationoknak több mint a 15 %-a nátriumion. Hidrogéntalaj esetében az adszorpció helyeknek kevesebb mint 80 százaléka van  $Ca^{2+}$ -,  $Mg^{2+}$ -,  $K^+$ - és  $Na^+$ -ionnal lekötve. Kalciumtalajról pedig akkor beszélhetünk, ha a talajok  $Ca^{2+}$ -,  $Mg^{2+}$ -,  $K^+$ - és  $Na^+$ -ionokkal való telítettsége nagyobb mint 80 százaléka, de a  $Mg^{2+}$  kevesebb mint 30 % és  $Na^+$  kevesebb mint 5 %.

Az adszorbeált kationoktól függően a talaj fizikai tulajdonsága között elsősorban a vízadszorpció, a duzzadó- és zsugorodóképesség, valamint a kapilláris vízemelés változik meg. Nagy duzzadóképesége miatt különösen kedvezőtlen fizikai tulajdonságúak a nátrium- és magnéziumtalajok (szikesek), valamint a hidrogéntalajok (erősen savanyú talajok). A kémiai tulajdonságok közül a talaj kémhatása van szoros összefüggésben az adszorbeált kationok milyenségével.

A kicserélhető kationok megoszlása jellemző az egyes talajtípusokra, a talajszelvényen belül pedig genetikai szintenként is különbözőképpen alakul.

A kationcsere nagyon sok talajképződési folyamatban fellép. Amikor a szerves anyag bomlása során ásványi és szerves savak – elsősorban kén-sav – keletkeznek, akkor a savakból származó hidrogénionok lecserélhetik a kolloidok felületén adszorbeált kalciumionokat. Ezt a kicserélő folyamatot az irányítja, hogy a hidrogénionok erősebben kötődnek a kolloidokhoz, mint a kalciumionok. A folyamat előrehaladtával egyre több  $Ca^{2+}$ -,  $Mg^{2+}$ -,  $K^+$ - és  $Na^+$ -iont helyettesítenek a kolloidokon, és szorítják őket a talajoldatba. Sok csapadék hatására a kationok innen már könnyen kilúgozódhatnak (a talaj mélyebb rétegeibe mosódhatnak). Nagy mennyiségű hidrogénion kerülhet a talajba a savas esők által is.

### **A talaj kémhatása**

A talaj kémhatását a talajoldatban mért hidrogén- és hidroxidionok aránya szabja meg. Jellemzésére a pH szolgál, vagyis a talajoldat hidrogénion-koncentrációjának negatív logaritmusát. Értéke nagyon különböző lehet. A talajok kémhatása az egyik legfontosabb tényező az élő szervezetek számára. Mind a mikro-szervezetek, mind pedig a magasabb rendű növények érzékenyen reagálnak kémiai környezetükre, ezért a talaj pH-ja és a vele járó egyéb következmények döntően befolyásolják a talajban kialakuló állapotokat. A növények tápanyagfelvétele és a talajban élő mikroszervezetek szempontjából a semleges körüli pH a legkedvezőbb. Az erősen savanyú  $pH < 4,5$  és az erősen lúgos  $pH > 9,0$  különösen kedvezőtlen sajátosságúak.

A talajban kétféle savanyúság különböztethető meg: az egyik a talajoldat pH-val jellemezhető, amely azonban csak minőségi értékmérő, szemben a mennyiségileg sokkal jelentősebb potenciális savanyúsággal, amelyet a talajkolloidokon adszorbeált hidrogén- és alumíniumionok okoznak. A kétféle savanyúság dinamikus egyensúlyban áll egymással, mert ha a talajoldat savanyúságát semlegesítjük akkor a talajkolloidokról  $H^+$ -ionok lépnek az talajoldatba újra savanyúvá téve azt.

Homoktalajokban mintegy ezerszer, a nagy humusztartalmú talajokban és agyagtalajokban százezerszer is nagyobb lehet a potenciális savanyúság a talajoldat hidrogénion-koncentrációjánál. Ezért nem elegendő meszezéskor csupán a talajoldatban levő hidrogénionokat semlegesíteni, mivel ezek úgyis gyorsan utánpótlódnak az adszorbeált ionokból. A megoldás az, hogy semlegesíteni kell az adszorbeált hidrogénionokat is.

A pH addig nem fog növekedni, ameddig annyi meszet nem adunk a talajhoz, hogy az semlegesítse a potenciális savanyúságot is. A talajnak azt a képességét, amellyel a talajoldat mindennemű megváltoztatására irányuló külső hatásnak ellenáll, tompítóképeségnek, más néven pufferképeségnek nevezzük. A talaj tompítóképesége az ellenkező irányú folyamatban is jelentős szerepet játszik, mivel megakadályozza a talajoldat túl gyors elsavanyódását.

### **Oxidáció – redukció a talajban**

A talajkolloidok felületének kialakulásában, valamint a felület viselkedésében jelentősek a redukcióval és az oxidációval kapcsolatos folyamatok.



A talajban végbemenő oxidációs folyamatokat jelzi a talajoldat oxigén-,  $\text{Fe}^{3+}$ - és  $\text{NO}_3^-$ -tartalma, a végbemenő redukációs folyamatokat a talajoldat  $\text{NH}_4^+$ -,  $\text{Fe}^{2+}$ -,  $\text{Mn}^{2+}$ -,  $\text{H}_2\text{S}$ -tartalma jelzi. Az előbbieket oxidáló, az utóbbiak redukáló anyagként viselkednek. A levegőtlen, túl nedves körülmények elsősorban a redukciónak, a levegős, száraz viszonyok az oxidációnak kedveznek. Levegőtlen körülmények között redukálódik pl. a  $\text{NO}_3^-$ . Ilyen redukációs folyamatok mennek végbe az ún. glejes talajszintekben is. Ha a vas vagy a mangán redukált formában ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) van jelen a savanyú talajokban, akkor oldott állapotba került mennyiségük toxikussá válhat a növények számára. A semleges és lúgos talajokban előforduló oxidált formájukban ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ) viszont kevésbé jól oldódnak, a szükségesnél kisebb mennyiségben lesznek az oldatban, és ezáltal a növényekben hiány lép fel.

### **A talaj színe**

A szín a talajok legfeltűnőbb tulajdonsága, ezért nem meglepő, hogy egyes talajtípusok elnevezésére egyedül a színük szolgál: a feketeföld (csernozjom) a mezőségek talaja, a barnaföld és a barna erdőtalaj jellegzetesen európai, a podzol – hamuszínt jelent – a csapadékban gazdag fenyőerdők talaja, a vörösföld a forró éghajlatú területekre jellemző, a vörösbarna talajok a félsivatagokon, míg a sárgaföldek a szubtrópusokon fordulnak elő.

A talajszelvény genetikai szintjei színükben is különböznek egymástól. A különbségek a nedves talajban feltűnőbbek, mint a szárazban. A színt elsősorban a talaj kolloid alkotórészei alakítják ki, így a humusz, az agyag és a vas-hidroxidok. A humusz adja a talajok sötét színét, az ásványi anyagok pedig a különböző színárnyalatokat. A szín nagymértékben függ attól, hogy a vas és a mangán oxidált vagy redukált alakjában van-e jelen. A  $\text{Fe}^{3+}$ -ion és a mangán vörös, barna és sárga színt ad, a  $\text{Fe}^{2+}$ -ion kékes árnyalatot okoz. A kalciumionok mélyítik a sötét színeket, így a humuszét is, a csillámok csillogóvá teszik a talajt.

Az állandóan a talajvíz szintje alatt levő rétegekben a szürke szín uralkodik. Ebben kékes, néha kékeszöld árnyalatú foltok tűnnek fel. Ezek az állandóan nedves rétegekben uralkodó levegőhiánnyal vannak összefüggésben, és a végbemenő redukációs folyamatokkal magyarázhatók. Ha ezekbe a talajszintekbe olykor levegő jut, akkor a kékeszürke vasvegyületek oxidálódnak, és rozsdaszínűek lesznek. Az ilyen rozsdás foltokkal tarkított szürke alapszínű talajszintet glejszintnek mondjuk. Jelenléte a talajvíz szintjének ingadozására utal.

A talajban a kvarclerakódások világosszürke vagy fehér színűek. A talaj alapszínétől erősen elütnek világosszürke vagy fehér színűekkel a kalcium-karbonátból álló kiválások. Ezek helyenként penészszerű emlékeztető finom, vékony bevonattal veszik körül a talaj morzsáit, másutt viszont kitöltik a talaj üregeit, kemény konkréciókat alkotva. Egyes talajok mélyebb szintjeiben gipszből álló fehér színű kiválások is találhatóak.

### **Tápelemek a talajban és a talaj tápanyag-gazdálkodása.**

A tápanyagok különböző formákban, illetve kötésben vannak jelen a talajban, ennek következtében különböző mértékben hozzáférhetők a növény számára. Az összes tápanyagtartalomnak csak tört része hasznosítható közvetlenül.

A növény a tápanyagokat túlnyomórészt a talajoldatból veszi fel, de ez a mechanizmus egyedül nem elég az egyenletes ellátáshoz, mert a talajoldat viszonylag gyorsan elszegényedik tápelem-ionokban a gyökér környezetében. Ennek pótlása a talaj felvehető tápanyagkészletéből történik. Egyáltalában nem mindegy, hogy milyen gyorsan pótlódik a talajban a gyökér körül kialakuló hiány. Annak a talajnak kedvezőek a tulajdonságai, jó a pufferképessége, amelyik viszonylag gyorsan pótolja a fellépő hiányt. A talajok pufferképessége tehát nemcsak a kémhatás, hanem a talajoldat tápelemtartalmának az állandósításában is fontos.

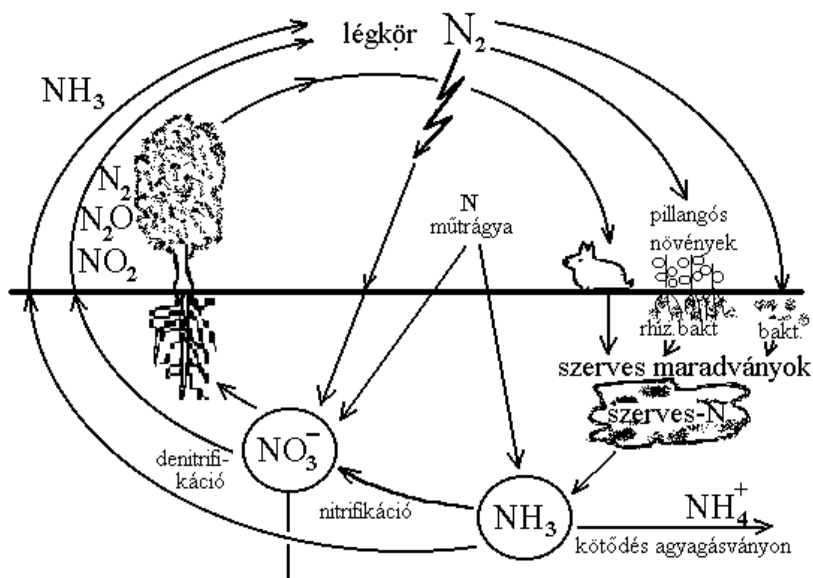
A talajban a tápelemek túlnyomó része (98 %) szerves vagy szervesetlen vegyületek formájában kötött van jelen, és az összes mennyiségnek csupán 2 %-a van adszorbeált vagy oldott állapotban.

A tápanyagtöke és a felvehető tápanyagkészlet között dinamikus egyensúly van. Az egyensúlyt a tápelemionok mozgékonyvá válása és megkötődésének mértéke szabja meg. Ez utóbbi folyamatokat döntően befolyásolja a növények tápanyagfelvétele és a mesterséges tápanyag-adagolás is. Míg az előbbi a mozgékonyvá válást, addig az utóbbi a megkötődést segíti elő. A mozgékonyvá válás a mállás és az ásványosodás során következik be. Növekszik a mozgékonyság akkor is, ha az adszorbeált ionok oldatba kerülnek. A megkötődés bekövetkezik adszorpcióval (de ez csak kismértékű), vagy oldhatatlan

szervetlen vegyületek képződésével (elsősorban a foszfor esetében). Megkötődést jelent az is, ha a tápelemek élő szervezetbe épülnek be.

Mind a makroelemek, mind a mikroelemek felvehetőségére nagy hatással van a talaj kémhatása. A legtöbb tápelem felvehetősége a semleges pH közelében a legnagyobb. Ez az egyik oka annak, hogy meszezéssel igyekeznek a növényi táplálkozás számára legkedvezőbb pH-viszonyokat kialakítani.

**A nitrogén körforgalma.** A körforgalom egyes folyamatai a talajt N-ben gazdagítják, míg más folyamatokban a talaj N-vesztésé éri. A talajt gazdagító folyamatok: műtrágyázás, szervestrágyázás és a mikroszervezetek N-kötése. A veszteségforrások: a növények N-felvétele, a denitrifikáció és a N-kimosódás. A denitrifikáció mértéke növekszik a talaj nedvességtartalmának növekedésével, illetve az oxigénhiány arányában, de függ a nitrát-tartalomtól és a könnyen bontható szerves anyagok mennyiségétől is



A talaj nitrogén körforgalma

A növény tápanyagellátásában fontos szerepet játszik az ammonifikáció és a nitrifikáció, amelyek során a szerves vegyületek oldható N-vegyületekké alakulnak át. Az ammonifikáció folyamatában az ammonifikáló baktériumok hatására az amino-N ammóniává alakul át. Az ammónia, illetve az ammóniumion rosszul szellőző talajokon kis pH érték mellett felhalmozódhat (pl. láptalajokon vagy rizsföldeken). Jó szerkezetű talajokon, gyengén savanyú, illetve semleges kémhatás esetén az ammónia a nitrifikáció során előbb nitritté, majd nitráttá alakul.

A talaj nitrogéntökéje elsősorban a talajban lévő szerves anyag mennyiségétől függ. A talaj szervesanyagára egy viszonylag állandó C/N arány jellemző. Ez azt jelenti, hogy nagyobb szervesanyag-tartalommal nagyobb szén és ezzel együtt nagyobb nitrogéntartalom jár. Hazánk talajaiban ez az arány 10:1 körül van. A talajban lévő nitrogén 95 százaléka szerves kötésben, a talaj humuszanyagaihoz kapcsolódva található. A nitrogén a szerves anyag ásványosodása során alakul át a növény számára felvehető nitrát- és ammóniumionná. A talaj élő szervezetei úgy szabályozzák a talajba kerülő szervesanyag bomlását, hogy benne az egyensúlyi C/N arány alakuljon ki. Ezzel döntően befolyásolják a talaj felvehető nitrát- és ammónium-nitrogén tartalmát és a szerves anyag bomlásának sebességét is. Ha a talajba sok friss szerves anyag kerül, akkor a mikroszervezetek azonnal hozzálátanak annak a lebontásához. A bontás során azonban élettevékenységükhöz nitrogénre is szükségük van. Ezt a lebontandó szerves anyagból szerzik meg, ha abban sok hozzáférhető nitrogén van. Ha viszont kevés, akkor a talaj felvehető nitrogéntartalmát használják fel. Ezáltal időlegesen csökkentik a magasabb rendű növények számára rendelkezésre álló nitrát- és ammónium-ionok mennyiségét a talajban. Ha ellenben nitrogénben gazdag szerves anyag kerül a talajba, pl. lucerna, akkor annak a bontása nagyon gyorsan végbemegy, jelentős mennyiségű nitrát és ammónium-ion képződik, amely gazdag nitrogénforrás.

A talajok összes foszfortartalma 0,02–0,10% közé esik. Az összes P-tartalomnak csak igen kis része hasznosítható közvetlenül. A P a talajban szerves és szervetlen kötésben fordul elő. A két frakció aránya változó, többnyire 50–50%.

A szervetlen P részben natív eredetű (apatitok), részben pedig az apatitok mállástermékeiből és a műtrágyákból kialakult új képződményekből áll. Utóbbiak általában az agyagfrakcióban található nagyobb mennyiségben, mivel oda kötődnek.

A frissen kicsapott vegyületek kis oldhatóságuk ellenére is könnyebben hozzáférhetők a növények számára, mint a primer ásványi képződmények, mivel rendkívül finom eloszlásban fordulnak elő a

talajban. A kicsapott vegyületek hasznosíthatósága a keletkezett vegyületek átkristályosodása révén egyre csökken.

A foszfor vegyületeinek oldhatóságát figyelembe véve, a foszfor felvételére legkedvezőbb a pH=5,5–7,0 kémhatás-tartomány, mivel a kedvezőtlen leköötődési illetve átalakulási folyamatok elsősorban e pH érték alatt, illetve felett játszódnak le. Alacsony pH tartományban elsősorban a szabaddá váló vas- és alumíniumionok hatására kialakuló vas- és alumíniumfoszfátok oldhatósága csökken le. Meszes talajokban a nagyobb kalciumion koncentráció miatt csökken a kalciumfoszfátok oldhatósága.

A foszfátionok koncentrációja a talajoldatban rendkívül kicsi ezért a növények ellátásában nagy szerepe van az oldódást elősegítő folyamatoknak, illetve a diffúzióknak.

A talajok összes **kálium**tartalma 0,2–3,3% között változik, a szikes talajokban a 6%-ot is meghaladhatja. A nagy kvarctartalmú homoktalajok és a szerves talajok (láptalajok) káliumban szegények. A talaj K-tartalma nagyrészt a szilikátokban kötve található, ezért az agyagtartalom növekedésével növekszik a K-tartalom. Így pl. viszonylag nagy a csernozjom és a réti talajok K-tartalma.

Az ásványi talajokban K három különböző formában található: 1.- ionos formában a talajoldatban, 2.- ionos formában a kolloidokon adszorbeálva, 3.- az ásványok kristályrácsaiban.

A növények számára csak az első két forma közvetlenül hozzáférhető, a másik kettő nem. A talajoldat K-tartalma mindössze 1–2%-a a adszorbeált K-nak, és a adszorbeált kicserélhető K szintén csak 1–2%-a az összes K-nak, ezért a talaj K-tartalmának legnagyobb része nehezen hasznosítható. A különböző oldhatóságú K-formák egymással egyensúlyban vannak, egymásba átalakulhatnak de az átalakulások sebessége különböző.

A talajoldat K-tartalma és az adszorbeált K-tartalom között viszonylag gyorsan beáll az egyensúly, a tartalékformákból viszont csak nagyon lassan jut oldatban újabb kálium. Ugyanakkor a műtrágyával a talajba vitt K egy része fixálódhat. A növények K-ellátása szempontjából döntő jelentőségű a talajoldat K-tartalma. Ennek nagyságát nagymértékben befolyásolja az adszorbeált K-tartalom. Az egyensúly azonban másként alakul laza és kötött talajokon. Homoktalajon a adszorbeált K-tartalom növekedésével nagyobb mértékben növekszik az egyensúlyi talajoldat  $K^+$ -ion koncentrációja, mint agyagtalajon.

A növények  $K^+$ -ion formájában veszik fel a káliumot a talajoldatból. A felvétel során érvényesül a növények válogatóképessége, ugyanis a talajoldatban a Ca- és Mg-koncentráció általában nagyobb, mint a K-koncentráció, a növények mégis sokkal több káliumot vesznek fel, mint kalciumot vagy magnéziumot. A K-tartalom növényfajonként eltérő, általában többszöröse a Ca-, Mg-tartalomnak. Különösen nagy a fűvek K-tartalma.

Bár a növények bizonyos szelektivitással rendelkeznek, más ionok túlsúlya akadályozhatja a K felvételét. Fontos a talajoldat Ca/K aránya. A „mész-káli” törvény szerint bőséges K-ellátás mellett a Ca-felvétel szorul vissza, míg Ca-felesleg esetén a K-felvétel. Tulajdonképpen valamennyi fémkation kölcsönösen akadályozhatja egymás felvételét, vagyis a fémkationok és a szintén pozitív töltésű  $NH_4^+$ -ion között is antagonizmus áll fenn. Az antagonizmus azzal magyarázható, hogy a különböző kationok a szerves kötőhelyekről egymást kiszoríthatják a gyökérfelületen is.

A többi elemhez hasonlóan a **kalcium** nagy része is oldhatatlan vegyületek formájában van jelen a talajban. A tartalékok mobilizálhatósága azonban eltérő. A szilikátokban és apatitokban levő Ca csak igen lassú mállás után válik szabaddá, míg a karbonátok, így a kalcit:  $CaCO_3$  és a dolomit:  $CaMg(CO_3)_2$  kalciumja viszonylag könnyebben mobilizálható. A kalcium-karbonát tiszta vízben nem oldódik, csak szénsav jelenlétében, ezért oldhatósága függ a talajoldat szénsavtartalmától.

A **magnézium** legnagyobb része szilikátok és karbonátok (dolomit) formájában van a talajban, ezek a vegyületek képezik a tartalék készleteket. Ezenkívül megtalálható a kolloidokon adszorbeálva és vízoldható vegyületek (pl. magnézium-szulfát) formájában is.

A **kén** a talajban szerves és szervesetlen kötésben fordul elő. A szervesetlen kéntartalom szulfátokból és szulfidokból áll. A növények a ként szulfát formájában veszik fel. A talaj kénforgalma szempontjából nem hanyagolható el a csapadékkal évente a talajba jutó S-mennyiség, mely különböző mérések és becslések szerint Közép-Európában mintegy 30–70 kg/ha lehet.

A talaj oldható **vastartalma** általában kicsi, a pH csökkenésével növekszik, és csak erősen savanyú talajokban - pl. podzolokban - jelentős mennyiségű. A vas mozgékonysága a savanyú talajokban jó.

Ennek következtében a feltalaj oldható vastartalma a mélyebb rétegekbe mosódik, ott kicsapódik. A vas mozgékonyasága függ a komplexképzők (ammónia, fulvosav) jelenlététől is. Az így keletkező komplexek, illetve kelátok a vasat megvédik a kicsapódástól, így a vas oldatban marad. A Fe mozgékonyaságát a talajban nagymértékben befolyásolják az oxidációs, redukciós viszonyok. A pangó víz elősegíti a redukciót. A mozgékonyabb kétértékű vas aránya a mélyebb talajrétegekben egyre nagyobb.

A különböző értékű **Mn**-ionok és -vegyületek oxidáció és redukció révén egymásba átalakulhatnak. Rosszul szellőző talajokon, kis pH-értékek mellett jelentős mennyiségű Mn redukálódhat. A  $Mn^{2+}$ -ionok koncentrációjának növekedése esetenként toxikus hatású is lehet.

A **réz** legnagyobb része szerves vagy szervesen adszorpciós felületekhez kötve, kétértékű formában található a talajban. Előfordulhat szerves vegyületekben komplex kötésben is. Az ionos állapotú Cu a talajba jutva rövid idő alatt lekötődik.

A **cink** vegyületek oldhatósága a talaj pH-értékének növekedésével csökken. Sok foszfátot tartalmazó talajokban a növények Zn-felvételére nehezen oldható Zn-foszfátok képződése folytán visszaszorul.

A **molibdén** a talajban molibdenát-ion formában fordul elő. Mivel anion, ellentétben a többi nehézfém mikroelemmel oldhatósága a talajoldat savanyúságával nem nő, hanem csökken.

A **bór** jelentős része bórsav ( $H_3BO_3$ ), illetve borátok formájában található.

A gyökéren keresztül felvett tápanyag mennyisége egyfelől függ a talajban lévő tápanyagok mennyiségétől és a talajban uralkodó körülményektől, másfelől pedig a növény tápanyagfelvétel képességétől. Ez utóbbit a növény aktív gyökérfelületének nagysága, a gyökerek ioncserélő képessége, valamint a tápanyagok feltáráshoz kibocsátott gyökérszékély mennyisége határozza meg. A gyökerek általában az oldott ionokat veszik fel, de emellett képesek közvetlenül a szilárd fázisból is tápanyagot felvenni. Az előbbi esetben ioncsere megy végbe a gyökérből származó  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $HCO_3^-$  ionok és a gyökér külső felületére érkező tápelemionok között. A tápanyagfelvétel helyére, a gyökérfelülethez az ionok diffúzióval vagy a gyökér felé áramló vízzel együtt mozogva jutnak el. A különböző tápelemek ionjai nem egyformán viselkednek ezekben a folyamatokban. A kevésbé mozgékony foszfátion nagyon lassú diffúzióval, a jóval mozgékonyabb nitrátió viszont a gyorsan a vízáramlással együtt halad.

A talajok tápanyagkészlete állandóan változik. A termésekkel évről évre jelentős mennyiségű tápanyagot vonunk el, a tápanyagok kimosódása és esetenként a denitrifikáció ugyancsak veszteséget okozhat. E veszteségeket kell szerves trágyákkal és a műtrágyázással pótolnunk, ezért is beszélünk tápanyag-utánpótlásról. A talaj tápanyagkészletét gazdagíthatja még a mikroszervezetek N-kötése és a csapadékkal a talajba jutó tápanyag. A felső talajrétegek tápelemtartalmát növelhetik ezen kívül a talajvízből kapillárisan felemelkedő tápelemek.

A tápanyagok anyagáramlással és diffúzióval haladhatnak a gyökér felé. A gyökér is nő a friss tápanyagot tartalmazó talajrészek felé. Ezt intercepciónak nevezik. Az **anyagáramlás** a növények transzspirációjának következménye. A transzspiráció, illetve a vízfelvétel következtében a gyökér környezete elszegényedik vízben, az így létrejövő szívóerő hatására a talajoldat és vele együtt a benne oldott tápanyagok a gyökér irányába áramlanak. Az anyagáramlással szállított ionmennyiség a transzspiráció mértékétől, a talajok víztartalmától és a pórusok méretétől függ. A **diffúzió** hatása akkor érvényesül, ha az anyagáramlással odaszállított ionmennyiség nem fedezi a növény szükségletét. Ilyenkor ugyanis a gyökérszékély aktív gócai közelében lecsökken a tápanyag-koncentráció és a kialakult koncentráció-gradiens hatására megindul a hiányzó elem diffúziója a gyökérhez. A kevésbé mozgékony elemek felvételében szerepe van az **intercepciónak** is. Ennek hatása különösen a foszforfelvételnél jelentős.

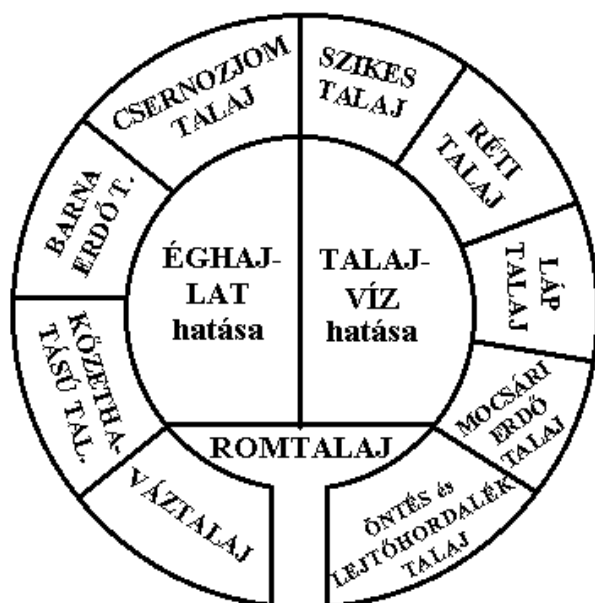
A talajok pH-pufferolóképeségén a talajok kémhatás-kiegyenlítő tulajdonságát értjük. A kémhatás-kiegyenlítő képességet a szerves és szervesen kolloidok, a szénsav és sói adják. A humuszanyagok közül a humuszsavak és azok sói képeznek pufferrendszert. A gyengén humuszos, nem karbonátos homoktalajok pufferkapacitása a legkisebb.

A talajkolloidok felülete általában negatív töltésű, így elsősorban kationok megkötésére képesek. Anionadszorpció kisebb mértékben és ritkábban fordul elő. Hazai talajainkon a kolloidok túlnyomórészt negatív töltése, valamint a gyengén savanyú és gyengén lúgos kémhatás miatt a kationadszorpció az uralkodó.

## 9. Talajkészleteink

### 9.1. Magyarország talajai

Hazánk talajait a természettudományos alapokon nyugvó genetikai és talajföldrajzi elvek alapján csoportosítjuk. A csoportosítás azért genetikai, mert a talajokat fejlődésükben vizsgálja, és azért talajföldrajzi, mert a talajtípusokat a földrajzi tájegységek figyelembevételével egyesíti főtípusokra.



Egy talajtípusba azokat a talajokat soroljuk, amelyek hasonló környezeti tényezők együttes hatására jöttek létre, és a fejlődés hasonló állapotát érték el. Az alábbi ábra a genetikai talajosztályozás fő elveit mutatja be. A két szelő az ún. főtípusokat három mezőre osztja. A vízszintes szelő alatt vannak azok a talajok, amelyek kialakulását valamely tényező gátolja.

A vízszintes szelő fölött a függőleges választóvonalától balra helyezkednek el azok a talajok, amelyek az éghajlat hatása alatt állnak. Kialakulásukra a talajvíz és a felszíni vizek nem hatnak, azt csupán a csapadékból származó víz befolyásolja.

A kőzet talajfejlődést irányító szerepe fölfelé fokozatosan gyengül.

Ez a többlet felszíni vizekből vagy közeli talajvízből származhat. A víz talajképződést befolyásoló szerepe fölfelé haladva fokozatosan gyengül.

A talajok általában réteges szerkezetűek. Ez a rétegződés általában a talajfejlődés eredménye. A felső humuszos szintet A-val jelöljük. Az nyers ásványi anyagot tartalmazó szintet amelyen a talajfejlődés megindult és jelenleg legalul (kb. 1 m) található C-val jelöljük. A kettő között szintet amely felhalmozódási vagy csak átmeneti B-val jelöljük.

#### Váztalajok

A váztalajok fő jellemzője, hogy képződésükben a biológiai folyamatok csak kevéssé vagy rövid ideig hatnak. Ezek a talajok fiatalok, a képződési folyamat kezdetén állnak.

A köves, sziklás talajok esetében a tömör kőzet aprózódása és mállása még nem haladt oly mértékben előre, hogy a talaj a növényzet megtelepedésére alkalmas lenne, vagyis elegendő vizet és tápanyagot szolgáltatna a nagyobb tömegű szerves anyagot képező növényzet számára. Ilyen talajok ott fordulnak elő kiterjedten, ahol nagyok az eróziós hatások, ahol a víz vagy a szél a mállástermékeket közvetlenül képződésük után elszállítja. A talajréteg általában 10 cm-nél vékonyabb, és sziklás foltokkal váltakozik.

Földes, kopárnak nevezett talajok esetében a talajképződést nem a mállott anyag hiánya, hanem a felszín gyors és állandó pusztulása akadályozza. A talajképző kőzet mélyebb átalakulására azért nincs lehetőség, mert eróziós folyamatok a már esetleg átalakult anyagot a helyéről elszállítják, és így mindig újabb és újabb anyag kerül a talajképződési tényezők hatása alá.

Futóhomok felszíneken a szél a homokszemeket folytonosan görgeti vagy helyükről felemelve arrébb szállítja. A mozgó felszín következtében nem tud állandó növénytakaró megtelepedni és huzamosabb ideig hatni a talajra.

#### Öntés és lejtőhordalék talajok

Az öntéstalajoknál a talajképződés megindulását az akadályozza meg, hogy a rendszeresen ismétlődő áradások üledékeket terítenek szét. Ha ez megszűnik, és a felszínt hosszabb ideig növénytakaró fedi, akkor humuszosodás, réti, esetleg lápos talajképződés indul meg. Az öntéstalajok a folyók árterületein találhatóak, tulajdonságaik nagymértékben a hordalék származási helyétől függenek. A Rába, a Tisza és a Körösök öntéstalajai savanyúak, míg a Duna öntéstalajai meszes.

### ***Közethatású talajok***

A közethatású talajok esetében a növényzet már huzamosabb ideje megtelepedett a kőzeten, de a talajréteg még vékony rajta, ezért a kőzet hatása továbbra is erőteljes. A rendzinatalajok tömör, mésztartalmú kőzeten – hazánkban elsősorban mészkövön, márgán és dolomiton – alakultak ki. A sekély termőrétegben erőteljes a humuszosodás és gyenge a kilúgzás. A sok kötőrmelék és a vékony termőréteg miatt ez a talaj általában kevés vizet tárol.

### ***Barna erdőtalajok***

Erdő azokon a területeken települhet, ahol az évi csapadékmennyiség elég nagy. A lehulló csapadéknak csak egy része párolog el a lombozatról, a többi a talajba szívárog. A fák alatt csökken a szelek szárító hatása, a levegő állandóan párás, és a talaj felszínét avartakaró borítja. Mindezek megakadályozzák a nagyobb mértékű párolgást. A talaj A szintjében fák leveleinek bomlása közben savanyú humuszvegyületek képződnek. A bontást elsősorban gombák végzik, melyek savanyú anyagcsere terméket állítanak elő. A nagyobb csapadék beszivárgás és az hogy a fák a mélyebb talajrétegekből szívják fel a vizet lefele irányuló vízmozgást eredményez elsősorban az A és a B szint között. Ezek együttesen azt eredményezik, hogy az anyagok, - elsősorban a kationok – az A szintből a B szintbe vándorolnak. Ez tovább fokozza az A szint savanyodását, hiszen az eltávozott kationok helyét a talajkolloidokon hidrogénion foglalja el.

Egyes típusaik jellegzetes barna színe miatt ezeket a talajokat összefoglaló néven barna erdőtalajoknak nevezik. A barna erdőtalajok az ország területének több mint 30 százalékát borítják. Legelterjedtebb közülük az **agyagbemosódásos barna erdőtalaj**. Jellegzetes talajképződési folyamata az agyagvándorlás, ami azt jelenti, hogy az A szinten a savanyú humuszanyagok hatására bekövetkező kilúgzás a bázisok mellett elmozdítja az agyagrészeket is a kilúgzási szintből. A vándorló agyag csupán felhalmozási szintig (B) jut el, és jellegzetes vörösesbarna agyagot hoz létre.

### ***Csernozjomtalajok***

A mezőségek jellegzetes talajtípusa a csernozjomtalaj. A mezőségi növényzet olyan területen jön létre, ahol a talajvíz 4 m-nél mélyebben van, és az évi csapadékmennyiség 600 mm-nél kevesebb.

Mivel a talajvíz mélyen van, ezért szárazságtűrő fűvek élnek a területen. A gyepnövényzet évente elpusztul, és csak a föld feletti száraz és gyökértörzsek telelnek át. A talaj humusztartalma nagy, és jól levegőzött viszonyok mellett jó minőségű, kalciummal telített humuszanyagok képződnek. A felső talajszint a nagy mennyiségű gyökér következtében morzsalékosává válik. A csernozjomtalajokra a humuszanyagok felhalmozódása és a morzsalékos szerkezet mellett a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása (lefelé-felfelé) jellemző. A humusz felhalmozódását az okozza, hogy egyrészt sok növényi maradvány keletkezik, másrészt a szerves anyagok lebomlása viszonylag lassú. Ugyanis a szerves anyagok, illetve a humusz bontását mikroszervezetek végzik. Ezek tevékenysége az év nagy részében korlátozott: télen a fagy, nyáron a szárazság miatt. A humuszos réteg általában vastag, mert a felszín közelében képződött humuszt a talajlakó állatok a mélyebb talajrétegekbe keverik. A vízmozgás jellemzően egyensúlyi, ezért sem kilúgzás, sem felhalmozódás nem lép fel. A B szint átmeneti jellegű.

A **mészlepedékes csernozjomtalajok** nemcsak hazánk, hanem az egész Duna-völgy jellegzetes sötétbarna színű talajképződményei. Elnevezésüket a szelvényükben általában 30–70 cm mélységben megjelenő mészlepedékről kapták, ami a talajmorzsákat vékony, penészhez hasonló, mikrokristályos hártaként vonja be. Az egész szelvény telítettsége 100 százalékos, a feltalaj kémhatása semleges vagy gyengén lúgos. A mély, humuszos A szint és a mészlepedékes B szint, valamint a humusz nélküli C szint között fokozatos az átmenet (BC szint).

### ***Szikes talajok***

A szikes talajok létrejöttében és tulajdonságaik kialakításában a vízben oldható nátriumsóknak van döntő szerepük. A sófelhalmozódás úgy jön létre, hogy a magas talajvízszint és a száraz klíma hatására a talajvíz felfelé áramlik. A felszínről viszont csak a víz képes eltávozni az oldott sók nem.

Két alapvető típusát különböztetjük meg a szikes talajoknak. Az ún. szoloncsáktalajra a talaj felső szintjében, illetve a felszínen megmutatkozó vízdoldható nátriumsók felhalmozódása – néha kiválása – a jellemző. Az ún. szolonyectalajra viszont a kicserélhető nátriumionok feldúsulása jellemző a felszín alatt elhelyezkedő genetikai szintekben.

A **szoloncsáktalajok** szelvénye nem mutat jelentős tagozódást. A nátriumsók hatására fizikai tulajdonságaik kedvezőtlenek, kémhatásuk erősen lúgos. A feltalaj színe szárazon világosszürke, mélyebben valamivel sötétebb és rozsdás erekkel tarkított. Száraz időszakban a felszínen sókivirágzások láthatók. A talaj szerkezete tömött, szárazon repedező, nedvesen elfolyósodó.

A **szolonyectalajok** A szintje általában 15 cm-nél vékonyabb, világosszürke színű, vízdoldható sók nem vagy csak nagyon kis mennyiségben tartalmaz. Jellemző rájuk, hogy a kicserélhető kationok között a nátriumionok mennyisége több mint 15 százalék. A jellegzetes oszlopos szerkezetű szolonyec **B** szint több agyagot tartalmaz, mint az A szint, és ez a szint a sók és a nátriumionok felhalmozódásának a helye.

### **Réti talajok**

Dombvidéki völgyekben és folyók öntésterületeinek mélyebb fekvésű részein buja réti növényzet él, amely nedves talajok vízkedvelő füveiből áll. Mivel a terület a környezetéhez képest mélyebben fekszik, a környező magasabb területekről ide futnak össze a felszíni vizek, a talajvíz 0,5–3,0 m-re van a talajfelszín alatt. A réti talajokban ezért rendszerint nyirkos, levegőtlen viszonyok uralkodnak. Ezek eredményeképpen a mozgékonyabb vasvegyületek nyomait láthatjuk glej, vasborsó és rozsdafolt formájában. Részben a humusz is vasvegyületekhez kötődik, ezért a humuszos szint fekete színű. A kedvező mállási körülmények következtében a réti talajok hajlamosak az agyagosodásra, ezért sok az erősen kötött réti talaj. Igen nehezen művelhetők. A kicserélhető kationok között a magnézium aránya gyakran eléri a 30 százalékot.

### **Láptalajok**

E talajok állandóan vagy legalábbis az év nagyobb részében víz alatt állnak, illetve vízzel telítettek. Emiatt az egész talajszelvény levegőtlen. A vizinövényzet – a nád, sás, káka – elhalása után a maradványok levegőtlen viszonyok között bomlanak. A láptalajok ezeknek a szerves anyagoknak a felhalmozódásából jönnek létre. A humuszképződés mellett nagymértékű tőzegesedés is fellép. Ekkor a vizinövények föld feletti részei és a gyökerek nem bomlanak el egészen, hanem egy részük megőrzi az eredeti sejtszerkezetet, és évről évre felhalmozódva vastag réteget képez.

### **Termőtájaink**

Ha áttekintjük, hogy a domborzat, a talajvízszint és az éghajlat milyen hatással van a talajképződésre földrajzi ismereteink alapján nagyjából kirajzolódik a magyarországi talajtípusok földrajzi elhelyezkedése.



Az előző vázlaton az 1-el jelölt hegyvidéken barna erdőtalajok fordulnak elő. A meredek lejtőkön (2) az erős erózió miatt, gyakran fordulhatnak elő köves sziklás vázталajok. Az innen lemosódott anyag a kevésbé meredek területeken felhalmozódva lejtőhordalék talajokat alkot. A talajvízszint (4) mélysége a

barna erdőtalajok esetében meghaladja a 4 métert, így a kapilláris zóna nincs kapcsolatban a felszínnel és a talajvíz nem befolyásolja a talajképződést.

Jelenlegi, vagy korábbi felszíni vizein árterületein azokon a területeken, ahol a magas vízállás, folyamatosan 0,5–1 m közötti általában láptalajokat (8) találunk. Kissé magasabb területeken, ahol a talajvízszint 0,5–3 m között ingadozik réti talajokat (7), ahol pedig a magas talajvíz sót is tartalmaz ott szikes talajokat (6) találunk. Ez a sófelhalmozódás jellemzően ott jelentkezik, ahol a talajvíz oldalirányban nem áramlik és a víz csak felfelé vízpára formájában távozhat a talajból a száraz éghajlat miatt.

Az erdőtalajok és a talajvízhatása alatt képződött talajok közötti szinten, illetve területeken találjuk a csernozjom talajokat, amelyekre függőleges irányban az egyensúlyi vízmozgás jellemző.

A következő lapon levő térképen a főbb talajtípusok magyarországi elhelyezkedését láthatjuk.

A **barna erdőtalajok** az Alpokalja, a Dunántúli-középhegység, a Dunántúli-dombság és az Északi-középhegység jelentős területeit borítják. Az Alföldön a Gödöllői-hát folytatásában valamint a Nyírségben található homokon képződött barna erdőtalajokat. Az Alpokalján, a Dunántúli-dombság, a Balaton-felvidék és az Északi-középhegység vulkanikus hegyei környékén valamint a Nyírségben savanyú alapkőzeten képződött erősen savanyú erdőtalajokat találunk.

Jellegzetes mészlepedékes **csernozjom talajok** jöttek létre a Mezőföldön, a Tolnai-dombságon, a Pécsi-síkságon és a Kisalföldön. Emellett az Alföldön is jelentős területeket foglalnak el csernozjom talajok, főleg a hajdúsági, a békési és az észak-bácskai térségben. Ezek az ország legjobb gabonatermő vidékei.

A **szikes** szoloncsáktalajok nagyobb területen a Kiskunságban találhatóak, a szolonyectalajok pedig, meglehetősen mozaikszerűen, túlnyomórészt a Hortobágyon és a Körösök vidékén fordulnak elő.

**Réti talajok** az Alföld mélyebben fekvő területein jöttek létre, ott ahol rendszeresen magas talajvízszint fordult elő.

**Láptalajokat** a Hanságban, a Balaton környékén a Sárréten és az Ecsedi-láp területén találunk egybefüggő nagyobb területeken.

Közethatású talajok közé tartozó **rendzina** talajokkal a Dunántúli-középhegységben, a Bakonyban és az Agteleki-karsztban találkozhatunk.

**Homokos váztalajok** jellemzően a Duna-Tisza-közi hátság nagy részén és a Nyírség déli részén fordulnak elő.

**Öntéstalajokkal** a folyók mentén, a korábbi, vagy jelenlegi árterületeken találkozhatunk.

## 10. A termőföld értéke

A termőföld értéke kiegyensúlyozott piaci viszonyok között a rajta megtermelhető tiszta jövedelemtől függ. Ezt természeti és közgazdasági feltételek szabják meg.

A **közgazdasági** feltételek közé a termék értékesítési lehetőségei, a szükséges anyagok (műtrágyák, vetőmag, gépek stb.) beszerzési lehetősége, a szállítási útvonala hossza, állami elvonási illetve támogatási rendszer, túltermelés vagy hiány és a világpiaci hatások határozzák meg.

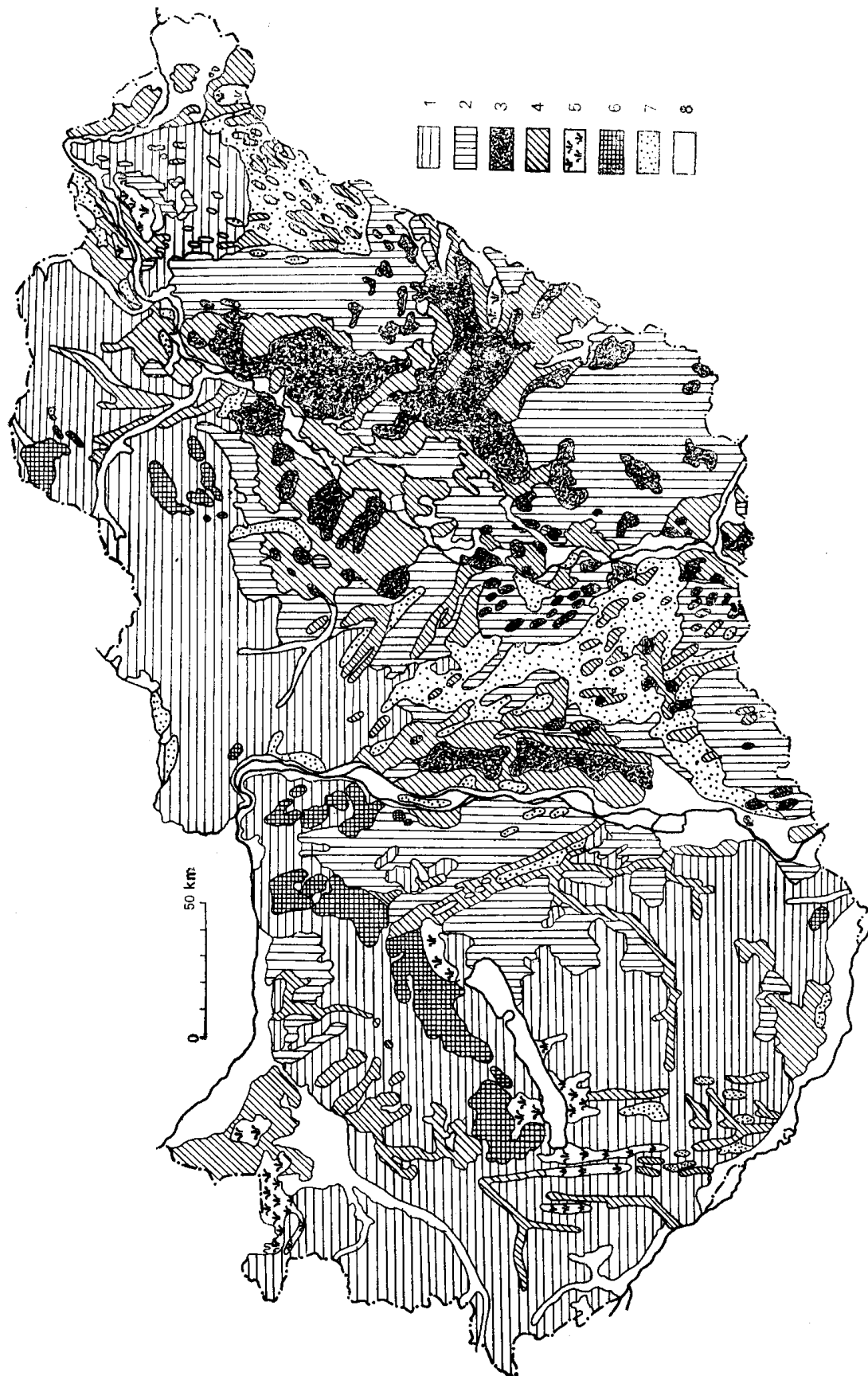
A **természeti** feltételeket alapvetően meghatározza a terület művelési ágba sorolása (rét, legelő, szántó, gyümölcsös).

A **művelési ág** kialakítása függ a természeti feltételektől, de meghatározása államigazgatási hatáskör, és alapvetően meghatározza a terület értékét. Például gyümölcsösben azonos területen jóval nagyobb tiszta jövedelmet lehet elérni, mint szántóterületen. Egy művelési ágon belül a termelés hatékonyságát természeti feltételek és a természeti módja határozza meg.

A **termesztés módját** a termesztendő növény faja, fajtája, a gépesítés, trágyázás, növényvédelem, öntözés befolyásolja. Igen fontos tényező a termelő, illetve a neki tanácsot adók szaktudása is.

A **természeti feltételeket** a termőföld termékenysége és a klimatikus feltételek határozzák meg.





108. ábra. A főbb talajtípusok elterjedése hazánkban

1 - barna erdőtalajok, 2 - csernozjomok, 3 - szikések, 4 - réti talajok, 5 - láp talajok, 6 - rendzinák, 7 - homokos vártalajok, 8 - öntéstartások

A **klimatikus feltételek** közé tartoznak az adott területre jellemző hő, fény és csapadékviszonyok, valamint ezeknek a tenyészidőszakon belüli megoszlása. Ennek jelentősége függ a növényfajtól is. Így pl. a csapadékos június vége kedvező a kapásoknak (kukorica, napraforgó, cukorrépa), de rontja a kalászos gabona minőségét, és akadályozza a betakarítást. A különböző években eltérő időjárás fokozza az évjárat hatást, ami jelentősen befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét, valamint, ha ugyanaz a hatás nagy területen érvényesül, az értékesítési lehetőségeket is.

A **termőföld termékenységét** meghatározza annak elhelyezkedése és minősége.

A **termőföld elhelyezkedése**, miszerint dombon, völgyben, síkon, belvizes területen helyezkedik el, jelentősen befolyásolja a termesztést. Sík vidéken, vagy völgyben a magas talajvíz, illetve a belváz okozhat gondot, dombvidéken pedig az erózió. Domb illetve hegyvidéken fontos a lejtő iránya is, vagyis az, hogy déli vagy északi fekvésű-e a terület.

A **termőföld minőségét** a talaj víz- és tápanyag-gazdálkodása, valamint a termesztést korlátozó tényezők határozzák meg.

A **vízgazdálkodást** a talaj típusa, szerkezete, esetleges meliorációs beavatkozások (pl. drénezés) megléte határozzák meg. Fontos tényező a termőréteg vastagsága és a termőrétegben található kolloidok mennyisége (humusz, agyag).

A **tápanyag-gazdálkodásban** is nagy jelentősége van a talajkolloidoknak, amelyek meghatározzák a talaj tápanyag pufferelő képességét. is. Igen fontos szerepe van a humusznak, amelynek nemcsak a tápanyag megkötésében (mikroelemek) van szerepe, hanem elbomlásakor maga is tápanyagforrás. (nitrogén) és a talajélet feltétele. A talajéletnek jelentős szerepe van a tápanyagok feltáródásában.

A leggyakoribb **termesztést korlátozó tényezők** a talajsavanyúság, a szikesség, a redukciós viszonyok.

Korszerű talajtani ismeretek alapján a talajok termékenységének értékelése a 70-es években központi program keretében folyt Magyarországon. Elsődleges célja a központi irányítás és a helyi tervezés hatékonyságának elősegítése volt. Az értékelés az üzemi talajtérképezés keretében folyt úgy, hogy egyes talajjellemzőkhöz értékszámokat rendeltek (bonitáltak). Az így kapott értékszámok összege jellemezte a talaj értékét. Ez az összeg maximálisan száz pont lehet. Ezt a munkát a szakzsargonban **bonitálásnak** nevezték.

Az előforduló leggyengébb és legjobb talaj alapján 1-től 100-ig terjedő pontszámmal fejezik ki a talajok minőségét, hozadékképességét. Ezt a talajértékszámot módosítják a domborzati és éghajlati tényezők. Mindezen ökológiai értékelések alapján alakul ki a termőhely értékszáma. Természetesen emellett szükség van olyan gazdasági tényezők figyelembevételére is, mint a földrajzi elhelyezkedés, a művelési ág, öntözhetőség, nagyüzemi művelhetőség stb.

A korszerű értékelési rendszer kialakítása ellenére a közelmúlt legnagyobb jelentőségű termőföld tulajdonviszony változását jelentős kárpótlás során a termőföld értékét nem ez alapján határozták meg, hanem a korábbi nagyrészt elavult aranykorona érték alapján.

Ennek csak részben lehetett az az oka, hogy a rendszerváltás után létrejött hatalom nem igazán bízott az előző rendszerben kialakított értékelésben, hanem a legvalószínűbb ok a két értékszám közötti minőségi különbségben keresendő.

Az **aranykorona** ugyanis komplex értékmérő szám, nem csupán a talaj minőségét, hanem a közgazdasági feltételrendszert is jelenti. Sajnos, a figyelembe vett közgazdasági feltételrendszer a múlt század közepét jellemzi, de ennek jelentős tényezői még ma is érvényesek. Például az értékesítési lehetőséget meghatározó Budapesttól, illetve Bécstől mért távolság.

Az aranykorona értéket az 1850- és 60-as években készült országos felmérésre alapozták. 1875-ben lép érvénybe, célja a földadó alapjának meghatározása. Alapja a kataszteri tiszta jövedelem meghatározás volt. A kataszter szó, amely magyarul nyilvántartást jelent, arra utal, hogy az aranykorona nem az adott gazdálkodónak egy bizonyos évben a területen elért tiszta jövedelmét, hanem egy elvont átlagos feltételek közti jövedelmezőségét jelenti. A tényleges jövedelem ennél több vagy kevesebb is lehetett, a lényeg az, hogy az állami nyilvántartásban (kataszterben) milyen tiszta jövedelem termelő képességűnek regisztrálták az adott területet.

A földadó alapjául szolgáló kataszteri tiszta jövedelmet az átlagos terméseredmények és a terményárak, valamint az átlagos termelési költségek figyelembevételével számították ki. A kataszteri tiszta jövedelmet a közhasználatban aranykoronának nevezik, ami tulajdonképpen az egységnyi földterület relatív értéke. Az aranykorona érték akkor volt nagy, ha termékeny volt a talaj, ha volt a közelben kövesút, esetleg vasút, közel volt a gazdaság Bécshez vagy valamely nagyvárosához.

### **Talajhibák – javítási módok**

Talajhibának nevezzük azokat a fizikai, kémiai és biológiai jelenségeket, amelyek jelentős mértékben csökkentik a talaj termékenységet. Ilyen egyebek között a talaj túl tömött és túl laza szerkezete., a fölöslegben levő víz és a vízhiány, a túlzott savanyúság, a szikes és sós talaj, egyes mikroszervezetek hiánya vagy kártékony élőlények túlságos elszaporodása. Mint látjuk, a talajok termékenységet minden olyan tényező leronthatja, amely túlzott vagy nem elegendő mértékben jelenik meg. Így talajhibának tekinthető még a túl sok mészs, a tápanyagok kóros hiánya, illetve egyes elemek toxikus mennyisége, az ipari, mezőgazdasági és kommunális talajszennyeződés is.

Egyes talajhibák – pl. a vízhiány vagy a szikesség – megakadályozzák, hogy nagy mennyiségű szerves anyag keletkezzen. A túlzott nedvesség nem kedvez a bontási folyamatoknak, a szerves hulladékokkal túlterhelt talajban nem bomlik le a szemét, vagyis az ilyen talajban nem működik megfelelően a biológiai körforgás egyik vagy másik fogaskereke.

#### *Túl tömött talaj*

A talaj mélyebb szintjeiben gyakran található erősen tömődött, vízzáró rétegek, mint a mészkőpad, a vaskőfok vagy a szikes és erdőtalajok tömődött felhalmozódási szintje. Ezek fellazításakor ügyelni kell arra, hogy közben ne keverődjenek össze az ép talajsintekkel. Ezért olyan eljárásokat kellett kidolgozni, amelyek eredeti helyükön szüntetik meg a tömődöttséget. Közéjük tartozik az altalajlazítás, amelyet a kívánt mélységben lehet elvégezni az erre a célra szerkesztett géppel.

#### *Túl laza talaj*

A homoktalajoknak az a legnagyobb hibájuk, hogy a vizet nem képesek raktározni, gyorsan kiszáradnak. E tulajdonságuknak az az oka, hogy nagyon kevés kolloid alkotórészt tartalmaznak, amely megköthetné a vizet és a tápanyagokat. Az ilyen talajok hatásosan kezelhetők a réteges homokjavítással. Ennek az a lényege, hogy összefüggő istállótrágya-réteget vagy más, kolloidokban gazdag, természetes vagy mesterséges eredetű réteget terítenek el mintegy 60 cm-es mélységben. Hatására javul a kezelt talaj tápanyag- és vízgazdálkodása.

#### *Fölsleges víz, levegőtlen viszonyok*

Előfordul, hogy a víz valamilyen ok miatt nem tud elfolyni egy területről, emiatt a növények gyökerei nem jutnak levegőhöz. A fölöslegben levő vizet ezért mesterségesen el kell vezetni, vagyis végre kell hajtani a vízrendezést.

Lápterületeken azonban nem elegendő csupán a talajvíz szintjének csökkentése és az esetleges felszíni vizek levezetése, hanem gondoskodni kell arról is, hogy a talajvíz mélysége éppen a tőzeg talajok által megkívánt mélységben legyen. Csak így lehet ugyanis elkerülni, hogy a tőzegtalajok túlságosan kiszáradjanak, ami termékenységre ugyanúgy kedvezőtlenül hat, mint a túlzott nedvesség.

A talaj nem megfelelő szellőzésének a következményeit legjobban a városi utakat szegélyező fákon figyelhetjük meg. A kövezettel beburkolt talajba a levegő csak a fa törzse körül meghagyott földtányéron át juthat be. Fiatal fák igényeit ez még kielégíti, az idősebb fákét azonban már nem. A gyökérszet levegőhiánya következtében a fák korán lehullatják a lombjukat, legtöbbször még a bőséges öntözés sem segít, mivel ez is csak a levegőhiányt növeli.

#### *Vízhiány*

A Földön nagyon sok helyen az állandó és időszakos vízhiány okozza a legnagyobb gondot a növénytermesztésben. Megakadályozására vagy megszüntetésére kétféle módszer ismeretes: az egyik a talajban lévő nedvességtartalom megőrzése, a másik az öntözés. Mindenképpen arra kell törekedni, hogy a nedvességet őrizzük meg, és ott használjuk fel, ahol az leesett.

A talajban lévő nedvesség megőrzésének igen hatékony módja, ha megakadályozzuk a víznek a talaj felszínéről való elpárolgását. Ez a talaj felszínének a meglazításával érhető el, mivel ekkor megszakad a kapilláris repedések kialakult rendszere, a víz nem tud felemelkedni a felszínre, és így nem párolog el. Bár a meglazított talajfelszín kiszárad, alatta azonban a talaj nedves marad.

A talaj rendszeres művelése és a gyomok kiirtása olyan egyszerű módja a nedvesség megőrzésének, amellyel akár egy év csapadékmennyiségét is meg lehet őrizni a következő esztendőig. Így válik lehetővé az igen száraz éghajlatú területeken is a növénytermesztés. Ez az alapja az ún. szárazgazdálkodásnak, amelyet olyan vidékeken űznek, ahol egy év csapadéka nem elegendő termés létrehozásához. Ha azonban a csapadék megőrződik a következő évig, akkor a két év összes csapadékával már megfelelő termést érhetnek el.

A talajnedvesség megőrzésének egy másik módja, ha szalmával vagy lombbal takarják be a talajt. A Rajna vidékén a szőlők talaját gondosan kövekkel fedik be, a kőtakaró alatt a talaj nyáron jóval nedvesebb marad, mint a be nem fedett helyeken. A kőtakaró nedvességet megőrző hatását a Földközi-tenger vidékén gazdálkodók is felhasználják.

#### *Az öntözés káros hatásai*

A helyesen végzett öntözéses gazdálkodás jó termést, gazdagságot hoz, a helytelen öntözés viszont az egész társadalomra kiható súlyos következményekkel jár. A helytelen öntözés olyan talajhibákhoz vezet, mint a szerkezetrombolás, a másodlagos szikesedés és az elvízenyősödés.

A szerkezetrombolás oka az, hogy a rendszerint nagyon száraz és nagyon felmelegedett talajaggregátumok az öntözővíz hatására valósággal szétrobbannak, és apró részecskékre esnek szét, amelyhez az esőszerű öntözéskor még a cseppek ütőhatása is hozzájárul. Az átázott talajfelszín szétesett szerkezeti elemei elfolyósodnak, az öntözővízzel elszállítódnak, és végül a mélyedésekben felhalmozódnak. Kiszáradása után az ilyen terület kicserepesedik.

A leggyakoribb talajhiba a másodlagos szikesedés. Az öntözés hatására a talajvíz szintje a kritikus magasság fölé emelkedhet, ami azt jelenti, hogy a felszínről elpárolgó víz a közeli talajvízből is kaphat utánpótlást. Amikor ez a víz párolog, a talajvízben vagy esetleg a rossz minőségű öntözővízben oldott sók, közöttük nátriumsók, a felszínre kerülnek, ott megrekednek és felhalmozódnak, vagyis szikesedést váltanak ki.

Az öntözött területek mélyebb részein elvízenyősödés is felléphet. Az itt összegyűlt víz egész évben boríthatja a talajt. A levegőtlenység pedig a talaj termékenységének csökkenéséhez vezethet. Csak a helytelenül végzett öntözés hatására lépnek fel a káros változások. A hibák elsősorban az öntözővíz nem megfelelő minőségéből és rossz adagolásából adódnak. A fenti hibák terepegyengetéssel, az öntözővíznormák csökkentésével, a talajvízszint süllyesztésével, esetleg az öntözés felfüggesztésével kerülhetők el.

#### *Túlzott savanyúság*

Természetes folyamatok eredményeként túlzott savanyúság ott jelentkezik, ahol a talajképződési folyamatok következtében a kalciumionok kimosódtak a talajból, és a talajkolloidok felületét elsősorban hidrogén- és alumíniumionok borítják. A talaj a nem megfelelő műtrágyahasználat és a savas esők következtében is savanyúbbá válhat. Ha már eleve savanyú vagy savanyodásra hajlamos talajon huzamosan és nagy adagban savanyító hatású műtrágyákat alkalmaznak, akkor a talaj tovább savanyodik. Ilyen hatása van az ammónium-szulfát, az ammónium-klorid, valamint a kálium-szulfát és a kálium-klorid műtrágyáknak. A növények ugyanis belőlük főként csak az ammónium-, illetve a káliumionokat veszik fel, cserébe pedig hidrogénionokat adnak, amelyek nagy mennyiségben nyilvánvalóan jelentősen savanyítják a talajt.

E hiba javítása – gyakorlati tapasztalatok alapján – nagyon régi idők óta meszezéssel történik. A meszezés célja tulajdonképpen az, hogy a talaj kationadszorpcióra alkalmas helyeit kalciumionokkal telítsék. A leggyakrabban alkalmazott javítóanyag a  $\text{CaCO}_3$ . A meszezés hatása igen összetett: csökken a talajok savanyúsága, javult a kalciumellátottság, és jobb talajszerkezet alakul ki, ennek következtében pedig javul a talaj vízgazdálkodása, levegőzöttsége és művelhetősége. E kedvező változások fenntartása érdekében a savanyodásra hajlamos talajokon rendszeres készadagolással folyamatosan közömbösíteni kell a műtrágyák savanyító hatását.

### *Szikesedés*

A szikes talajok kedvezőtlen tulajdonságait az okozza, hogy a nátriumionok a felső szintekben nagymértékben felhalmozódnak. Az ilyen talajoknak nincsen megfelelő szerkezetük, rossz a vízbefogadó képességük és a művelhetőségük is. A kémiai talajjavítás feladata a nátriumionok lecserélése kalciumionokkal. Szódás szikesek esetében a talaj erősen lúgos. Ekkor kémiai talajjavító anyagnak gipszet alkalmaznak.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$ . Ez a lúgosságot is csökkenti. Más szikesek esetén a karbonát tartalmú meszező anyagok, így a meszes altalaj is felhasználható. Fontos, hogy a kémiai javítással együtt a talajvízszint süllyesztését is elvégezzük.

### *Talajoltás*

Sok esetben hiányoznak a talajból a természeti kívánt pillangós növényvel szimbiózisban élő Rhizobium baktériumok. Felmerül az a gondolat, hogy ilyenkor mesterséges úton kellene azokat a talajba juttatni. Ismeretes, hogy egyes fafélék gyökereivel együtt élő gombák elengedhetetlenek a fa fejlődéséhez, ezért az ilyen fák telepítésekor mindig gondoskodni kell megfelelő mikkorizás talaj alkalmazásáról. A mikroszervezetek mesterséges talajba juttatását talajoltásnak nevezzük. Ilyen célra főként Rhizobium-, Azotobacter-készítményeket és mikorizatenyészeteket alkalmaznak.

### *Talajfertőtlenítés*

A múlt század kilencvenes éveiben a filoxéra elleni hadjárat hívta fel a figyelmet a talaj káros élőlényeinek mesterséges elpusztítására, az ún. talajfertőtlenítésre. Az eljárás különböző formákban már ősidőktől fogva ismert volt. Egyiptomban a talajt napon hevítették, így pusztították el a benne levő kártevőket. Napjainkban elsősorban az üvegházak talajai vannak ilyen veszélynek kitéve. A nagy meleg, a bőségesen adagolt tápanyagok és a nedvesség hatására az élőlények egész serege szaporodhat el bennük; fonálférgesek támadják meg a gyökereket, kórokozó gombák lepik el a szárat, leveleket, gyümölcsöket.

Olykor a szabadföldön is előfordul, hogy a talaj bizonyos kártevők úgy ellepik, hogy az a növények termesztésére alkalmatlanná válik. Ide tartozik a „talajuntság” jelensége is, ami elsősorban monokultúras termelés során lép fel. A huzamosan termesztett növény gyökerei olyan mérgező anyagokat választanak ki a talajba, amelyek megakadályozzák ugyanannak a növénynek további eredményes termesztését. Úgy tűnik, mintha az adott növényt a talaj meguntta volna. Ha az ilyen talajt fertőtlenítik, akkor ezek a kellemetlen hatások megszűnnek.

A talajfertőtlenítésnek két falapvető módja van: az egyik a forró gőzzel való hevítése, a másik – a napjainkban elterjedtebb – vegyszeres fertőtlenítés. Mindkét beavatkozás elpusztítja a kártékony, nemkívánatos kórokozókat, de sajnos a hasznos élőlényeket is.

### *A talajpusztulás*

Azokat a pusztító jellegű folyamatokat, amelyek hatására a talaj felső rétege fokozatosan elvékonyodik, miközben termékenysége egyre romlik, esetleg teljesen alkalmatlanná válik mezőgazdasági termelésre, talajerózióknak nevezik.

Az **eróziós** pusztító hatása mellett jelentős lehet a szél pusztító hatása (a **defláció**) is. Ellene való védekezés egyik hathatós módja a szél sebességét csökkentő erdősávok, fasorok, ligetek telepítése. Az is jó védelmet nyújt a defláció ellen, ha a felszint állandó növénytakaró borítja. Termesztett növényekkel sajnos ezt legtöbbször nem lehet megvalósítani, ezért a talajtakarás más módszerét kell alkalmazni, pl. a talajt nem élő, hanem holt növényi részekkel, szárral, szalmával stb. fedik be.

## VIZSGAKÉRDÉSEK

### Szóbeli vizsgakérdések

Az elemek geológiai és biológiai körforgása.

Az elektromágneses spektrum.

Az üvegházhatás oka, és veszélyei.

Éghajlati övek és jellemzésük.

Az emberi tevékenység éghajlatot befolyásoló hatása.

Csapadék viszonyok időbeli változékonysága Magyarországon.

A hőmérséklet hatása a növényfajok elterjedtségére

C3, C4-es növények és jellemzésük.

Ismertesse az aszály fajtáit és az ellenük való védekezés módszereit!

Ismertesse a fagy megjelenés formáit és az ellenük való védekezés módszereit!

A jégeső kialakulása, és az ellene való védekezés.

A víz megjelenés formái és vízkörforgás.

A felszín alatti vizek megjelenési formái.

A talajnedvesség formái, és jellemzésük.

Az árvizek kialakulása, és az ellenük való védekezés

Mitől függ, hogy mikor és mekkora árhullám alakul ki a magyarországi folyókon?

Mi a nyári gát, és mi a funkciója?

A belvizek kialakulása, és az ellenük való védekezés

A felszíni és a felszín alatti összegyülekezés hatása a vízfolyások vízszállítására.

A talajnedvesség szabályozása felszín alatti vízrendezéssel

A talajnedvesség szabályozása öntözéssel

A vízkészlet-gazdálkodás alapjai

Milyen típusai lehetnek és hogyan történik a felszíni vizek minősítése? Mit tud a felszín alatti vizek minősítéséről?

A vízszennyező anyagok eredet szerint honnan származhatnak, mi jellemzi őket, és hogyan védekezhetünk ellenük?

Mit tud a mezőgazdasági jellegű települések vízigényeiről?

Ismertesse a vízművek típusait, a vízmű részeit, és a víz árának alakulását!

A periódusos rendszer felépítése, és az elemek csoportosítása.

Mi az elektronegativitás, és ez hogyan hat ki az atomok közti kötés jellegére?

A fémrács és az ionrács felépítése, a rácsszerkezet és a tulajdonságok összefüggése

Az atomrács és a molekularács felépítése, a rácsszerkezet és a tulajdonságok összefüggése

A víz rendhagyó tulajdonságainak magyarázata

Kémiai egyensúlyok

Savak és bázisok disszociációja.

Összetett anyagi rendszerek.

Kolloidok.

A szénhidrogének.

Az alkoholok és az oxovegyületek.

A szénhidrátok.

A karbonsavak és az észterek.

Az aminosavak, amidok, aminosavak, peptidok, fehérjék.

A talaj fogalma, legfontosabb funkciói.

A talajképző tényezők.

Ásványok kőzetek, és a mállás.

A talajszerkezet fogalma, jelentősége.

Agronómiai szempontból melyik a kedvező talajszerkezet és miért?

A talaj vízgazdálkodási típusai.

A talaj legaktívabb szerves alkotórészei: a agyagásványok.

A talaj humusztartalma.

A humusz funkciói és ezek jelentősége

A talajsavanyúság, és megszüntetése.

A talaj nitrogén körforgalma.

Tápelemek a talajban.

A talaj tápelem-szolgáltatásának folyamatai.

A genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer és a talaj főtípusok.

Mi a szerepe a vízmozgásnak és a domborzatnak az különböző talajtípusok kialakulásában?

Magyarország jellemző talajtípusainak földrajzi elhelyezkedése tájmegnevezésekkel.

Talajértékelés.

Egy-egy talajhiba és javításának módja.

Liebig-féle minimumtörvény.

A műtrágyázás hatása a termés minőségére (búza, kukorica, cukorrépa, burgonya, napraforgó, zöldség, gyümölcs, gyepek).

Szerves trágyák és egyéb természetes anyagok.

N műtrágyák. Előnyök, hátrányok.

Lassú hatású nitrogén műtrágyák.

A foszfor műtrágyák előállítása és tulajdonságaik.

Kálium műtrágyák előállítása és tulajdonságaik.

Összetett műtrágyák.

A szilárd műtrágyák minőségi követelményei (mészindex, sóindex, KRL érték).

Műtrágyák savanyító hatása (kémiai, biológiai, fiziológiai).

Folyékony műtrágyák (oldat, szuszpenziós, UAN, MAP).

### **Képletek, rajzok**

Az égtáji kitérítés hatása a besugárzás szögére, és ennek éghajlat-módosító hatása.

Mi a "közmű olló" (rajz, és magyarázat)?

Magyarország éghajlati körzetei (I., II., III., IV.) (térképvázlat).

Magyarország jelentősebb felszíni vizei (térképvázlat).

A különböző típusú kőzetekből álló földrajzi egységek Magyarországon (térképvázlat).

Magyarország jellemző talajtípusainak földrajzi elhelyezkedése (térképvázlat).

A hidrogénhid kötés (két jellemző példával)

A gázok állapotegyenlete (a betűk jelentésével együtt).

A foszforsav disszociációja (3 egyenlet).

Az acetát puffer pH stabilizáló hatása (egyensúly összefüggése, magyarázat).

Az alkoholok oxidációja aldehiddé, majd karbonsavvá (folyamat szerkezeti képletekkel).

A d-glükóz (szőlőcukor), és a d-fruktóz (gyümölcscukor) szerkezeti képletei.

Két glicin összekapcsolódása dipeptiddé (reakcióegyenlet).

A felületi feszültség keletkezése (rajz + rövid magyarázat).

Az telítési adszorpciós görbe (rajz + rövid magyarázat).

A növényi tápanyagfelvétel időbeli dinamikája.

Mitscherlich törvény (rajz + rövid magyarázat).

Műtrágyázás hatásgörbéje, és felhasználása az optimális műtrágya adag megállapításakor (rajz + rövid magyarázat)..

A szuperfoszfát gyártás (reakcióegyenlet).

A triplefoszfát gyártás (reakcióegyenlet).

A fluorapatit salétromsavas feltárása (reakcióegyenlet).

Az ammóniumnitrát hidrolízise (reakcióegyenlet).

A nitrifikáció (reakcióegyenlet).

Az UAN alkotóinak képlete.

Bordói lé (reakció egyenlet).

Ditiokarbamátok (váz, példa).

Glialka (képlet).

A növényi növekedés szabályozók (fenoxi-ecetsav képlet).

A fotoszintézisre ható 1. helyen gátló herbicidek jellemző molekula részlete (egy jellemző alapváz).

Foszforsavészter alapvázak.

### **Számítógépes tesztkérdések**

Milyen sugárzást nyel el az ózon?

Milyen sugárzást nyel el a vízgőz és a széndioxid?

Milyen sugárzást bocsát ki a Föld?

Makroklíma, mezoklíma, mikroklíma  
Az albedó  
Fénykedvelő növények és jellezőik  
Árnyéktűrő növények és jellezőik  
Hosszúnappalos, rövidnappalos növények  
Milyen kőzetben fordul elő a karsztvíz?  
Hogy nevezik a törmelékes üledékes kőzetekben a vízzáró réteg alatti vizeket?  
Mitől függ a pillanatnyi beszivárgás?  
Mitől függ az intercepció?  
Mi a hullámtér?  
A talajvíz és a rétegvíz nyugalmi szintjének milyen kapcsolata esetén szivárog a talajvíz a mélyebb rétegekbe?  
Mit nevezünk parti szűrésű víznek?  
Melyik hónapban van a havi lefolyás legnagyobb értéke a Dunán?  
A felszíni vízkészlet hány %-a érkezik határainkon túlról?  
A folyók melyik szakaszán a legnagyobb az áradás hevessége (intenzitása)?  
Mi az ármentesítés alapvető eszköze?  
Mivel védekeznek árvíznél a hullámverés ellen?  
Mi a fulladáspon?  
Hogyan függ össze a kukorica termésvesztesége a vízborítás időtartamával?  
Mi a belvizek elvezetésében a tűrési idő?  
Mi a belvízcsatornák karbantartásának legfontosabb feladatai?  
Melyek a jó talajvédő növények?  
Mikor használják a teraszokat az erózióvédelemben?  
Az országban hány ha-t érint az erózió?  
Melyik pF értékhez tartozik a holtvízkapacitás?  
Milyen két pF érték közötti nedvességtartalom a diszponibilis víz?  
Mi a talajnedvesség szabályozásának legfőbb műszaki megoldása?  
Milyen terepen párhuzamosak a szívócsövek a szintvonalakkal?  
Mi váltja ki a talajaszályt?  
Mit nevezünk ökológiai elvű öntözésnek?  
Mely öntözési módok tartoznak a felületi öntözéshez?  
Milyen előnyei vannak a mikroöntözésnek?  
Melyek a korszerű esőztető berendezések?  
Milyen fajtái vannak a mikroöntözésnek?  
Mivel jellemezzük az ország természetes vízkészletét?  
Mitől függ a halastó vízigénye?  
Mi a vízkészlet kihasználtságának mutatója?  
Hol szerezhető be a vízjogi engedély első fokon?  
Hol és mikor veszik a vízmintákat?  
Hány vizsgált komponens csoport van a felszíni vizek esetében és melyek ezek?  
Hány vízminősítési osztály van a felszíni vizek esetében és melyek ezek?  
Mi alapján sorolják osztályba a felszín alatti vizeket?  
Mi az eutrofizáció?  
Mi a vízkihasználási tényező, mondjon példát az értékére!  
Melyek a szennyvíztisztítás fokozatai?  
Milyen kapcsolatban állhat a vízgazdálkodás a mezőgazdasággal?  
Mennyi az egy főre eső vízszükséglet Magyarországon, és mi lenne célszerű EU viszonylatban?  
Mennyi gazdasági állataink napi vízfogyasztása (irányérték)  
Melyek a vízmű típusai?  
Melyek a vízmű részei?  
Az alkáli fémek csoportjába tartozik:  
A halogének csoportjába tartozik:  
A nemesgázok csoportjába tartozik:  
Egy mól gáz térfogata 0 C°-on légköri nyomáson:  
Miért folyékony a víz szobahőmérsékleten?  
Mikor jár lehüléssel az oldatkészítés?



Mi a katalizátor?  
Mennyi a pH ja? (pl.: 0,1 mol sósavnak. Csak egész eredményt adó koncentrációk)  
Mennyi az oxidációs száma az adott elemnek a megadott vegyületben?  
Melyek lehetnek védőkolloidok?  
A kapillárisban a víz felemelkedik, mert ...  
A telítetlen szénhidrogének jellemző reakciója.  
Az aromás vegyületek elektronszerkezete.  
Az aldehidek és a ketonok közötti különbség.  
Milyen monoszacharid egységekből épül fel a cellulóz, illetve a keményítő?  
Mi a glicerin?  
Milyen típusú vegyületek a zsiradékok?  
Magmás kőzet ...  
Üledékes kőzet ...  
Átalakulási, vagy metamorf kőzet ...  
A talaj fizikai tulajdonságai (fizikai féleség, szerkezet, pórustérfogat, vízgazdálkodás).  
Hogyan csoportosítja a talaj szerkezeti elemeit?  
A különböző szerkezeti elemek mely talajokban fordulnak elő jellemzően?  
Az agyagásvány felületén megjelenő negatív töltésfelesleg...rácsban való helyettesítése miatt alakulhat ki.  
Melyik humuszanyagának nagyobb az átlagos molekulatömege?  
A humusz kémiaiilag ...  
A felsorolt folyamatok közül melyikben juthat a legtöbb nitrogén a talajba?  
Jól levegőzött talajban melyik nitrogénvesztés lehet a legnagyobb mértékű?  
Hogyan járulhat hozzá a műtrágyázás az élővizek eutrofizációjához?  
Hogyan függ a talajban levő foszfátok oldhatósága a talaj pH-jától?  
Savanyú talajokban milyen formában kötődik le a talaj foszfortartalma?  
Meszes talajokban milyen formában kötődik le a talaj foszfortartalma?  
Hogyan függ a talajban levő mikroelemek oldhatósága a talaj pH-jától?  
Melyik megállapítás igaz a megadott tápelem (N, P, K, Cu, Fe) gyökérhez jutásával kapcsolatban?  
A váztalajok fő jellemzői.  
A barna erdőtalajok fő jellemzői.  
A csernozjom talajok fő jellemzői.  
A réti talajok fő jellemzői.  
A szikes talajok fő jellemzői.  
A láptalajok fő jellemzői.  
A öntés és lejtőhordalék talajok fő jellemzői.  
Magyarországon hol helyezkednek el a barna erdőtalajok?  
Magyarországon hol helyezkednek el a csernozjom talajok?  
Magyarországon hol helyezkednek el a szikes talajok?  
Magyarországon hol helyezkednek el a réti talajok?  
Az aranykoronán alapuló talajértékelés eredeti célja.  
Mely talajok javíthatók meszezéssel és sárgaföld terítéssel?  
Milyen talajok javíthatók gipszezéssel?  
A homoktalajok javíthatók ... eljárással.  
A savanyú talajok javíthatók ... eljárással.  
A szikes talajok javíthatók ... eljárással.  
A tápelemek (N, P, K, Ca, Mg, S, Mo, Cu, Mn, Zn, B) élettani szerepe.  
Melyik tápelem növeli a cukorrépa termését, de csökkenti a cukortartalmát?  
Melyik tápelem növeli a cukorrépa cukortartalmát?  
Melyik tápelem növeli a burgonya keményítő- és C-vitamin tartalmát?  
A burgonya nagyadagú nitrogéntrágyázása ...  
Milyen hátrányos következménye lehet a gyp nagy-adagú nitrogéntrágyázásának?  
Milyen hátrányos következménye lehet a zöldség-gyümölcs nagyadagú nitrogéntrágyázásának?  
Ha az idős levelek színe fakó világossárga, akkor ... hiánya valószínű.  
Ha a fiatal levelek színe fakó világossárga, akkor ... hiánya valószínű.  
Ha a levél piszkoszöld (kékes) akkor ... hiánya valószínű.  
Ha a levélen a szélétől kezdődő világoszöld foltok vannak, akkor ... hiánya valószínű.  
Ha a levél a csúcsától kezdődően felkunkorodva elhal, akkor ... hiánya valószínű.

Ha a levél a csúcsától kezdődően fehéredik és összesodródik, akkor ... hiánya valószínű.  
Ha az idős leveleken klorózis - sárga foltok - jelentkeznek, akkor ... hiánya valószínű.  
Ha a fiatal leveleken klorózis - sárga foltok - jelentkeznek, akkor ... hiánya valószínű.  
A termésre ható tényezők közül melyik határozza meg a termés nagyságát?  
Mivel arányos a műtrágyaadag termésmenvelő hatása?  
A hatásgörbe mely pontja jellemzi az optimális termés mennyiségét?  
A hozam és tápanyag-koncentráció összefüggésének jellemző szakaszai.  
A foszforfelvétel a legintenzívebb ... fenofázisban.  
A káliumfelvétel a legintenzívebb ... fenofázisban.  
A nitrogénfelvétel a legintenzívebb ... fenofázisban.  
Mi a mézszammon-salétrom?  
Az ammónium-nitrát hátrányos tulajdonságai:  
A karbamid hátrányos tulajdonságai:  
Melyik műtrágya alkalmazható permettrágyaként?  
Lassan ható nitrogénműtrágyák:  
A foszforműtrágya-gyártás lényege:  
A szuperfoszfát készül ...  
Mi a különbség a tripleszuperfoszfát és a szuperfoszfát összetétele között?  
Miért tartalmaz a szuperfoszfát 2-3% szabad foszforsavat?  
A kálisó előállítás:  
A káliumszulfát előállítás:  
A MAP ...  
Az UAN ...  
A szuszpenziós műtrágyák készülhetnek:  
A szuszpenziós műtrágyákat felhasználják:  
A káliumklorid savanyító hatása  
Az ammónium-nitrát savanyító hatása  
A karbamid savanyító hatása  
Miért káros a műtrágyák higroszkóposága?  
A fungicidek, herbicidek, zoocidek között egyaránt található hatóanyag típus:  
Mi a jelentése a következő fogalmaknak: peszticid, fungicid, herbicid, akaricid, nematocid, inszekticid, molluszkicid, rodenticid, repellens, attraktáns.  
A réztartalmú fungicidek hatása.  
A Bordói lé.  
Az elemi kén hatása.  
A ditiokarbamátok jellemző csoportja.  
Mi a Cineb?  
A légzési folyamatokat gátló peszticideket mely kártevők ellen használják?  
A Glialka ...  
Hogyan biztosítják az EPTC szelektivitását?  
Minek a hatásához hasonlít fenoxi-savszármazékok hatása.  
A DIKONIRT (fenoxi-ecetsavszármazék) mi ellen és miért hatásos?  
A LEGUMEX D fenoxi-vajsavszármazékot mire használják?  
Milyen származékok lehetnek fotoszintézist gátlók?  
Az idegrendszerre ható peszticideket mely kártevők ellen használják?  
Az axonális ingervezetést gátló peszticidek ... származékok.  
Mi a piretrum.  
Miért nem használjuk a nikotint peszticidként?  
A szerves foszforsavészterek hatása.  
Az acetilkolin-észteráz mely csoportjához kötődik a foszforsavészter?  
Az inszekticid karbamátok hatása.  
Melyik felületi feszültségű permetlé nem okoz kopoltyúsérülést a halaknál?  
A koncentrációs méreghatást mértéke.  
A szeszes ital fogyasztása halálos veszélyt jelent ... használatakor.  
A növényvédőszerrel dolgozó embert védő határérték.