

## 7. ANYAGISMERET

A vízkárelhárításban foglalkoztatott szakmunkásoknak jól kell ismerniük azokat az anyagokat, amelyekkel munkájuk során találkoznak. Ezek az anyagok igen sokfélék, de mindegyikkkel szemben támasztott legfontosabb követelmény az, hogy fizikai, mechanikai, kémiai tulajdonságaik megfeleljenek annak a célnak, amelyet a belőlük készített szerkezettől, építménytől elvárnak.

Az anyagok műszaki megismeréséhez, minőségének meghatározásához az *anyagra jellemző tulajdonságok* megállapítása vezet. Az *anyagjellemzőket* minden anyagnál azonos elvek szerint, az anyag rendeltetésének megfelelően, átlagos minőségű *anyagmintákon* állapítják meg. A vizsgálati módszerek anyagonként változnak.

Az anyagokat – az alkalmazott módszernek megfelelően – vagy *laboratóriumban*, vagy a *munkahelyen* vizsgálják. Ha az anyagot beépítése után vizsgálják, akkor azt már *szerkezetvizsgálatnak* nevezik. A vízkárelhárító szakmunkásnak fel kell készülnie arra, hogy a munkahelyi vizsgálatok végzésében esetenként részt vesz.

Az **anyagvizsgálat** eredményének birtokában *minősítik* az anyagot és ezt írásban dokumentálják. A szabványok a különböző anyagféleségekre számszerűen írják elő az egyes jellemzők elfogadható értékét és az attól való *eltérés* lehetséges, *megengedhető értékét*, a *szórást*. Jónak lehet minősíteni azt az anyagot, amelynek vizsgálati értékei elérik a szabványban előírt értéket.

### 7.1. AZ ANYAGOK FIZIKAI JELLEMZŐI

A különféle anyagok jellemzésére olyan mutatókat és fogalmakat használnak, amelyek – néhány kivételtől eltekintve – egyformán alkalmazhatók minden anyagra. Ilyen *mutatók* és *fogalmak* a következők:

- sűrűség
- testsűrűség
- halmazsűrűség
- tömör térfogat
- természetes térfogat
- pórustérfogat
- hézagtérfogat
- vízfelvevő képesség
- vízáteresztő képesség
- fagyállóság
- keménység
- hővezetőképesség
- törőszilárdság
- húzószilárdság

**Sűrűség.** A sűrűség az anyagok egyik legfontosabb jellemzője és a teljesen száraz anyag tömegének és tömören mért térfogatának a hányadosát jelenti; mértékegysége:  $\text{kg/m}^3$ . Sűrűség jellegű mennyiségek még a következők:

- **testsűrűség:** a tömegállandóságig kiszáritott anyag tömegének és *természetes térfogatának* hányadosa;
- **halmazsűrűség:** a halomban tárolt darabos vagy szemcsés anyag tömegének és *természetes térfogatának* hányadosa; mértékegysége:  $\text{kg/m}^3$ .

Az előbbi mutatókban szereplő fizikai mennyiségeket a következőképpen kell értelmezni:

- a **tömör térfogat** a tömegállandóságig kiszáritott anyag hézagok és pórusok nélkül mért térfogata; mértékegysége:  $\text{m}^3$ ;
- a **természetes térfogat** az anyag hézagokkal és pórusokkal együtt mért térfogata; mértékegysége:  $\text{m}^3$ ;
- a **pórustérfogat** az anyagban lévő pórusok térfogatának összege az anyag egységnyi természetes térfogatra vonatkoztatva; mértékegysége:  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ;

- a hézagterfogat az anyag darabjai, szemcséi közötti hézagok térfogatának összege az anyag egységnyi természetes térfogatára vonatkoztatva; mértékegysége:  $\text{m}^3/\text{m}^3$ .

Néhány kőzetfajta és építőanyag *testsűrűségét* és *halmazsűrűségét* mutatja be a 7–1. táblázat.

7–1. táblázat. A testsűrűség és a halmazsűrűség értékei néhány jellemző kőzetnél, építőanyagnál, anyagnál

Kőzet / építőanyag	Testsűrűség/ halmazsűrűség $\text{kg}/\text{m}^3$	Kőzet / építőanyag	Testsűrűség/ halmazsűrűség $\text{kg}/\text{m}^3$
Márvány, gránit, bazalt	2800	Gipsz lapok	1000-1250
Homokkő, kvarcit	2400	Poliuretán hab	30-40
Mész-kő	1700	Nádlemez	175
Mész-tufa	1300	Vörösfenyő*	590
Kavics	1800	Erdeifenyő*	520
Homok	1600	Lucfenyő	470
Vasbeton	2400	Jegenyefenyő	450
Kavicsbeton	2200	Fehérakác*	870
Kisméretű tömör égetett agyagtégla	1700-1730	Tölgy (kocsányos és kocsánytalan)*	690
Üreges égetett blokk-tégla (B 30 jelű)	1400-1460	Csertölgy*	850
Acél	7850	Bükk*	730
Öntöttvas	7200	Nyár	450
Alumínium	2600	Jég	900
Klinkertégla	2050	Víz	1000

Megjegyzés: a különböző fafélék átlagos testsűrűsége légszáraz állapotban

**Vízfelvevő képességnek (W)** nevezik azt a súlyszázalékban kifejezett legnagyobb vízmennyiséget, amelyet az anyag képes magába szívni. A porózus anyagok általában tartalmaznak bizonyos vízmennyiséget, ezért a vizsgálat előtt a próbatestet  $105\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten tömegállandóságig szárítják, majd tömegének megmérése után mindaddig víz alatt tartják, amíg több vizet már nem tud felvenni. Ebben az állapotban ismét lemérik. A két mérés különbségét elosztják a száraz súllyal, s ezt 100-zal megszorozva megkapják a W-vel jelölt, %-ban kifejezett vízfelvevő képességet.

**Vízáteresztő képesség** vagy **vízzáróság**. Az anyagok többsége a nyomás alatt lévő vizet át ereszt. Ez a tulajdonságuk függ az anyagtól, vastagságától és a víz nyomásától. A vízáteresztő képességet az egy óra alatt az anyag  $1\text{ cm}^2$  felületén átszivárgó víz mennyiségével jellemzik, megadva a próbatest vastagságát és a víznyomást. *Vízhatlan anyagok* az adott nyomásnál semmi vizet nem eresztenek át. *Vízzáró anyagoknak* azokat nevezik, amelyeknél az átszivárgott víz mennyisége kevesebb, mint amennyi az anyag felületéről el tud párolgani.

**Fagyállóság.** A vízzel telített próbatestet  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten tartják 4 órán át, majd szobahőmérsékletű vízbe merítik, ugyancsak 4 óra időtartamra. Ezt a próbát anyagtól függően 5-ször, 10-szer, 25-ször, 50-szer, 100-szor elvégzik és ha az anyag ezt repedés, vagy a tömeg 5%-át meghaladó leválás, leporlás nélkül kibírja, *fagyállónak* minősítik. A fagyállóságot a fagyasztások számával minősítik.

**Fagyállóság.** A vízzel telített próbatestet  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten tartják 4 órán át, majd szobahőmérsékletű vízbe merítik, ugyancsak 4 óra időtartamra. Ezt a próbát 25-ször elvégzik és ha az anyag ezt repedés, leválás, leporlás nélkül kibírja, *fagyállónak* minősítik.

**Keményység.** Az anyagoknak ez a tulajdonsága a keményebb anyagok behatolásával szembeni ellenállást jellemzi. Az a tulajdonság nem mindig arányos az anyag szilárdságával. A kőzetek esetén a keménység meghatározására az ásványi (Mohs-féle) sorozat használatos, amelyben a *leglágabb* a *zsírkő*, a *legkeményebb* pedig a *gyémánt*:

- |           |            |            |          |             |
|-----------|------------|------------|----------|-------------|
| 1. zsírkő | 3. kalcit  | 5. apatit  | 7. kvarc | 9. korund   |
| 2. gipsz  | 4. fluorit | 6. földpát | 8. topáz | 10. gyémánt |

A vizsgált anyag keménysége a sorozat annak a két ásványának a keménysége között van, amelyek egyikével az karcolható, a másikat pedig ő maga karcolja.

A kőzetek, ásványok kivételével más anyagok vizsgálatára ez a módszer alkalmatlan. Ezért dolgozták ki a *benyomódásos vizsgálatot*, amely számszerű értéket ad a keménység értékére.

A vizsgálandó anyagból egy teljesen sima felületű *próbatestet* kell készíteni, amelynek vastagsága olyan, hogy a benyomódást a hátsó felületen ne lehessen látni. A mérés úgy történik, hogy meghatározott ideig, meghatározott erővel *acélgolyót* vagy *gyémántgúlát* nyomnak a próbatest felületére, majd

mikroszkóppal megméri a *benyomott felület átmérőjét*, illetve a *benyomódás mélységét*. A módszerre kidolgozott egyenlet segítségével kiszámítják a keménység számszerű értékét. A mérés módszerét, értékelését szabvány határozza meg.

**Hővezetőképesség.** Az anyagok hővezetőképessége függ a sűrűségtől, a porozitástól, a lyukacsok méretétől, eloszlásától, az anyag szerkezetétől, nedvességtartalmától. Azonos sűrűségű szilárd anyagok hővezetőképessége nagyobb, mint a laza anyagoké. A kislyukacsú anyagok hővezetőképessége kisebb, mint a nagy pórusúaké. Rostos szerkezetű anyagoknál a rostirányban a hővezetőképesség nagyobb, mint arra merőlegesen. Átnedvesedő anyagok hővezetőképessége a víztartalommal nő, mert a rossz hővezető levegő helyét a pórusokban a jobb hővezető víz foglalja el.

**Törőszilárdság, húzószilárdság.** A nyomó- és húzószilárdság az anyagok nagyon fontos tulajdonsága, jellemzője. Csak ennek ismeretében lehet az építményeket, szerkezeteket méretezni. Az anyagok fizikai tulajdonságai között a törő- és húzószilárdság meghatározása úgynevezett *roncsolásos próbatest vizsgálatokkal* történik. A kiválasztott próbatestet arra alkalmas gépen összetörik, ill. addig húzzák, amíg elszakad. A gép közvetlenül a törő-, ill. húzóerőt méri, amelyet aztán a próbatest méretéből az anyag egységnyi felületére számítanak át. A *törővizsgálatoknál* a próbatest az anyag szilárdságától függő méretű.

A *húzó- vagy szakítószilárdság* vizsgálatánál kör- vagy négyszög keresztmetszetű pálcákat használnak próbatestként. Ha nem fémekeket vizsgálnak (pl. cementhabarcs), akkor piskóta alakú próbatesteket helyeznek a gépbe.

A *szakítószilárdság* vizsgálatokor nemcsak a húzóerőt, hanem a *próbatest megnyúlását* is mérik, mert a testek a terhelés hatására méretváltozást szenvednek. Ez a méretváltozás a terhelés (húzás, nyomás) hatására az anyag belsejében keletkező *feszültségekkel* arányos.

## 7.2. TERMÉSZETES ÉPÍTŐKÖVEK

A kő a fa mellett az ember egyik legrégebb építőanyaga, bár jelentősége ma már nagymértékben csökkent és teherhordó szerkezetként ritkán használják, viszont egyes vízépítési művekhez kiterjedten alkalmazzák.

A **természetes kövek, kőzetek** azok a szervesen eredetű anyagok, amelyek a Föld kérgének alkotórészei. A kőzetek és ásványok a föld mélyén lévő és a föld felszínére törő folyékony magma lehűlése és megszilárdulása útján keletkeztek. Az izzón folyó magmából, kőzetolvadékból a lehűlés folyamatának megfelelő sorrendben kristályosodnak ki az ásványok, kőzetek, amelyek szerkezetüknek és kémiai összetételüknek megfelelően más-más nevet kapnak. Ha a magma a föld mélyén hűl ki, nagy, szabad szemmel is jól látható kristályok keletkeznek – ezek a *mélyégi kőzetek*. A felszínre törő magma viszonylag gyorsan hűl ki és apró, szabad szemmel nem is látható kristályok alakulnak ki. A felszínen kihűlt magma alkotja a *kiömlési kőzeteket*. A mélyégi és a kiömlési kőzetek egyaránt tömör felépítésűek. Ha egy vulkán gázai a magmát a levegőbe röpitik, az lehűlve már szilárd állapotban hull vissza a földre. Ez lényegesen könnyebb és porózusabb anyag, mint a magmának az a része, amely a mélyben hűl ki. Ezeket a kőzeteket nevezik *vulkáni tufának*.

A Föld szilárd kérgét különféle behatások érték és érik: a levegő oxidáló hatása, a víz oldó hatása, hőhatás, mechanikai hatások. Ezeknek a folyamatoknak az együttes hatására a kőzetek felaprózódnak, a szél, a víz elhordja, másutt lerakja. Így alakulnak ki az *üledékes kőzetek*: kavics, homok, iszap, lösz, agyag. A víz oldó és szállító hatására *ülepéssel* alakul ki pl. a gipsz, só, magnezit, mészkő, dolomit stb.

**Építési célra használható legfontosabb kőzetek:**

**Gránit.** Ez a kőzet általában nagy kristályos szemcsékből áll. Színe szürke, több-kevesebb rózsaszínű, vörös, zöldesfehér kristállyal. Szilárdsága rendszerint minden irányban egyforma. Fagyállósága általában minden célra megfelelő.

**Andezit, dácit.** Ez a kőzet igen apró kristályokból áll, színe szürke, esetleg szürkésfekete, de van fekete is. Fagyállósága jó, kiválóan használható vízépítési célokra. A folyószabályozásba kedvező tulajdonságai mellett az olcsó szállítási költség miatt használják, mivel az előfordulási helyei sokszor a nagy folyók mellett fekszenek.

A **bazalt** szövete eléggé változatos. Általában az aprószemcsés előfordulása a legjellemzőbb. Az eddig tárgyalt kőzetek közül a bazaltnak van a legnagyobb törőszilárdsága. Jó tulajdonsága, hogy lassan mállik. Egyenletesen kopik, ezért kiválóan alkalmas útburkolásra (kockakő burkolat). Betonút építésnél a legfontosabb adalékanyag. Vasútépítésnél a kavicsagyazatot bazaltzúzalékból készítik. Vízépítési célokra is használható lenne, de jelentős szállítási költsége miatt erre nemigen kerül sor.

A **mészkövek** eredetüket tekintve *tengeri vagy édesvízi üledékek*, amelyek a bennük lévő zárványok miatt porózus szerkezetűek. Lágú, jól faragható, de általában nem fagyálló. A vízépítésben általában nem használják, jelentősége mégis nagy, mert *alapanyaga az égetett mésznek*. A megőrölt mészkövet *talajjavításra* is felhasználják.

A **homokkő** homokszemcsékből és az ezeket összetapasztó, körülvevő **kötőanyagból** áll. A homok leggyakrabban kvarchomok, míg a kötőanyag kovasav, kalcit vagy agyag. A kőzet színe és szilárdsága a kötőanyagtól függ. A kötőanyaggal való telítettségétől függően kisebb-nagyobb a vízfelvevő képessége, s így a fagyállósága is. Burkolásra, támfalépítésre használják, de a vízépítésben kevésbé terjedt el.

**A vízépítési terméskő.** A vízkárelhárítási munkákhoz használt kövekkel szemben két fontos követelményt szabnak meg: a **törőszilárdságot** és a **fagyállóságot**. (A törőszilárdságnak legalább  $1000 \text{ kg/cm}^2$  ( $100 \text{ N/mm}^2$ ) értékűnek kell lennie, míg a vízépítési terméskő vízfelvevő képessége legfeljebb 3 súlyszázalék lehet.) Fagyállóság szempontjából a vízépítési terméskövet a következő skála szerint minősítik, attól függően, hogy mennyi fagyasztást bírt ki:

- **igen fagyálló:** 50 vagy ennél több fagyasztást,
- **fagyálló:** 25-49 fagyasztást,
- **mérsékelten fagyálló:** 16-24 fagyasztást,
- **fagyveszélyes:** 15-nél kevesebb fagyasztást.

Előírás, hogy a kőszállítmány 5 súlyszázaléknál több elmállott, lyukacsos vagy részben széteső anyagot ne tartalmazzon. A kövek **testsűrűsége**  $2300\text{--}2800 \text{ kg/m}^3$  között változhat (7-1. táblázat). A vízépítési terméskövek jellemzőit a 7-2. és a 7-3. táblázat foglalja össze.

7-2. táblázat. A vízépítési terméskövek jellemzői (1)

Jel	Elnevezés	Jellemezők
TF	Terméskő forgács	Legnagyobb méret egy irányban max. 20 cm, két irányban max. 15 cm; legkisebb méret 3 cm.
TA	Terméskő 25 kg-on aluli darabsúllyal	Az anyag szemmegoszlása közel egyenletes legyen; szállítmányonként 25 kg-nál nagyobb kő legfeljebb 15 súlyszázalék
TB	Terméskő 25-100 kg-os darabsúllyal	Az anyag szemmegoszlása közel egyenletes legyen; szállítmányonként 25 kg-nál kisebb lehet 10 súlyszázalék, 100 kg-nál nagyobb, de legfeljebb 120 kg-os – 15 súlyszázalék
TC	Terméskő 100-150 kg-os darabsúllyal	Az anyag szemmegoszlása közel egyenletes legyen; szállítmányonként 100 kg-nál kisebb lehet 10 súlyszázalék
TR	Terméskő rézsűburkolásra	A terméskő legkisebb és legnagyobb méreteit a megrendelő adja meg, ennek tűrési határa: $\pm 10\%$ . Egy-egy kő felső lapjának legalább $0,06 \text{ m}^2$ kiterjedésűnek kell lennie.

A 7-2. táblázatban jellemzett kőanyagok alkalmazása:

- kőhányásokhoz, kőrakatokhoz: TA, TB jelű 25-100 kg-os;
- nagy sebességű vízben: TC jelű 150 kg-os;
- kis esésű vízfolyásokban: TA jelű 5-25 kg-os.

A kőhányás belsejében **forgácskő** (siffra, törmelék) is használható; ennek fele  $0,2\text{--}1,0 \text{ kg}$ , a másik fele  $1,0\text{--}5,0 \text{ kg}$  tömegű darabokból állhat.

7-3. táblázat. A vízépítési terméskövek jellemzői (2)

Terméskő		TF	TA	TB	TC	TR
		terméskő forgács	tömbös terméskő			
alak	hossz/szélesség	<2,0	<1,5	<2,0	<1,5	<1,5
	vastagság/szélesség	>0,3	>0,5	>0,3	>0,5	>0,5
	névleges lapfelület	—	—	—	—	megállapodás szerint
	meg nem felelő (%)	20	10	10	10	5
nagyság	ellenőrző kaliber (cm)	15	25	40	60	—
	méreten felüli (%)	15	15	20	15	—
	ellenőrző kaliber (cm)	3	15	15	20	—
	méretem aluli (%)	20	10	15	10	—

### 7.3. ADALÉKANYAGOK

Az **adalékanyag** különböző szemnagyságú szilárd anyagok halmaza, melyet a betonban ill. a habarcsban a cementpép köt össze. A szemnagyság szerint megkülönböztetnek *homokot* és *kavicsot*. A leggyakrabban használt adalékanyagok a folyókból és bányákból kitermelt, természetes aprózódású homokok (4 mm-nél kisebb szemnagyságú), kavicsok (4 mm-nél nagyobb szemnagyságú) és homokos kavicsok. Legfőbb alkotójuk a kvarc és kvarcit. Adalékanyagként használható zúzással előállított homok, zúzalék és zúzottkő. Ezek alapanyaga lehet mészkő, dolomit, andezit, bazalt, kohósalak és természetes aprózódású kavics. Az adalékanyagok szemnagyság szerinti megnevezését a 7–4. táblázat tartalmazza.

7–4. táblázat. Az adalékanyagok szemnagyság szerint osztályozása

	Szemnagyság, mm	Természetes aprózódású adalékanyag			Zúzott adalékanyag		
Szennyezések	0,002 alatt	agyag					
	0,002–0,02	iszap					
	0,02–0,063	por					
Finom adalékanyag	0,063–0,125	homokliszt (Mo)			kőliszt	zúzott homok	
	0,125–1	finom homok			finom zúzott homok		
	1–4	durva homok			durva zúzott homok		
Durva adalékanyag	4–8	apró kavics			apró zúzalék	zúzalék	vegyes zúzalék
	8–16	durva kavics			durva zúzalék		
	16–32	durva kavics			apró zúzottkő	zúzottkő	
	32 fölött	nagy szemű kavics			durva zúzottkő		

A természetes előfordulású adalékanyagok tartalmazhatnak *szervetlen és szerves eredetű szennyeződések*et. Szervetlen eredetű szennyeződések az adalékanyagban lévő *finom szemcsék*: agyag, iszap, por és homokliszt. Ezek közül az első három szemcsecsoport mindig káros, ha nagy a mennyisége, mert növeli a beton víz- és cementpép igényét, a beton zsugorodását és rontja fagyállóságát. Károsak, ha az adalékszemcsékre tapadva a keveréskor nem dörzsölődnek le és rontják a cementpép és az adalékanyag közötti tapadást. Károsak továbbá, ha rögök formájában maradnak, mert ez folytonossági hiányt jelent a betonban, nő az acélbetét korróziójának veszélye a vasbetonban. Ezért a korszerű adalék-előkészítés során ezeket kimossák az adalékanyagból ill. betonfajtánként megkötik a megengedhető mennyiséget. Ezzel szemben a 0,063–0,25 mm-es frakciók mennyisége mind a beton szivattyúzhatósága, mind pedig tömörsége és a cementtakarékosság miatt igen lényeges, s ha kimosták volna, célszerű pótolni. A szerves eredetű szennyeződések (növényi maradványok, humusz) az adalékanyagban nem megengedettek.

Az adalékanyag egyik legfontosabb jellemzője a *szemmegoszlása*, amit szitavizsgálat alapján meghatározott ún. *szemmegoszlási görbével* jellemezzük. (A szitavizsgálatról és a szemmegoszlási görbéről részletesebben szólunk az 5.2. fejezetben.)

Az adalékanyagban megengedhető legnagyobb szemcse nagyság nem lehet nagyobb

- a szerkezeti elem legkisebb méretének harmadánál;
- a vasbetétek közötti távolság másfélszeresénél;
- vasalatlan betonszerkezeteknél 70 mm-nél;
- vízzáró betonszerkezeteknél és agresszív talajvíz esetén 40 mm-nél.

Az adalékanyag felhasználása előtt azt is meg kell vizsgálni, hogy annak mennyi a nedvességtartalma és a keveréshez előírt vízmennyiséget ennek figyelembe vételével kell meghatározni (esetleg csökkenteni).

Az adalékanyag tulajdonságait, jellemzőit (agyag- és iszaptartalmát, szemcseösszetételét, nedvességtartalmát) a betonkeverés helyén szokás vizsgálni.

## 7.4. ÉPÍTÉSI KÖTŐANYAGOK

**Kötőanyag**nak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek kémiai vagy fizikai folyamatok hatására képesek folyékony, vagy porszerű állapotból szilárd állapotba átalakulni, szilárdságukat általában fokozni és ezáltal a hozzájuk kevert szilárd anyagokat (adalékanyagokat) összeragasztani. A szervesetlen kötőanyagok por alakban, vízzel lekeverve *képlékenyek*, viszonylag rövid idő alatt *megszilárdulnak*. A kötőanyagok adalékanyag nélkül is tudnak szilárdulni, de adalékanyaggal együtt *kompozit anyag* jön létre, melynek tulajdonságai függenek mind a kötőanyag, mind az adalékanyag valamint a köztük kialakult tapadás jellemzőitől. Az egyes kötőanyagokat többféle szempont szerint lehet csoportosítani (7–5. táblázat).

7–5. táblázat. Az építőipari kötőanyagok csoportosítása

1. Előállítás szerint:	természetes	agyag, bitumen, gyanta
	<b>mesterséges</b>	<b>cement</b> , égetett mész, gipsz, műgyanta
2. Ásványi eredet szerint:	<b>szervesetlen</b>	<b>cement</b> , mész, gipsz
	szerves	bitumen, kátrány, olaj, enyv, gyanta
3. Halmazállapot szerint:	folyékony	bitumen, kátrány, vízüveg, műgyanta
	<b>szilárd, porszerű</b>	<b>cement</b> , mész, gipsz
4. Kötőképesség szerint:	fizikai folyamat révén szilárdul	bitumen, gipsz, vízüveg, enyv, lenolaj
	<b>kémiai folyamat révén szilárdul</b>	<b>cement</b> , mész, műgyanta

A szervesetlen kötőanyagok egy része csak levegőn szilárdul meg (pl. gipsz, mész) másik részük levegőn és víz alatt is képes szilárdulni. Ez utóbbiak a különböző cementek és ezeket *hidraulikus kötőanyagoknak* nevezik.

### 7.4.1. Építési mész

A mész a legrégebb kötőanyagok egyike, amelyet az ember évezredek óta használ, főleg *falazó és vakoló habarcs* készítéséhez. **Építési mésznek** nevezik a mészkőből (kalciumkarbonátból) és a dolomitos mészkőből építőipari célra előállított mészfajtákat. Az építési mész előállítása a *mészégetéssel* kezdődik, ennek terméke a *darabos égetett mész*, amelyet a felhasználás előtt megőrölnék vagy megoltanak.

Az *őrölt égetett építési meszet* részben könnyűbetonok készítéséhez, részben téli építési munkákhoz használják fel. Kötőanyagként közvetlenül az oltott meszet használják fel, amely az égetett mész és a víz reakciójából keletkezik. A *mészoltásnál* a darabos égetett meszet vízzel keverik, miközben mészhidroxid keletkezik, nagy *hőfejlődés* közben. A darabos égetett mész oltódása már a levegő nedvességtartalmának hatására is megindul, ezért a veszteségek elkerülésére *frissen kell oltani*. Az égetett meszet szállítás és raktározás alatt a *nedvességtől óvni* kell.

10 tonna darabos égetett mész oltásából legalább 23 m<sup>3</sup> mézspép keletkezik, de igen jó minőségű égetett mészből akár 25-35 m<sup>3</sup> pép is előállítható. A mézspépet lapáttal jól lehet vágni; homokot, követ vagy egyéb szennyezőanyagot nem tartalmazhat; 0,2 mm-es szitán áteresztve legfeljebb 1% lehet a fennmaradó szennyezőanyag.

Az oltott mésszel **habarcs** készíthető, amely a levegő szén-dioxidja hatására megszilárdul, azaz visszaalakul mészkővé. Az építési munkák során a meszet legnagyobb mennyiségben *falazó- és vakolóhabarcsok* készítéséhez használják. A felhasználás során figyelembe kell venni, hogy a mészoltódás időben lejátszódó folyamat, és így a falazóhabarcsokhoz legalább kéthetes, vakolóhabarcsokhoz pedig legalább hathetes tárolás után szabad az oltott meszet felhasználni. Ugyanis a frissen megoltott mész különben a vakolatban oltódik meg véglegesen, és így a mézscsomók helyén duzzadás következik be, amit *mész kukacnak* neveznek.

A **mész szilárdulása** kémiai folyamat, amely során a habarcsban lévő kalcium-hidroxid a levegő szén-dioxidjával mészkővé alakul vissza. A szilárdulási folyamat siettethető szén-dioxiddal. Csupán meleggel a szilárdulást jelentősen siettetni nem lehet. A szilárdulás során víz keletkezik. A *frissen vakolt fal vizesedése* a szilárdulás jele. Az oltott mész addig tárolható, amíg szén-dioxidot nem kap.

### 7.4.2. Építési gipsz

Az **építési gipsz** az őrölt gipszkő égetése által keletkezik. A gipsz tulajdonságai alapanyagának tisztaságától, őrési finomságától és az építés hőmérsékletétől függenek. A *kötésidő* alapján megkülönböztetnek *gyorsan* (kezdeté 2, vége 15 percen belül), *közepes sebességgel* (kezdeté 6, vége 20 percen belül) és *lassan* (kezdeté 20 percen belül) kötő gipszeket.

Az égetett gipsz szilárdulása fizikai, kristályosodási folyamat, mely vízfelvétellel jár. A vízfelvétel addig folytatódik, amíg az összes gipsz átalakul gipszkővé. A *gipszhabarcsot* csak olyan helyre szabad beépíteni, ahol víz nem éri és a légnedvesség is kicsi. A gipsz víz hozzáadása után *duzzadás* közben szilárdul. A gipszes habarcs kiszáradása közben *zsugorodik*.

Az építőipari felhasználása egyre inkább terjed, mivel több előnyös tulajdonsága van: testsűrűsége kicsi, hővezető képessége fele-harmada a tömör agyagtéglának, esztétikus megjelenésű, könnyen kizsaluzható (negyed-fél órán belül), használható tűzvédelmi anyagnak. Hátránya, hogy a vízzel telített gipsz könnyen kifagy. Az építőiparban sokrétűen felhasználják: szerkezeti célokra (pl. válaszfalelem), tűzvédelmi célokra, habarcsokhoz, díszítő elemekhez, hő- és hangszigetelő elemek kötőanyagaként stb.

### 7.4.3. Cement

A cement az építőipar legnagyobb mennyiségben alkalmazott és egyben legfontosabb kötőanyaga, a beton egyik fő alkotóeleme. A cement *hidraulikus kötőanyag* Fő kötőanyagát a *klinkerásványok* (portlandcement) adják, azonban az ipar által felhasznált cementek egyéb anyagokat is tartalmaznak, tartalmazhatnak. A portlandcement *Aspdin* 1824-es szabadalma alapján terjedt el. Az elnevezését onnan kapta, hogy kezdetben a cement égetéséhez az angliai Portland szikláit használták fel. A vasbeton feltalálása óta (19. század közepe) világviszonylatban a legszélesebb körben felhasznált építőanyaggá vált.

**Cementgyártás.** A portlandcement klinkert 75-80%-ban mészkőből és 20-25%-ban agyagalából égetik. A *klinkerégetés* célja, hogy a klinkeralkotó oxidokkal hidraulikus tulajdonságokkal rendelkező klinkerásványokat állítsanak elő. A klinkerégetés során a bevitt nyersanyagot előmelegítik (450-550°C), melynek során az agyagásványok elveszítik hidrárvizüket, majd 1450°C-ra melegítik.

A különböző portlandcementfajtákat portlandcement-klinker, valamint gipszkő és esetleg hidraulikus pótlékok együttes finomórlásával állítják elő. A hidraulikus pótlékok lehetnek: *kohósalak* (a nyersvasgyártás mellékterméke), *pernye* (a porszén tüzelésű kazánok hamuja) vagy a *trasz* (vulkáni tufa finom őrleménye). A hidraulikus pótlékok is tartalmazó cementet *heterogén cementnek* nevezik.

A portlandcementek tulajdonságait a klinker kémiai összetétele döntően befolyásolja. A cement szilárdulási folyamata elsősorban az alkotó *klinkerásványok* jellemzőitől és az adott cementben lévő anyagoktól függ. A cement szilárdulása a cement és a víz között lezajló bonyolult fiziko-kémiai folyamatok eredménye. A négy fő klinkerásvány a következő:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Trikálcium-szilikát [ $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (Alit)]:  | A cementben a részaránya 37-60%. Nagy kezdő- és nagy végszilárdságú.   |
| 2. Dikalcium-szilikát [ $2\text{Ca}\cdot\text{SiO}_2$ (Belit)]:   | A cementben a részaránya 15-37%. Kis kezdőszilárdságú, ami kis kezdeti hőfejlést jelent, de nagy végszilárdságú.   |
| 3. Trikálcium-aluminát [ $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ]:                                     | A cementben a részaránya 7-15%. Gyors kezdőszilárdságú, de a végszilárdság értéke viszonylag kicsi. Azokat a cementeket, amelyekből ez hiányzik, vagy mennyisége kicsi, szulfát-álló cementeknek tekintik. |
| 4. Tetra-kalcium-aluminát-ferrit [ $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ]: | A trikálcium-alumináthoz hasonlóan gyors kezdőszilárdság és kicsi végszilárdság jellemzi.  |

**A kötésidő és a szilárdulás folyamata.** A kötőanyag előállítása során először ún. *cementpépet* készítenek, amely a víz és a cement keveréke. A *keverővízre* a szilárduláshoz és a bedolgozáshoz van szükség. A cementpép kezdetben tetszőlegesen formázható. Ez a pép a lezajló kémiai-fizikai folyamatok hatására elveszti képlékeny állapotát. Azt az időtartamot, ameddig ez a cementpép körömmel karcolható *kötésidőnek* nevezik, majd ezt követi a *szilárdulás* folyamata. Ezen általában a 28 napig bekövetkező szilárdságnövekedést értik. A 28 nap után bekövetkező szilárdságnövekedés az *utószilárdulás*. A kötés és a szilárdulás egymásba átmenő folyamat. A szilárdulás során a víz beépülésével kalcium-szilikát-hidrátok és kalcium-aluminát-hidrátok képződnek. Ezt a folyamatot *hidratációnak* nevezik, melynek során hő fejlődik. A folyamat alatt a cementpépből fokozatosan kőszerű anyag lesz.

**Cementfajták és jelölésük.** A szabványos cement jelölése és értelmezése a következő:

### CEM II/S 32,5 N

ahol:

- CEM – a cementre utal
- II – a cementfajtában lévő portlandcement és a kiegészítők arányára utal.
  - I. 95% portlandcement és 5% gipszet tartalmaz,
  - II. 60% portlandcement és 35% kiegészítőt és 5% gipszet tartalmaz,
  - III. 30% portlandcement és 65% kiegészítőt és 5% gipszet tartalmaz.
- S – kiegészítő anyag jele. (S – kohósalak, V – pernye stb.).
- 32,5 – 28 napos habarcs-szilárdság minősítési értéke [N/mm<sup>2</sup>]. Jelenleg 32,5; 42,5; 52,5 szilárdági osztályú cement kapható.
- N – a cement egyéb jellemzőire utal
  - N – normál kötésejű,
  - R – rövid kötésejű (rapid),
  - S – szulfátálló cement.

## 7.5. BETON

A **beton** hidraulikus kötőanyagból, vízből, finom és durva adalékanyagból készül keverék. Hidraulikus kötőanyagként többnyire cementet használnak. A cementpép kötőanyagul szolgál, amely megszilárdulva összeerősíti a homok- és kavicszemeket (vagy zúzottkő-szemeket), ennek eredményeképpen a bedolgozott betonkeverék fokozatosan mesterséges kőszerű anyaggá – betonná – alakul át.

A cement szilárdulási folyamatában a homok és a kavics nem vesz részt, ezért ezek meddő anyagok, adalékanyagok. Megkülönböztetünk finom és durva adalékanyagot. A betonba néha nagyobb kődarabokat tesznek, ezeket *úsztatott köveknek (úsztatott betonnak)* nevezik.

Az építőiparban a legelterjedtebb a közönséges beton, amelyet *kavicsbetonnak* is nevezünk. Ez kötőanyagból (cement), adalékanyagból (homok, kavics), vízből és adalékszerekből (konzisztencia javítók, vízzáróságot fokozók stb.) áll.

Ha a keverék cementen és vízen kívül csak finom adalékanyagot tartalmaz, akkor ezt *cementhabarcsnak* nevezzük. A finom szemcséjű betonok általában finomra őrölt cementből, vízből, finomra őrölt homokból és közönséges homokból állnak.

A *betonok csoportosítása* történhet:

Testsűrűség szerint:	beton	2000-2600 kg/m <sup>3</sup>
	nehézbeton	> 2600 kg/m <sup>3</sup>
	könnyű beton	< 2000 kg/m <sup>3</sup>
A készítés helye szerint:	helyszíni beton	
	transzportbeton	
A felhasználás helye szerint:	helyszíni beton	
	előre gyártott beton	
A felhasználás típusa szerint:	szivattyúzott beton	
	lövellt beton stb.	

A **vasbeton** olyan építőanyag, amely betonból és a betonba ágyazott betonacélból áll, melyben a két anyag érintkezésénél fellépő *felületi kötés (tapadás)* biztosítja együttműködésüket és a szerkezet megkívánt szilárdságát; a *nyomást* a beton, a *húzást* a betonacél veszi fel. Könnyen formázható, tűzbiztos, vízzel szemben ellenálló, kis fenntartási költségű. Hátrányai: nagy önsúly, repedési hajlam, hő- és hangvezetés. Feszített acélhuzalokkal *elő- vagy utófeszített vasbeton elemek* készülnek, az eljárás nagyobb szilárdságot és acélbetét-megtakarítást eredményez.



### 7.5.1. A beton alkotói

A beton *mesterséges építőanyag*, amelyet kötőanyag (cement), víz, adalékanyag és esetleg adalékszer keverékéből állítanak elő. A **cementtel** kapcsolatos tudnivalókat a 7.4.3. fejezet tartalmazza. Az **adalékanyagokról** a 7.3. fejezet, a vasbetonhoz alkalmazott **betonacélokról** a 7.8. fejezet szól.

A betonkészítésnél **keverővíz** céljára a lakosság ivóvízellátására szolgáló víz vizsgálat nélkül megfelel. A természetes víznyerőhelyek vizét felhasználás előtt meg kell vizsgálni. Zavaros, feltűnő szagú, ízű vizet beton előállításához nem szabad felhasználni. Nem használható keverővízként olaj-, zsír-, kálsós és cukortartalmú vizek, ezért különös gonddal kell megvizsgálni azokat a vizeket, amelyekbe ipari vagy mezőgazdasági szennyvíz juthat. A víz hőfoka lehetőleg 15-25 °C legyen. Ennél hidegebb víz a cement kötését lassítja, a melegebb szükségtelenül gyorsítja.

A beton készítéséhez felhasznált víz *mennyisége* a beton előírt szilárdságától, az adalékanyag természetes víztartalmától és a beton bedolgozhatóságától függ. A túlságosan kevés víz használata csökkenti a beton bedolgozhatóságát. A túl sok víz a bedolgozhatóságot ugyan javítja, könnyíti, de a szilárdságot nagymértékben csökkenti. A beton készítéséhez szükséges víz mennyiségét az ún. *víz-cement tényezővel* írják elő, ami a víz és a cement tömeg-mennyiségének hányadosa és számszerűen 0,2–1,2 között váltakozhat.

**Adalékszerek.** Adalékszereknek tekintjük a betonba kis mennyiségben bekevert olyan anyagot (folyadékot vagy port), amely a beton egyes tulajdonságait kedvezően befolyásolja (*fő hatás*). *Mellékhatásként* (járulékos hatásként) eközben valamely más tulajdonság korlátozott mértékben romolhat (Az adalékszereket az adalékanyagtól tehát elsősorban az különbözteti meg, hogy a beton tulajdonságait nem alapvetően határozzák meg, hanem csak befolyásolják). Jellegzetes adalékszer típusok:

- konzisztenciát javítók (képlékenyítők és folyósítók),
- vízzáróságot fokozók,
- fagyállóságot fokozók,
- kötés- és szilárdulásgyorsítók,
- kötéskeleltetők és kötésgátlók,
- színezőanyagok,
- elektromosan vezető anyagok,
- gázképzők, habképzők stb.

Ezekon kívül használnak még úgynevezett *felületi kezelőszereket* (folyadékokat vagy pépszerű vegyi anyagokat), melyek a megszilárdult beton felületi tulajdonságait javítják. A zsaluzott felületek épségének biztosítására ún. *formaleválasztókat* használnak, a friss beton vízvesztésének megakadályozására pl. *párazáró adalékszereket* alkalmaznak. Ide tartoznak továbbá a víztaszító bevonatok és a felületi színezékek.

### 7.5.2. A friss- és a megszilárdult beton jellemzői

**Frissbetonnak** nevezzük a beton alapanyagainak olyan, építési célra készített keveréke, amelyen a cementkötés még nem érzékelhető, és amelyet a zsaluzatba még nem dolgoztak be.

A friss betonkeveréket a *keverési aránnyal* jellemzik, amely az alkotók tömegeinek aránya a cement tömegéhez viszonyítva. Számpéldával: a

$$0,5 : 1 : 6$$

arányosság azt jelenti, hogy egységnyi tömegű cementhez 0,5 tömegegységnyi vizet és 6 tömegegységnyi száraz adalékanyagot kell adni. Amennyiben az alkotók fajtáját is megadják, akkor a tervezett keverési arány *keverési utasításként* is használható.

A *frissbeton jellemzői*:

1. A *víz-cement tényező*: a víz és a cement tömegének hányadosa.
2. A *bedolgozási tényező*: a beton előállításához felhasznált adalékfrakciók külön-külön mért halmaztérfigatati összegének és a belőle készített, bedolgozott frissbeton térfogatának hányadosa.
3. A *konzisztencia*: a frissbeton bedolgozhatóságának mértéke, a friss betonkeverék mozgékony-ságára, folyékonyságára, a bedolgozási munkaigényre jellemző szám. A konzisztencia jellemzésére konzisztencia osztályok szolgálnak. A konzisztencia négyféle módon mérhető, speciális eszközök segítségével.
4. A *péptelítettség*: annak a mértéke, hogy a bedolgozott frissbetonban a cementpép az adalékváz hányadát milyen mértékben tölti ki. Telítettnek nevezzük a betont, ha a cementpép éppen kitölti

az adalékváz hézagait, telítetlenek, ha nem egészen tölti ki, a betonban légzárványok maradnak és túltelítettek, ha az adalékszemek nem támaszkodnak egymásra, úsznak a cementpépben.

5. A **zöldszilárdság**: a bedolgozott friss, földnedves beton ama tulajdonsága, amely a bedolgozás utáni azonnali kiszaluzást lehetővé teszi. Az elnevezés ellenére még nem tényleges szilárdság, hanem a friss beton kohézióján és sűrűlődségén alapuló tulajdonság.
6. A **szétosztályozódás** a frissbeton azon tulajdonsága, hogy a keverék egyenletességében milyen helyi változások következnek be. A szétosztályozódás legjellemzőbb megjelenési formája, hogy a nagyobb adalékszemek levándorolnak az elem alsó részébe. Szétosztályozódás bekövetkezhet például a folyós beton szállítása során, ha a betont nagy magasságból öntik a zsaluzatba, vagy túlvibráláskor.
7. A **kivérzés** a cementben feldúsult keverővíz egy részének kiválása az elem felületén. Bekövetkezhet túlzottan hosszú idejű vibrálás esetén. Hátránya, hogy ez a felületi réteg a zsugorodásra és ezáltal repedezettségre jelentős mértékben hajlamos lesz a kialakult nagy cementtartalom miatt.

**A megszilárdult beton jellemzői.** A betonnal szemben a legfontosabb követelmény, hogy megbott határidőn belül elérje a statikai számítások alapján előírt nyomószilárdságot. A beton szilárdulása hosszú folyamat. Természetes szilárdulás esetén a 28 napos szilárdsági értéket tekintjük referenciaértéknek, amelyre számításokat és egyéb megfontolásokat vonatkoztatnak. Tiszta portlandcementtel készült betonok a 28 napos korra a végszilárdság túlnyomó részét (általában > 90%) elérik. Hidraulikus kiegészítő anyagot tartalmazó cementtel készült betonok esetén a 28 napos kort követő szilárdság-növekedés még jelentős lehet.

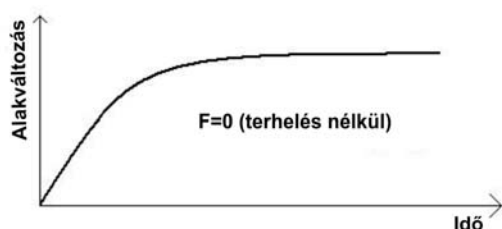
### 7.5.3. A beton zsugorodása, kúszása és hőtágulása

**A beton zsugorodása.** A beton zsugorodásának (7-1. ábra) nevezik a beton kiszáradása folyamán (terhelés nélkül) időben bekövetkező térfogat csökkenést, illetve alakváltozást. A zsugorodást befolyásoló tényezők:

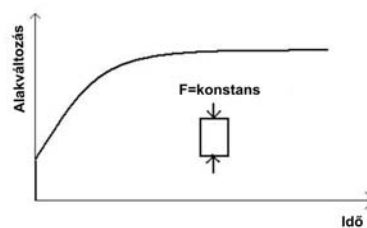
- a levegő relatív nedvességtartalma,
- a betonkeverék cementtartalma,
- a készítés kori víz-cement tényező,
- az adalékanyag zsugorodása.

**A beton kúszása és befolyásoló tényezői.** A beton kúszása (7-2. ábra) a beton konstans teher alatt, időben bekövetkező alakváltozás növekményét jelenti. A kúszás mértékét befolyásoló tényezők:

- beton összetétele,
- tartós terhelés nagysága,
- relatív légnedvesség tartalom,
- beton rugalmas alakváltozása megterheléskor.



7-1. ábra. A beton kiszáradási zsugorodása



7-2. ábra. A beton kúszása

**A beton hőtágulása.** A zsugorodáson és kúszáson túlmenően nem szabad elfeledkeznünk arról, hogy a hőmérsékletváltozás is alakváltozásokat okoz a betonban, amelynek helyet kell biztosítani a szerkezetekben (pl. dilatációval). A beton hőtágulása legnagyobb mértékben az adalékanyag fajtájától függ.

### 7.5.4. A betonok osztályba sorolása, jelölése és értelmezése

A **betonok osztályba sorolása** a *nyomószilárdság* karakterisztikus értéke alapján történik (7-6. táblázat).

7–6. táblázat. A nyomószilárdsági osztályok szokványos betonokra és nehézbetonokra

Nyomószilárdsági osztály	A legkisebb jellemző hengerszilárdság $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	A legkisebb jellemző kockaszilárdság $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

ahol: például a **C25/30** nyomószilárdsági osztály jelentése a következő.

- C: beton (concrete) nyomószilárdsági osztály,
- 25: a nyomószilárdság jellemző értéke 28 napos korban, 150 mm átmérőjű és 300 mm magasságú hengeren mérve 25 N/mm<sup>2</sup> (a táblázat 2. oszlopa).
- 30: ugyanezen beton nyomószilárdságának jellemző értéke 28 napos korban, 150 mm élhosszúságú kockán mérve 30 N/mm<sup>2</sup> (a táblázat 3. oszlopa).

#### A betonok jelölése és értelmezése.

##### **C25/30-XC4-XF1-16-F4 – MSZ 4798-1:2004**

ahol:

- C25/30 – Nyomószilárdság a fent megnevezettek szerint,
- XC4-XF1 – Környezeti osztályok:
  - X0 – nincs korróziós kockázat,
  - XC – karbonátosodás okozta korrózió (XC1 – XC4)
  - XD – klorid korrózió (nem tengervíz) (XD1 – XD3)
  - XS – klorid korrózió (tengervíz) (XS1 – XS3)
  - XF – fagyás-olvadási korrózió (XF1 – XF4)
  - XA – kémiai korrózió (XA1 – XA3)
- 16 – Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága ( $d_{max}$ -mm-ben).
- F4 – A frissbeton konzisztenciája területtel mérve mm-ben. (F4-es konzisztencia esetében ez 490-550 mm). (F1 – F6 osztályozás MSZ EN 206-1 2002 szerint); (FN-földnedves, KK-kissé képlékeny, K-képlékeny, F-folyós osztályozás az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint.)

MSZ 4798-1:2004 – Az alkalmazott szabvány megnevezése.

#### 7.5.5. A betonkészítés technológiája

A beton tervben előírt szilárdsága az eddig felsorolt tényezőkön kívül nagymértékben függ a *keveréstől*, a *bedolgozástól* és az *utókezeléstől*.

**A beton keverése.** A keverés legfontosabb követelménye az, hogy a beton egyenletes összetételű legyen. A beton keverése kézi és gépi erővel történhet. A *kézi keverés* ma már csak akkor engedhető meg, ha kevés a betonmennyiség, vagy ha alacsonyabb az előírt betonminőség.

Kézi keverés esetén a betont hézagmentes, nem szennyezett, sík felületen (vaslemezen vagy deszkából összeállított padozaton) szabad csak előállítani. Ilyenkor egyszerre 0,5 m<sup>3</sup>-nél nagyobb mennyiséget nem célszerű keverni. Ehhez mintegy 2 m széles és 4-5 m hosszú keverőfelületet kell összeállítani. Az adalékanyag mennyiségét ez esetben úgy szokták megválasztani, hogy kerek számú cementeszsákot kelljen felhasználni egy-egy keveréshez.

A lapáttal való keverést *szárazon* legalább háromszor, a *víz hozzáadása után* még legalább kétszer el kell végezni. A száraz keverést addig kell folytatni, amíg a kevert anyag egyenletes szemű lesz, és nem látszanak összekeveretlen cement- vagy kavicsfoltok.

A *víz adagolásánál* figyelemmel kell lenni arra, hogy a beton bedolgozásáig mennyi idő telik el, mert különösen meleg időben, a víz egy része elpárolog és az anyag nehezebben lesz bedolgozható. Ilyen esetben nedvesebbre kell készíteni a betont.

A betontechnológia gépeit a 9.5.2. fejezet mutatja be. A helyszíni betonkészítésnél a gépi keveréshez két fő géptípust használnak: a *szabadonejtő* és a *kényszerkeverő* gépeket. A *szabadonejtő* gépekben a keverés úgy megy végbe, hogy a dobba szerelt lapátok forgás közben felemelik az anyagot, majd a másik szakaszra érve leejtik. Ez a gép jól használható folyós keverék előállítására. A *kényszerkeverő* gépekben a lapátok erőteljesen forgatják és az anyagban mozogva, szinte gyúrnak a betont. A tapasztalat szerint ez a gép az erőteljesebb keverés miatt nagyobb szilárdságú betont állít elő azonos összetétel mellett. A nagyobb szilárdságú betonok keveréséhez nélkülözhetetlen ez a géptípus.

A gépi keverésnél először a felvonóputtonyba helyezett adalékanyagot és cementet adagolják, majd a vizet porlasztják hozzá keverés közben. Az adalékanyagot a kézi és a gépi keverésnél egyaránt *mérőládában* mérve adagolják.

Egyre gyakrabban fordul elő, hogy a kész betont betonkeverő telepekről, betongyárakból szállítják betonkeverő gépkocsival („mixerkocsival” – 8–15. ábra) és betonszivattyúval dolgozzák be.

**A beton szállítása és bedolgozása.** A kész betont a keverés helyéről a beépítés helyére *szállítani* kell. Ez történhet japánerrel, konténerrel, esetleg talicskával, szállítószalaggal stb. Ilyenkor az a legfontosabb, hogy szállítás közben és lerakáskor a beton *ne osztályozódjon* szét. A szállítás közbeni rázás vagy a szállítószalagról való leesés azt eredményezi, hogy az adalékanyag a szemcsék nagysága szerint – nagyobb szemcsék alul, kisebbek felül – helyezkedik el, megbomlik tehát a szemcsék keverés során szerzett egyenletes elhelyezkedése. Az ilyen *szétosztályozódott* betont közvetlenül nem lehet beépíteni, *újra kell keverni*.

A beépítés helyére szállított beton bedolgozását kézi vagy gépi eszközzel (9.5.2. fejezet) lehet végezni, még a kötési folyamat megkezdődése előtt. A **kézi bedolgozáskor** a földnedves vagy gyengén plasztikus beton esetén alkalmazzák a *bedöngölést* és ehhez fából vagy vasból készült 10–15 kg tömegű döngölőt használnak, amelyet 20–40 cm magasságból a betonra ejtenek. Ezt a módszert kisebb betontesteknél, alárendeltebb betonmunkáknál alkalmazzák. A betont ilyenkor 10–15 cm-es rétegekben terítik el és egy-egy ilyen vastag réteget m<sup>2</sup>-ként 2–6 percig tömörítenek.

Ha a beton plasztikus vagy ennél folyékonyabb, a zsaluzatba *csömöszöléssel* dolgozzák be. Ennek a műveletnek a lényege az, hogy 2–3 cm átmérőjű vasrúddal vagy lécdarabbal szurkálják a betöltött betont, míg kellő tömörségűvé válik és a vasbetétek köze, a zsaluzat sarkai betonnal kitöltődnek. A tömörítés akkor megfelelő, ha a felületen cementpép réteg válik láthatóvá és légbuborékok már nem jelentkeznek.

A **gépi tömörítés** céljára többféle, a *vibrálás elvén* működő gép létezik: tűvibrátor, lapvibrátor, zsaluvibrátor, rázóasztal. Ezekkel a berendezésekkel csak földnedves betont szabad vibrálni, mert a folyékonyabb beton szétosztályozódik. Működése során a vibrátor a betont percenként 2.000–10.000 rezgéssel mozgatja meg, amelynek hatására a földnedves beton úgy viselkedik, mintha plasztikus lenne és így jól elhelyezkedik a mintadeszkázatban és a vasak között. A vibrálás időtartama addig tart, amíg a betonból a légbuborékok a felszínre érnek.

**A beton utókezelése.** Ahhoz, hogy a bedolgozott beton az előírt határidőre elérje a kívánt szilárdságot, gondoskodni kell a megfelelő utókezelésről. A frissen bedolgozott betont nedves állapotban kell tartani, a kötés és a szilárdulás idején meg kell védeni mindennemű rongálódástól, rázkódástól, ütésektől, továbbá a hirtelen hőmérsékletváltozásoktól és a gyors kiszáradástól. Az erős nap a szél káros hatását letakarással lehet elkerülni, a kiszáradást locsolással. A beton utókezelését a bedolgozás után 4–5 órával meg kell kezdeni és egy héten át megszakítás nélkül kell végezni.

A beton utókezelésének hiánya miatt a beton gyenge minőségűvé, sőt néha a rendeltetés szerinti használatra alkalmatlanná is válhat. Az utókezelés hiánya még a szerkezet tönkremenetelét is okozhatja, annak ellenére, hogy jó anyagokból, a kellő összetételben és gondos bedolgozással készült.

A beton szilárdulásával mindig együtt jár a beton térfogatának megváltozása. Ha a beton levegőn szilárdul, kiszárad és zsugorodik.

A beton szilárdulási folyamata alatt biztosítani kell

- annak kellő hőmérsékletét,
- belső nedvességtartalmát,
- nyugalalmát.

Meleg időben (+15°C és ezen felüli hőmérsékleten) a betont az első három napon legalább három óránként és éjszaka legalább egyszer, a következő napokban pedig legalább naponta háromszor meg kell locsolni, de az a meghatározó, hogy a beton felülete nem száradhat meg!

+5°C-on és ennél alacsonyabb hőmérsékleten a betont nem locsolják, de különleges intézkedések szükségesek a beton utókezelése tekintetében, és meg kell védeni a betont az alacsony hőmérséklet káros hatásaitól. Hideg időben történő betonozás esetén vagy kötésyorsító és fagyásgátló vegyszereket adagolnak, vagy a vizet és az adalékanyagot előmelegítik, majd a bedolgozás után betakarással védik a hő elvesztésétől. A takarást úgy végzik, hogy a ponyva és a betonfelület között 5–10 cm légtér maradjon. Ebbe a térbe esetleg gőzt vezetnek be 6–8 órán keresztül.

### 7.5.6. Különleges betontechnológiák

Az utóbbi néhány évtizedben jónéhány speciális betonozási módszert, technológiát dolgoztak ki, az alábbiakban három olyan technológiát ismertetünk, amelynek a vízépítésben van jelentősége.

**Úsztatott betonnak** nevezik azt a betonfajtát, amely a szokásos betonkeveréken kívül tartalmaz nagyméretű *beton-* vagy *kődarabokat* is. Az ilyen beton elsősorban alapok készítésére használható fel. A betondarabok, nyomószilárdsága az előírt betonszilárdságnak legalább a kétszerese legyen. A terméskő nem lehet erősen vízszívó, repedezett, mállásban lévő. A kövek tömege 10–30 kg között lehet, de legnagyobb méretük is kisebb legyen, mint a betontest legkisebb méretének a fele. 1 m<sup>3</sup> betonba 30–40% terméskő, illetve kész betondarab helyezhető el. A kövek szennyezéstől mentesek legyenek; beépítés előtt azokat jól meg kell tisztítani, télen jégmentesíteni. Úsztatott beton készítése során a munkagödört alaposan kitisztítják, alsó réteggént mintegy 15 cm vastag betonréteget készítenek, azután elhelyezik arra a kőréteget úgy, hogy a kövek között legalább 5 cm hézag legyen. Hasonlóképpen 5 cm-nyi hézagnak kell lennie az egymás fölötti két kősor között is. Befejező réteggént ismét egy 15 cm vastag réteget kell betonozni. A beton legalább képlékeny konzisztenciájú legyen.

**Vízalatti betonozás.** Ez olyan betonozási eljárás, amely során a friss betonkeveréket a vízben át juttatják a betonozás helyére. Vízalatti betonozást *csak állóvízben szabad végezni*. Folyóvízben zsaluzattal, illetőleg szádfalakkal úgy kell körülvenni a munkateret, hogy a víz sebessége elhanyagolható legyen. Jó minőségű portlandcementet kell használni. Az adalékanyag folytonos szemmegoszlású és kb. a vízzáró betonok összetételének megfelelő legyen. A beton képlékeny konzisztenciájú legyen. A vízalatti betonozásnál számítani kell arra, hogy beton m<sup>3</sup>-ként mintegy 50 kg cementet a víz kimos, tehát ennyivel többet kell adagolni. A vízalatti betonozás elvégezhető különböző tölcsekkel és betonszivattyúval is. Mindegyik eljárásnál be kell tartani azt a szabályt, hogy a tölcser alja nyúljon bele a már leengedett friss betonba, mert ha a beton a vízben át esik le, akkor a víz a cement nagy részét kimossa.

**Injektálás.** Az injektálás lényege, hogy a betont a talajban lévő **kiüregelődésekbe**, *repedésekbe* nagy nyomás segítségével *sajtolják* be. Az injektáláshoz használt cement jó víztartású, finomőrlésű, nehezen ülepedő, agresszív hatások esetén korrózióálló legyen. Az adalékanyagoknak a szokványos követelményeken kívül alkalmazkodnia kell a besajtolandó tér, valamint a szállítócső méreteihez. A csővezetéken átsajtolt beton habarcsdús, képlékeny konzisztenciájú, cementtel túltelített legyen. A sajtolást elősegítik a különböző konzisztenciajavító szerek, amelyek a cementpépet plasztikusabbá, szivattyúzhatóbbá teszik és az ülepedést gátolják.

### 7.5.7. Előregyártott betontermékek

A vízépítésben számos *előregyártott betonelemet* használnak, amelyek közül a legfontosabbak a különböző burkolólapok, idomok és betoncsövek.

A **beton burkolólapok** általában kétrétegűek: egy kopó és egy hátbeton rétegből állnak. A *kopóréteg* finom homokból, mészkőlisztből, közúzalékból, nagy szilárdságú cementből és esetleg festékből áll. A *hátbeton* adalékanyaga 0–8 mm szemnagyságú kavics, a nagy szilárdságú lapoknál gyöngykaviccsal javítva. A vízépítésben sokféle burkolólap van forgalomban. Ezek a beton, ill. vasbeton elemek általában rézsűk védelmére alkalmasak, ahol fontos követelmény, hogy a burkolat bizonyos határok között kövesse a nyers rézsűfelület roskadását, süllyedését. Valamennyi ilyen beton burkolólapal szemben követelmény a kis elemsúly, a könnyű beépíthetőség, a kis fajlagos anyagszükséglet, valamint a kevés helyszíni betonfelhasználás.

Széles választékban gyártanak **betoncsöveket** ivóvíz és szennyvíz szállítására, átereszek, védőcsövek, aknák, kutak, közműalagutak készítésére, gravitációs és nyomás alatti üzemre. A gravitációs csöveket portlandcementből vagy szulfátálló cementből kevert betonból készítik, vízzáró és nem vízzáró kivitelben. A csövek tokos kötésűek, habarcs tömítéssel, de van gumigyűrűs tömítésű is. Léteznek feszített betonból készített csövek is. Gyártanak olyan betoncsöveket is, amelyeket sajtolással lehet elhelyezni (töltés, út, vasút alatt).

## 7.6. HABARCSOK

A habarcsokat kötőanyag, víz és finom szemcsésű adalékanyag felhasználásával készítik és hézagkitöltésre, ragasztásra, felületképzésre, burkolásra használják. Friss állapotban önthetők, kenhetők, később megszilárdulnak.

A habarcsokhoz kötőanyagként oltott meszet, égetett meszet, cementet, gipszet használnak. A **mészhabarcsok** csak meszet tartalmaznak (a mész – homok keverési aránya 1:4). Az úgynevezett *javított mészhabarcsokba* 200 kg/m<sup>3</sup> portlandcementet is adagolnak. A **cementhabarcsokba** minimálisan 200 kg/m<sup>3</sup> portlandcementet adnak, 0,1 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> méspép mellé. A **gipszhabarcsokba** a mészen (0,3–0,4 m<sup>3</sup>) kívül legalább 200 kg/m<sup>3</sup> gipszet kevernek.

A habarcsok *adalékanyaga* a célnak megfelelően 0–4 mm szemnagyságú folyami vagy bányahomok, zúzott homok, kőpor, kohósalak.

A habarcs készítése kézi vagy gépi úton történik. A méspépet tartalmazó habarcsnál a pépet és a vizet előzetesen keverik össze, s csak utána adják hozzá az adalékokat (homok, gipsz, festék). A cementtartalmú habarcsoknál a homokot és a cementet először szárazon kell összekeverni és a vizet csak ezután lehet adagolni. A cementhabarcsokból egyszerre csak annyit szabad összekeverni, amennyit egy óra alatt be lehet építeni.

## 7.7. ÉGETETT AGYAGTERMÉKEK

Az égetett agyag egyike a legrégebb ismert építőanyagoknak. Az agyag különféle kőzetek mállásából keletkezik és 0,002 mm átmérőjű szemcséknél kisebb szemek tömege. Az agyagok ásványi és vegyi összetétele változatos. Összetételüktől függően megnevezésük és hasznosítási módjuk nagyon változatos. A *kaolin* fehér színűre ég és a porcelángyártás, finom kerámiagyártás alapanyaga; a *fazekasagyag* szennyezett és vörös színűre ég; a *téglaagyag* homokkal, vasvegyületekkel erősen szennyezett agyag és csak vastagfalú kerámiák gyártására használható.

Az agyag legfontosabb technológiai tulajdonsága a *képlékenység*, ami azt jelenti, hogy kellő mennyiségű vízzel keverve gyúrható. Minél kisebb szemcsésű anyagok halmazából áll az agyag és minél kevesebb benne az idegen anyag, annál képlékenyebb és az ilyen agyagot nevezik *kövér agyagnak*. A mintegy 30% vizet tartalmazó agyag jól formázható. Ezt a nedves agyagot a kívánt formára hozás után kiszáritják, majd 900 °C-on kiégetik (ez a zsugorodási hőmérséklet).

A kiégetés után ún. *kerámia anyag* áll elő. Az alapanyagként szereplő agyag szemcseösszetételének beállításával, a megfelelő égetési hőmérséklet és forma megválasztásával *lyukacsos*, ill. *klinker* gyártmányokat állítanak elő. A lyukacsos gyártmányok közé tartozik pl. a tömör, ill. pillértégla, a különböző lyukacsos téglák, falazóblokkok, válaszfaltéglák, kábeltéglák, födém béléstestek, tetőcserepek, stb. A klinkerek választéka kisebb: falburkoló téglák, csatorna-klinkertéglák, burkolólapok.

A kerámia anyagok leggyakoribb hibái az égetésből adódnak. Ha túlégetik, a termék eltorzul, részben megolvad, nem faragható, a habarcs nehezen tapad hozzá. Ha gyengén égetik, akkor szilárdsága kicsi, nedvesség hatására elmállik, élei legömbölyödnek. A nedvesség a rosszul égetett termékből sokat old ki, ami száradás után „kivirágzik”.

A jó agyagárura jellemző, hogy kalapáccsal megütve csengő hangot ad. A jobban kiégetett agyagárak színe mindig sötétebb, mint a kevésbé kiégetetteké.

Az égetett agyagárak legtöbbször szabadon, a tömörített talajon tárolható, de a környezetéből a csapadékvíz el kell vezetni. A téglát lapjára fektetve, máglyában kötésbe rakva tárolják. A válaszfaltéglákat hosszéltre állítva, egymás felett legfeljebb 8 sorban lehet tárolni. A cserepeket is hosszéltre állítva 8–10 sor magas máglyába rakják, soronként léct közéljük, hogy össze ne csússzanak.

## 7.8. A FÉMEK ÉS KORRÓZIÓVÉDELMEK

Az egyik legfontosabb fém a **vas**, amelyet érceiből kohászati úton állítanak elő. A nyersvasban mintegy 7% szén található, amelyet különböző kohászati módszerekkel csökkenteni kell, hogy a fém használható legyen. A vaskohászati nyerstermékeket a széntartalom különféle mértékű csökkentésével állítják elő:

- a 0,008 % alatti széntartalmú vas-szén ötvözet a **színvas**,
- a 0,008–1,7% közötti széntartalmú vas-szén ötvözeteket **acél**nek nevezik. Ezen belül a 0,02 alatti tartomány neve: **lágvas**,
- 1,7% széntartalom fölött **öntöttvas** alakul ki. Ez jól önthető, de rideg, törésre hajlamos ötvözet. Gyors hűtés esetén a vas mellett vaskarbid (Fe<sub>3</sub>C) kristályosodik ki. Az ilyen öntöttvas törési felülete fehér színű lesz, ez a **fehérvas**nak nevezik. Lassú hűtésnél az ötvözet kristályai között lemezes gra-

fit formájában elemi szén válik ki, ilyenkor a töret szürke színt mutat. Ez a **szürkevas**. A szilícium-ötözöt is tartalmazó szürkevasban a grafit szemcsék gömb alakúak és finom eloszlásúak, ez az öntöttvasat rugalmassá (és így pl. csőgyártásra is alkalmassá) teszi: ez a **gömbgrafitos öntöttvas**.

Az acél tulajdonságait *ötözéssel, hőkezeléssel* javítják. *Ötözésre* a mangán, nikkel, króm, molibdén, vanádium, wolfram fémeket használják. A *hőkezelés* lényege az, hogy az acélt olvadási pontjánál alacsonyabb hőmérsékletre melegítik, ezen a hőmérsékleten meghatározott ideig tartják, majd *lassan* vagy *hirtelen lehűtik*. E kezelés hatására a fém szerkezete átalakul, keménysége csökken (könnyebben munkálható meg). A megmunkáláshoz lágyított acél felületét edzik, miáltal felülete kopásállóbbá válik.

Az acéltermékek előállítását az alapanyagból *hidegen* (500 °C-ig), vagy *melegen* (900 °C-ig) történik *hengerléssel, húzással, kovácsolással, sajtolással, öntéssel*. A *huzalokat, rudakat* leggyakrabban hidegen alakítják, amikor fémesen tiszta, kopásállóbb, méretpontosabb anyagot kapnak, mint ugyanolyan anyagból, de melegen előállítva.

Az építőipar, így a vízépítés is, az ötvözetlen, vagy szénacélokból előállított acélokat, az ún. *ötvözetlen szerkezeti acélokat* használja. Ilyen acélokból állítják elő a különféle *idomacélokat* („szögvas”), *profilacélokat*, részben hidegen formálva. A *vasbetonszerkezetek acélbetéteit* meleghengerléssel állítják elő, 6–40 mm névleges átmérővel. A *betonacélok* közepes és nagyobb átmérőinél *bordázást* is alkalmaznak az acélbetét és a beton közötti *tapadás növelésére* (a bordázással a tapadás mintegy háromszorosára növelhető). A 14 mm átmérőnél kisebb méretű acélbetéteket a jobb szállíthatóság érdekében karikába csévélve is szállítják. Az acéllemezeket *hideg- vagy meleghengerléssel* állítják elő. A 3 mm-nél vékonyabbakat *finomlemezeknek*, az ennél vastagabbakat pedig *durvalemezeknek* nevezik. Az acél szerkezeti elemi *hegesztéssel, szegeccseléssel, csavarozással és ragasztással* kapcsolhatók.

A vízépítésben, vízkárelhárításban, dúcoláshoz, a szivárgás megállítására elterjedten használják az *acél szádlemezeket*. Ezekből többféle használatos, gyártják meleg- és hideghengerléssel egyaránt. A melegen hengerelt szádlemezek falvastagsága nagyobb lehet, így ezek erőtanilag kedvezőbbek, hosszabb darabok készíthetők ilyen eljárással. A vízkárelhárításban egyes feladatokra a könnyű és vékony lemezek is megfelelnek, mert az ezekkel épülő művek nagyrészt ideiglenes jellegűek.

Az **alumíniumot** kis tömege, jó elektromos vezetőképessége, kedvező szilárdsági tulajdonságai miatt széles körben használják. Az alumíniumot a bauxit nevű kőzetből kémiai úton állítják elő; fémes formáját elektrokémiai folyamat végén kapja meg. Felületét levegő hatására azonnal oxidréteg vonja be, ami jól tapad a felületre. Minél tisztább a szinalumínium, annál kisebb a szilárdsága, nagyobb a lágy-sága. Ilyen állapotban csak az elektromos iparban használják. Tulajdonságait ötvözéssel nagymértékben lehet javítani. Erre a célra elsősorban magnéziumot használnak, de a szilícium, réz, mangán, cink, vas, titán, nikkel is fontos ötvözőanyaga.

Az alumínium megmunkálása hasonló az acéléhoz, hengerelhető, húzással is alakítható. A hőkezeléssel az alumínium tulajdonságai is befolyásolhatók; hegeszteni viszont nehezebb. Az alumínium fontos tulajdonsága, hogy hideg hatására növekszik a szakítószilárdsága.

**A fémek korróziója.** Korrózióknak nevezik az anyag felületének a környezet hatására történő fizikai, kémiai folyamatok révén végbemenő elváltozását. A fémek korróziója a fémkohászat során kialakuló folyamatnak a megfordítottja, vagyis a korrózió révén a fémek visszaalakulnak azokká az oxidokká, amelyekből azokat kohászati úton előállították.

A fémek korróziója csak késleltethető, de meg nem szüntethető. Valamely fémet már akkor *korrózióálló* neveznek, ha a természet (nedvesség, talaj, természetes és mesterséges enyhén savas és lúgos oldatok) hatására csak lassan alakul át oxiddá, hidroxiddá vagy sóvá, azaz, ha fémes jellegét sokáig megőrzi. A gyakorlatban korrózióállóknak nevezik azt a fémet, amelyiknél a korrózió egyenletes jellegű és előrehaladási sebessége a *0,1 mm/év határértéket* nem haladja meg.

A *fém szerkezetek korrózió elleni védelmét* minden esetben meg kell tervezni és az ezt szolgáló munkálatokat rendszeresen el kell végezni. Ez a vízépítésben, vízgazdálkodásban, vízkárelhárításban alkalmazott berendezéseknél, eszközöknél, anyagoknál különösen fontos feladat!

A korrózió megelőzésének vannak *aktív és passzív módjai*. A megelőzés egyik aktív módja pl. a *megfelelő szerkezeti anyag helyes megválasztása*. Az aktív védőeljárásokhoz tartozik a *katódos védelem*, amely azon az elven alapszik, hogy a megvédendő fémkatrészekhez egy pozitívabb oldási potenciálú fémet kapcsolnak hozzá. A katódos védelmet elsősorban föld alatti, víz alatti berendezések, szerkezetek, csővezetékek védelmére használják. A védekezés ún. passzív módjai közé sorolhatók pl. a *szervetlen fémes bevonatok* (galvanizálás, tűzímártó eljárás, fémszórásos eljárás útján stb.), a *szervetlen nem fémes bevonatok* (foszfátbevonatok, zománcozás stb.) és a *szerves bevonatok*.

A szerves bevonatok legelterjedtebb fajtája a *festék- vagy lakkbevonat*. Az *alsó festékréteg* képezi tulajdonképpen a korróziógátló réteget, ez lehet *minium olajfesték* vagy más alapozó festék. Ennek a festékrétegnek a védelmére használnak azután esztétikai igényeket is kielégítő különböző színű *fedő-*

*festékeket, lakkokat.* A festékek felhordhatók mázolóssal, mártással, szórással stb. A szerves bevonatok közé tartoznak a különböző (mártással vagy szinterezéssel előállított) műgyanta bevonatok, amelyek igen jó korrózióvédelmet nyújtanak.

A festék- és lakkbevonatok hátrányai: nagyon gondos felületi előkészítést (*rozsdátlanítást, zsírtalanítást*) igényelnek; valamint az a körülmény, hogy sérülékenyek. A sérülési helyek a korrózió kiinduló pontjai lehetnek. Ezért egyre inkább terjed a (krómmal, nikkellel, mangánnal, molibdénnel vagy titánnal ötvözött) korrózióálló acélok használata minden olyan területen, ahol a környező levegő vagy a víz agresszív vegyületeket tartalmaz, (pl. a szennyvíztelepeken).

## 7.9. ÉPÍTŐFA

A **fa** a legősibb és napjainkban is igen fontos, *kiváló építőanyag*. Kis sűrűsége, nagy nyomó- és húzószilárdsága, jó faraghatósága, ragaszthatósága, szegezhetősége azok a tulajdonságok, amelyek miatt kedvelt építőanyag. E kedvező tulajdonságai mellett számos *hátrányos adottsága* is van. Így szilárdsága a rostok helyzetétől nagy mértékben függ, nedves helyen élettartama rövid (viszont ha állandóan víz alatt van, akkor egyes fafajok igen hosszú élettartamúak lehetnek). A nedvesség hatására térfogatát változtatja, vetemedik. Tűzveszélyes. Ezek ellenére is felhasználása széleskörű, egyes esetekben nélkülözhetetlen. A korszerű faipar számos olyan gyártmánnyal szolgál, amire korábban gondolni sem lehetett.

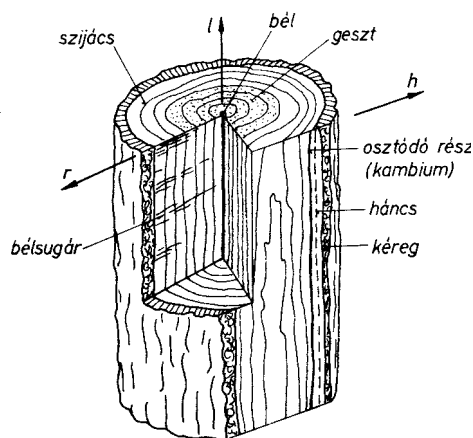
Hagyományosan az **építőfa** fogalmába tartozik a *gyökereitől, ágaitól, kérgétől megtisztított fatest*, valamint ebből erdőgazdasági és faipari módszerekkel (általában fűrészeléssel) előállított fatermékek csoportja. Tágabb értelemben ide sorolhatók a faipari termékekből előállított *nemesített fatermékek*, melyeknek a tulajdonságai jobbák az eredeti fáénál.

### 7.9.1. A fa szerkezete, felépítése; fafajták, fatermékek

A fa természetes nyersanyag, amelyet különféle megmunkálással tesznek építőanyaggá. A fa *inhomogén és anizotróp* anyag. Tulajdonságai lényegesen függenek a fa fajtájától és termőhelyeitől, valamint termelésének és tárolásának körülményeitől.

A fa vizsgálatához a törzséből rendszerint három *jellemző metszetet* készítenek (7–3. ábra): a fa hossz tengelyére merőleges metszet vagy *keresztmetszet*; a fatörzs tengelyével párhuzamos, a fa tengelyvonalán keresztülmenő *hosszmetszet*, ill. a fa belén keresztülmenő *aszimmetrikus keresztmetszet*.

A keresztmetszetet vizsgálva a következő részeket különböztetjük meg (7–3. ábra). Legkívül található a *fa kérge*, amelynek feladata a fa védelme a külső hatásokkal szemben. A kérge alatt helyezkedik el a *háncs*. A háncs külső szövetei mint védő, hőszigetelő rétegek működnek. A háncsot az osztódó szövet, a *kambium* követi, amely a fa növekedése szempontjából a legfontosabb réteg. Szabad szemmel alig lehet megkülönböztetni a háncstól; kétirányban osztódik, kifelé a háncsot, befelé pedig a fa sejtjeit hozza létre.



7–3. ábra. A fatörzs jellemző metszetei és felépítése  
Jelölések: l – rostirány; h – húrirány; r – sugárirány.

A kambiumtól a törzs közepéig terjedő részt *fatestnek* nevezik, amelyben kétféle részt különböztetnek meg, nevezetesen a *szíjácsot* és a *gesztet*. A fatest középpontjában helyezkedik el a *bél*. A szíjács feladata a nedvkeringés biztosítása és a tápanyagok tárolása; változó szélességű, fehéressárga színű. A geszt már nem végez életműködést, feladata csak a fa szilárdítása. Színe és szélessége fafajtánként változó.

A keresztmetszeten a hazai fafajok esetében általában jól felismerhetők a bél körül az *évgyűrűk*, amelyek a keresztmetszeten koncentrikus köröket alkotnak. A mi éghajlatunkon a fák évente egy gyűrűt növesztenek, melynek szélessége 0,3–8 mm. Tavasszal fejlődik az évgyűrű világosabb színű, ritkább szövetű része, nyáron és ősszel a sötétebb színű, tömöttebb rész. Az évgyűrűk jellemzőek a fa testsűrűségére, szilárdságára, megmunkálására; alkalmasak a fa korának közelítő meghatározására.

A fontosabb hazai **fafajtákat** a 7–7. táblázat, felhasználási területeit a 7–8. táblázat tartalmazza.



7–7. táblázat. A fontosabb hazai fafajták

Fafajták		Megmunkálhatóság
tűlevelű	Vörösfenyő	rosszul fényezhető
	Erdeifenyő	jól szárítható, telíthető, fényezhető
	Lucfenyő	jól szárítható, telíthető, nehezen fényezhető
	Jegenyefenyő	jól hasad, könnyen megmunkálható, jól ragasztható
lombos	Fehérekác	nehezen szárítható, szegezhető, faragható
	Kocsányos és kocsánytalan tölgy	könnyen megmunkálható, nehezen szegezhető, jól csiszolható, pácolható
	Csertölgy	nem szegezhető, hidegen jól, melegen rosszul ragasztható
	Bükk	jól megmunkálható, fényezhető, felületkezelhető
	Feketenyár, olasznyár, őriásnyár	jól megmunkálható, szárítható, szegezhető, ragasztható,

7–8. táblázat. A fontosabb hazai fafajták felhasználási területe

Felhasználási terület	Vörös-fenyő	Erdei fenyő	Luc-fenyő	Jegenyefenyő	Bükk	Tölgy	Fehérekác	Nyár
Fűrészárú	+	+	+	+		+	+	+
Vízépítés és alapozás (általában vízben)	+					+	+	
Állvány	+	+	+	+		+	+	
Furnér, bútorlap		+			+	+	+	+
Faforgács, farost, fagyapot lemezek		+	+			+		+
Vasúti keresztalj					+			
Parketta		+	+	+	+	+	+	

A faárúk, **fatermékek** két csoportba oszthatók: erdei és ipari választék. Az erdei választék olyan faanyag, amelyet még az erdőben, a döntés után úgy állítanak elő, az ágakat levágják, a kérget lehántják és feldarabolják. Ha a fa egészséges növéssű volt, akkor azt *ipari fának* nevezik, amelynek egy része minden további megmunkálás nélkül felhasználható állványanyagnak, vastagabb része fűrésztelepre jut további alakításra. A hibás növéssű fákat tüzelőnek vagy egyéb nyersanyagként használják.

Az **ipari fa** megnevezésen belül a mérettől függően a további szokásos megjelölések:

- szálfa** – a ledöntött fa legallyazott törzse teljes hosszúságban, amelyről a csúcsrészt leválasztották; mérete és minősége változó, az iparifafafajták alapanyaga
- rönkfa** – vastag, egyenes, egyenletesen sudarasodó fatörzs, amelyből fűrészeléssel lehet a további felhasználásra alkalmas anyagot előállítani; hossza legalább 3 m, kéreg nélküli középmérete legalább 14 cm
- gömbfa** – egyenes növéssű fatörzs, amelynek középmérete legalább 22 cm
- szálfa vagy állványfa** – az a tűlevelű fából készült gömbfa, amelynek hossza 4–16 m között van, átmérete az alsó végénél 26–28 cm, a felső végénél 12–24 cm, közepén 15–22 cm
- cölöpfa** – híd- és mélyépítési célokra szolgál; termelhető fenyőfélékből, tölgy- és akácfából; hossza legalább 6 m, kéreg nélküli középmérete legalább 20 cm
- gömbrúd** – fiatal fenyőtörzs, amely egyenletes növéssű, hossza 2–14 m, átmérete közepén legfeljebb 15 cm, csúcsánál 6–12 cm

Az erdőben kiválasztott, ipari célra alkalmas választékot *faragással* vagy *fűrészeléssel* tovább alakítják. **Faragott fa** az a termék, amelyet bárdal vagy faragással állítanak elő:

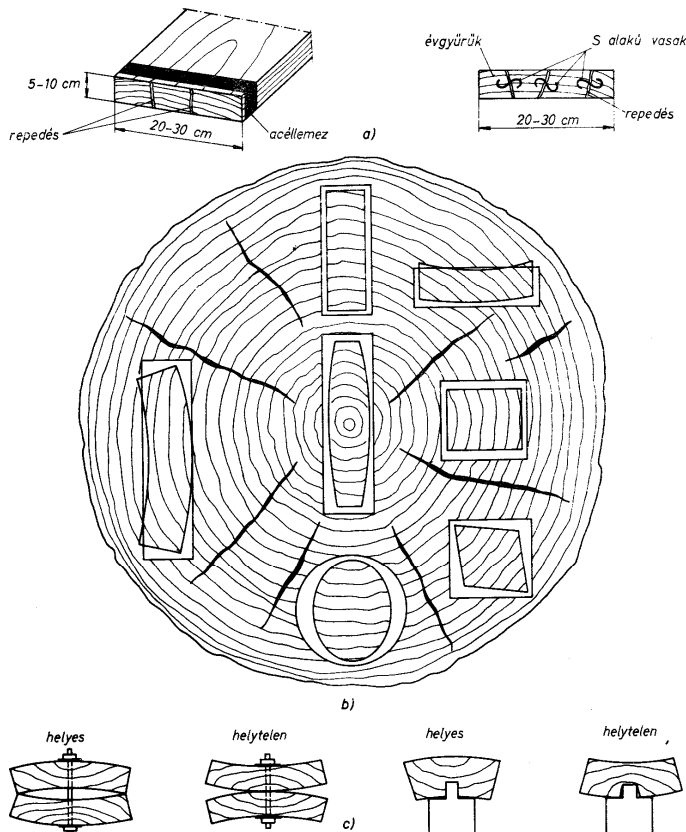
- faragott vagy bárdolt gerenda** – gömbfa megmunkálásával állítják elő úgy, hogy négyszög keresztmet-szetű legyen
- süvegfa** – annyiban különbözik a faragott gerendától, hogy ennek csak két párhuzamos oldalt faragnak

**Fűrészelt fának** azokat a termékeket nevezik, amelyeknek legalább két párhuzamos lapja van; általában rönkfa, vagy gömbfa fűrészelésével állítanak elő. Ezek a fatermékek a következők:

- léc** – négyszög keresztmetszetű, négyoldalt fűrészelt fatermék, amelynek szélessége és vastagsága legalább 1,8 cm, szélessége legfeljebb 4,8 cm, vastagsága legfeljebb 3,8 cm; hossza legalább 100 cm
- zárléc** – négyoldalt fűrészelt fatermék, amelynek vastagsága 4,8–10 cm, szélessége legfeljebb 12 cm, keresztmetszete legfeljebb 100 cm<sup>2</sup>; hossza lombos fák eseté legalább 2 m, fenyőfélék esetén legalább 3 m
- fűrészelt lemez deszka** – 1,2 cm-nél vékonyabb deszka
- deszka** – az a fatermék, amelynek szélessége legalább 8 cm, vastagsága 1,2–3,8 cm között van; lehet szélezett és szélezetlen
- palló** – az a fatermék, amelynek vastagsága 4,8–10 cm közötti, szélessége pedig vastagságának legalább kétszerese, de legalább 10 cm; lehet szélezett és szélezetlen
- fűrészelt gerenda** – négyszög keresztmetszetű fatermék, szélessége általában nem nagyobb a vastagság másfélszeresénél; keresztmetszeti mérete legalább 10x10 cm; hossza lombos fák esetén legalább 2,5 m, fenyőfélék esetén legalább 3 m

### 7.9.2. A faanyag tulajdonságai, szilárdsági jellemzői

A faanyag **sűrűsége** a fa fajtájától és azon belül a faanyag tömörségétől függ; a tűlevelű fáké 450–590 kg/m<sup>3</sup> közötti, a nyárfáé 450 kg/m<sup>3</sup>, míg a lombos keményfáké 690–870 kg/m<sup>3</sup> közötti.



7–4. ábra. Farönkök zsugorodási alakváltozásai

- a) Palló továbbrepedéseinek meggátlása
- b) A fa különböző részeiből kivágott fatermékek száradási alakváltozása
- c) A vetemedés csökkentése a pallók megfelelő összekapcsolásával

A kivágott fa **nedvességtartalma** a levegő nedvességtartalmától függ: vagy felvesz, vagy lead nedvességet. A nedvesség felvétele gyors, a leadás folyamata lassúbb. A szabadban tárolt fa nedvességtartalma erősen változó, de a nyitott, jól szellőző színben tárolt fa nedvességtartalma nem mutat nagy különbségeket. A kidöntött fában gyorsan csökken a víztartalom, mert a sejturegekben tárolt szabad vizét gyorsan elveszíti. A víz főleg a fa hossz tengelyére merőleges vágólapon párolog el, ami ha túl gyors, a fa a végein bereped. A megrepedt rönköt, pallót körülpántolással, „S” alakú vashorgokkal védik a továbbrepedéstől (7–4. a. ábra). Az érintő- és sugárirányú alakváltozások különböző nagysága eredményezi a fa feldolgozása során a fa deformációját (7–4. b. ábra), a deszkák *görbülését*, a gerendák *vetemedését*. Ezt csökkenteni lehet azáltal, ha a fát nem nedves állapotban, hanem légszáraz állapotban dolgozzák fel. A görbülést és vetemedést tovább lehet csökkenteni a helyesen megválasztott összekapcsolások révén is (7–4. c. ábra).

A fűrészelt, faragott készítmények gyorsabban száradnak, mert a megmunkálással a sejteket a felületen roncsolták és így a nedvesség minden irányban szabadabban távozhat. *Természetes szárítással* a fenyődeszkák mintegy két év, a keményfa deszkák négy év alatt érik el a légszáraz állapotot. *Mesterséges szárítással* 0%-ra is csökkenthető a fa nedvességtartalma. A nedvességtartalom %-os kifejezésénél a % értékeket a fa abszolút szárazanyagának tömegére vonatkoztatják. A fa száraznak tekinthető 6 és 12% közti nedvességtartalom esetén. Az élő fa szabad víztartalma meghaladhatja a 40%-ot is.

A fa **térfogatváltozása** a sejtfalakban lévő víz mennyiségének változásától függ, ráadásul húrirányban, ill. sugárirányban más-más mértékben.

A fa **mechanikai (szilárdsági) tulajdonságai** számos tényezőtől függenek. Valamennyi (húzó, nyomó-, nyíró stb. szilárdság) döntően függ nedvességtartalomtól. A rostokkal párhuzamos húzószilárdság lényegesen nagyobb, mint a rostokkal párhuzamos nyomószilárdság. A fa szöveti felépítése döntően befolyásolja a fa szilárdságát.

A fát a jellemző *fahibák* (görccsök, ferdeszálúság, repedések, az élek szabályossága, síkgörbeség, csavarodottság, gyantatáskák, rovarkárosodás) alapján – szemrevételezéssel *I-III. szilárdsági osztályba* sorolják.

### 7.9.3. Fahibák, fabetegségek; a faanyagok védelme, tartósítása

**Fahibának** nevezik a fatest jellemző alakjától, szöveti szerkezetétől, színétől való eltérést. A faanyag ennek következtében a feldolgozás és a felhasználás egyes eseteiben csökkent értékű. A fahiba létrejöhet a fa növekedése, kitermelése, szállítása, feldolgozása során és okozhatják biológiai károsítók (rovarok, gombák). A gombák okozta károsodásokat **fabetegségnek** is nevezik.

A **fatörzs alaki és felépítési hibái** azt eredményezik, hogy a fafeldolgozás során kedvezőtlenebb az épületfa-kinyerés mennyisége, a fűrészeléssel a rostokat kedvezőtlenül átvágják, csökken a fa teherbírása. A *sudarlósság* a törzs nagymérvű csökkenése a csúcs felé. A *tővastagodás* azt jelenti, hogy a sudarlósság a talaj feletti néhány méterrel sokkal nagyobb, mint a fatörzs többi részén. A *görbeség* azt jelenti, hogy a fa tengelye nem egyenes. A *villás növény* azt jelenti, hogy egy vezérág helyett kettő vagy több fejlődik. *Csavarodott* a fa, ha a rostok iránya nem párhuzamos a fa tengelyével.

Az *évgyűrűk felépítésének hibái* közül kiemeljük a következőket: *Ággörccsnek* nevezik a fa szövetében elhelyezkedő ágrészt. A göcs keményebb a fa szöveténél. Lehet *benőtt* (a fa szövetével egybeépülő) és *kieső*. Az ággörccs a faanyag minőségének legfőbb jellemzője, amely különösen nagy mértékben csökkenti a szakítószilárdságot. A gyantatáskák egy évgyűrűn belül keletkeznek húrirányú repedésekben, főleg hegedési szövetekben, a repedésekben összegyűlemlő gyantából. Csökkentik a fa szilárdságát, rontják megmunkálhatóságát.

A **térfogatváltozás okozta fahibák a repedések**, amelyek különböző okokból keletkezhetnek. A *bél-repedés* a bélből indul ki és sugárirányban a szíjácsig terjed. *Gyűrűrepedés* esetén a két szomszédos évgyűrű, illetve annak tavaszi pásztaja elválik egymástól. *Fagyrepedés* nagy hideg hatására bekövetkező hosszirányú repedés, mely a gombák behatolását segíti elő. *Száradási repedésről* akkor beszélünk, amikor a faanyag belső és külső részei egyenlőtlenül száradnak ki. Ez a leggyakrabban előforduló fahiba, ezért nagy a jelentősége. Nagymértékben csökkenti a faanyag szilárdságát, használhatóságát. Mértékét száraz időben lehet megítélni, mert esős időben a fa duzzad.

**Rovarok okozta fahibák.** Leggyakrabban rovarok álcái, egyes rovarfajok esetén maguk a rovarok okozzák a kárt. A rovarrágások hossza, nagysága, alakja és elhelyezkedése jellemző a kárt okozó rovarfajokra. A beépített fa tönkremenetelét is kb. felerészben rovarok okozzák. A fán rendszerint csak néhány kirepülőnyílás látható, ugyanakkor, amikor a fa felszín alatti részét a járatok már teljesen szét-roncsolták. Az aktív rovarfertőzést a nyílások alatti furatliszt árulja el.

**Növényi károsítók okozta fahibák.** A növényi károsítók két csoportját különböztetjük meg, nevezetesen a *baktériumokat* és a *farontó gombákat*. Ezek a faanyag rontásában biológiai láncot alkotnak,

ugyanis a **cellulóz-bontó baktériumok** mintegy utat készítenek a farontó gombáknak. A baktériumok a szerves anyagok lebontása által táplálkoznak levegő nélkül (*anaerob*) vagy levegő jelenlétében (*aerob*). Hatásukra a fa szivacszerű lesz.

A **farontó gombák** az élő fát nem, de az elszáradt, a ledöntött, a feldolgozott és a beépített fát egyaránt károsíthatják és *revesedést, korhadást* idéznek elő. Életfeltételeik: megfelelő nedvességtartalom, oxigéntartalom, megfelelő (24–32 °C) hőmérséklet, semleges kémhatású közeg, sötét, zárt hely. A *károsodás tünetei* szerint felületi elszíneződést, kékülést, fülledést és korhadást okozó farontó gombákat különböztetnek meg. A farontó gombáknak nagyon sok fajuk van, pl. pincegomba, könnyező házigomba, házi kéreggomba, lemezes fenyőgomba, fenyőtaplógomba, gyűrűs tölcsérgomba stb.

A *penészgombák* a fizikai, mechanikai tulajdonságait nem rontják, de esztétikailag kedvezőtlenek, elszíneződéseket okoznak. A *fülledés* a farontó gombák által előidézett élettani folyamatok és elváltozások összessége. A fülledés folyamatának több fázisa van, amelynek eredményeként a fa korhadtnak tekinthető. Fülledés akkor várható, ha a faanyag nem szellőzik. *Korhadásnak* (barnakorhadás, nedves korhadás, fehér korhadás) nevezzük a farontó gombák olyan legsúlyosabb hatását, hogy a gombák a faanyag sejtfalait lebontják. A faanyag szilárdsága gyorsan csökken, a fa törékenyvé válik, és műszaki célra már nem használható fel.

Különösen veszélyes a *könnyező házigomba*, mert már kis (5%-os) nedvességtartalom is biztosítja az életműködését, mivel életfunkciója során vizet választ ki. Veszélyes azért is, mert gombafonala még a falazatban is terjed. Az épületben minden tartó- és épületszerkezeti fát megtámad. Az ily módon megtámadott fát el kell égetni, a fal vakolatát le kell venni, lángszóróval az épületrészben lévő összes csírt el kell pusztítani.

**A faanyagok védelme, tartósítása.** Ez alatt olyan eljárásokat kell érteni, amelyek megvédik a faanyagot a rovarkártevőktől, gombáktól. A nedves fát a gombák könnyebben megtámadják. A fában megtelepedett rovarok annak szöveteit roncsolják. A faanyag védelme érdekében a fát 100–110 °C-on gőzzel, zárt térben 6–60 órán át *gőzölik*. Ez a magas hőmérséklet a fában lévő rovarokat, spórákat elpusztítja.

A fa *felületi kezelésével a gombák, rovarok* megtelepedését lehet megakadályozni. Ez a kezelés *vegyszerekkel, vagy egyszerű mázolóssal* történhet. Ezek a védőrétegek a fa belsejébe csak kismértékben hatolnak be; a később keletkező repedésekbe az élősdiék bejuthatnak. Az építőiparban különböző szerves vegyületeket, fakezelő szereket, ásványolaj származékokat használnak, amelyeket ecsettel való mázolóssal, áztatással, permetezéssel, bemelegítéssel, fűrésztéssel juttatnak a védendő fára (fába). Ismertek olyan eljárások is, ahol a védőanyagot légmentes lezárt térben nyomás alatt juttatják be a fába. A fa védelme annál hatékonyabb, minél mélyebben itatja át a faanyagot. Szabadban, vízben álló faszerkezeteket korábban köszénkátrányolaj-tartalmú szerekkel telítették, de ez ma már igen ritkán alkalmazott eljárás.

#### 7.9.4. A faanyagok tárolása

A faanyagoknál a legegyszerűbb *fizikai védelem* a fa megfelelő tárolása.

A faanyagot téglá- vagy betonpillérekre helyezett *alátétgerendákon* kell tárolni úgy, hogy a faanyag alsó síkja és a föld között legalább 40 cm légtér legyen. Az alátétgerendákról a kérget gondosan el kell távolítani, mert a fát károsító rovarok ott telepsznek meg. Az alátétgerendákat gombaölő szerrel is be kell vonni. A 15%-nál nagyobb nedvességtartalmú fák egyenletes száradásának biztosítására a vízszintes sorok közé *távolságtartó léceket* kell elhelyezni.

A faanyagot úgy kell elhelyezni, hogy az azonos szélességűek egymás fölé kerüljenek, mert így a függőleges irányú levegőmozgás is biztosítható. Az egymás fölé helyezett famáglya magassága legfeljebb 4 m lehet, szélessége 2 m legyen. A szabadban álló máglyákat az eső ellen védeni kell, a felső sort célszerűen egyik irányba esésbe rakva, hogy a csapadék a közlekedő utak felé folyjék. A lefedés lehet átfedéssel elhelyezett deszkasor is, amit ajánlatos bitumenes lemezzel lefedni.

### 7.10. MŰANYAGOK, GEOMŰANYAGOK

A **műanyagok** ma már az élet minden területén megtalálhatók, nélkülözhetetlenek. Vannak már olyan felhasználási területek is, ahol kizárólagos felhasználásúak, nem más anyagok pótlására, helyettesítésére használják.

Műanyagoknak az olyan anyagokat nevezik, amelyek óriásmolekulájú szerves vegyületekből állnak, vegyipari eljárásokkal állíthatók elő és viszonylag könnyen megmunkálhatók. A műanyagok hővel szemben kétféle módon viselkednek: egyik csoportjuk hő hatására *lágyul* (polisztirol, polietilén), a

másik pedig *keményedik* (bakelit, epoxigyanta, poliészter-gyanta). A hőre keményedő műanyagok gyártásuk után már nem lágyíthatók, csak hidegen munkálhatók meg.

A műanyagok ellenállnak savaknak, lúgoknak, mésznek, cementnek, bitumennek, így a legváltozatosabb veszélyeknek kitett helyeken is biztonságosan használhatók. Speciális ragasztókkal jól ragaszthatók, hegeszthetők.

A műanyagokat a vízepítésben, vízkárelhárításban elsősorban szigetelési, szivárgásvédelmi, erózióvédelmi feladatokhoz használják. A 0,1 mm-nél vékonyabb műanyaglemezeket fóliának nevezik, az annál vastagabbakat lemezeknek.

A fóliákat ideiglenes szerkezetként építik be, anyaguk PVC, vagy PE (polietilén). Az építmények szigetelésére alkalmazott műanyaglemezek, az azokat érő igénybevételektől függően sokfélék lehetnek, mind vegyi összetételüket, mind fizikai tulajdonságaikat illetően. Fajtánként eltérő a felületük folytonosítására szolgáló eljárás is, a ragasztástól, a közéjük tett tapadó betétszalagokon át a forró ékkel történő hegesztésig.

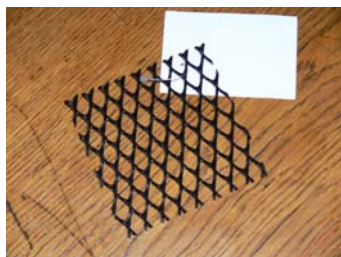
*Árvízvédelmi célokra* a 0,15 mm vastag, PE (polietilén) alapanyagból készült „agrofólia” felel meg a legjobban, amit a mezőgazdaságban a fólia-sátrak készítéséhez is használnak. Ez UV (ultraibolya) sugárzás ellen védő adalékanyaggal (korommal) készül, 60 fm hosszúságú és 4,2; 6,2; 8,5 és 12 m széles kiszerezésben.

Az 1980-as évektől a geoműanyagoknak egyre nagyobb szerepe van a vízepítésben és mélyépítésben. Alkalmazásuk jelentős változást hozott

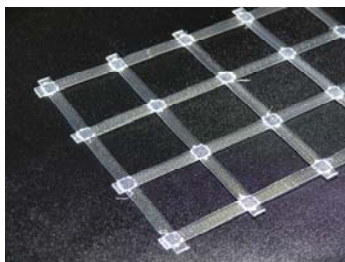
- a földművek erősítésében,
- a vízvezetésben,
- a rétegek szétválasztásában,
- a teherelosztásban,
- erózió gátlásban,
- a vízzárásban stb.

A leggyakrabban használt geoműanyagok a következők:

- **Geotextíliák.** Nemez-szerkezetű (elemi szálakból „filcesített”), valamint szövött kivitelben is készülnek. A geotextíliák alkalmasak kötött talajok szűrésére, rétegek elválasztására, a víz át-, illetve elvezetésére, erózió védelemre stb. Fontos alkalmazási területük a földművek építésével kapcsolatos, ott, ahol nem a víz mozgásának megakadályozása a cél, hanem az, hogy a vízmozgás a finom talajszemcséket ne hordja el. Itt a műanyagnak *teherelosztó* és *szűrő* szerepe van. Alkalmazzák pl. talajcsövezésnél a cső beburkolására, friss rézsűfelület erózió elleni védelmére, kőszórások alatt teherelosztásra-szűrésre, vizenyős területeken ideiglenes felvonulási út nyomvonalán a kavicsréteg, köterítés alá (a feliszapolódás megakadályozása céljából) stb.
- **Geomembránok.** (7–4. kép) Két nagy csoportjuk a vastagság függvényében: a fóliák és a lemezek. A geomembránok vízzárást biztosítanak a szivárgó vízzel szemben, a lemezeket hulladéktárolók vízszigetelésére, erózió védelemre stb. használják.
- **Geohálók.** (7–1. kép) Ezek erős rácsok, melyeket földművek erősítésére, teherelosztásra, egyenlőtlen süllyedések csökkentésére használnak.
- **Geokompozitok.** (7–3. és 7–4. kép) Alkalmazási körük a fenti előnyök ötvözéséből áll, amikor két vagy több rétegű anyagot készítenek geotextíliából, geomembránból és geohálóból.
- **Geodrének.** (7–2. kép) A konszolidáció gyorsítására és a víz elvezetésére szolgálnak. Rendszerint valamilyen vízvezető anyag, pl. cső és geotextília összedolgozásával készülnek 50-100 mm közötti névleges átmérővel, amelyeknek a fektetése gyorsabb, mint a kőagyag csöveké. A dréncsöveket tekercsben szállítják.



7–1. kép. Geohálók



7–2. kép. Geodrének



7–3. kép. Egy a sokfajta geokompozit anyag közül



7–4. kép. Geokompozit és geomembrán

A geoműanyagok szerepe már jelenleg is nélkülözhetetlen mind a vízépítésben, mind pedig az árvízvédekezésben és jelentőségük várhatóan tovább nő. A 14. fejezetben lévő fényképeken számos példát mutatunk be a geoműanyagok árvízvédelmi alkalmazására.

## 7.11. SZIGETELŐANYAGOK

A vízépítésben a *hőszigetelésnek* és a *vízszigetelésnek* van jelentősége, hangszigetelési feladatok kevésbé fordulnak elő.

A hőtechnikai méretezés, a hőszigetelés feladata fokozott jelentőségű a világ energiahelyzetében bekövetkezett változások miatt, amelyek eredményeként az energiaköltségek többszörösére nőttek. A **hőszigetelő anyagok** kisebb részben a természetben előforduló, túlnyomórészt mesterségesen előállított kevert szerkezetű, kis testsűrűségű, ill. halmazsűrűségű építőanyag-ipari termékek.

A hőszigetelő anyagok *formájuk* és *felhasználási módjuk* szerint lehetnek:

- feltöltő vagy kitöltő anyagok, amelyek üregek laza kitöltésére felhasznált szemcsés, szálalag alakú szigetelőanyagok;
- tömőanyagok, amelyek burkolattal határolt tér kitöltésére használatosak;
- hőszigetelő habarcsok;
- hőszigetelő idomok;
- hőszigetelő lemezek, paplan, matrac, tömlő stb.

A hőszigetelő anyagok felosztása *anyagösszetételük* alapján lehetnek *szervetlenek*, pl. szilikátszálalag anyagok (salakgyapot, ásványi gyapot, kőzet-, vagy bazaltgyapot, üvegyapot), duzzasztott perlit és perlittermékek, kovaföld és kovaföldtermékek stb. és *szervesek* (pl. parafa, műanyag hab stb.)

A **vízszigetelő anyagok** a nedvesség káros hatása ellen védik az építményeket. A legelterjedtebbek a **bitumenes vízszigetelő lemezek**, amelyek hagyományos hordozóanyaga a *tisztán cellulóz alapú építőipari nyerspapír lemez*. A papír korhadásra, rothadásra hajlamos, ezért a vízszigetelő lemez tartósságának növelésére számos új *hordozóanyagot* is kidolgoztak (pl. üvegfátyol, nem szőtt műanyag textíliák, műanyag- és üvegszövetek, műanyag- és fémfóliák stb.)

A tetőfedő és vízszigetelő lemezek a felhasznált hordozóanyag anyagában és minőségében, a hordozó anyagra felvitt bitumenréteg vastagságában és a felületre felvitt hintőanyagok minőségében térnek el egymástól.

Különböző műanyagokból vízszigetelő anyagokat is gyártanak; az 1 mm-nél vastagabbakat *lemeznek*, a vékonyabbakat *fóliának* nevezik (lásd a 7.10. fejezetet).

## 7.12. EGYÉB ANYAGOK

### 7.12.1. Bitumen, kátrány és aszfalt

A **bitumen** az ásványolaj lepárlása után visszamaradó fekete termoplasztikus szénhidrogénelegy (ásványolaj-bitumen), mely melegítés hatására meglágyul, majd lehűtve megszilárdul és a hozzákevert egyéb anyagokat összeragasztja. A bitument a felhasználás során az egyes technológiák által megkívánt hőmérsékletre melegítik fel. A bitumennel szemben támasztott általános követelmények:

- az útépitésben az ásványi adalékanyagot jól vonja be, ahhoz jól tapadjon; a fedéllemezekhez tartósan tapadjon, azokat egyenletesen vonja be;
- hidegben ne ridegedjék;
- a felhasználás során a felmelegítés ne rontsa a bitumen tulajdonságait;
- lassan öregedjék, azaz tulajdonságait hosszú időn át tartsa meg.

A bitumen több fajtája terjedt el a gyakorlatban:

- Útépitési és építőipari (*hagyományos*) bitumen.
- *Hígított bitumen*, amely ásványolaj-bitumen és megfelelő ásványolaj-párlat (gázolaj vagy petróleum) keveréke, amelynél a hígítás a szállítás, a keverés és a beépítés megkönnyítését szolgálja. A hígítószer a beépítés után elpárolog és az anyag hígítatlan bitumenként fejt ki ragasztó hatását. Előnye, hogy a bedolgozás során csak 60–80 °C hőmérsékletűre kell felmelegíteni.
- *Bitumenemulzió*, amely olyan diszperz rendszer, amelyben általában 60–65 súly % bitumen a 40–35% vízben finomszemcsésű cseppek alapján lebeg. Mivel a víz még a folyékony bitumennel sem elegyedik, ezért emulgeátort kevernek a vízhez (olaj- és zsírsavakat vagy azok sóit). Előnye a bitumennel szemben, hogy melegítés nélkül felhasználható. A bitumen a felhasználás után akkor kezd megkötni, amikor az emulzió a bevonandó anyaghoz érve megtörik, ami azt jelenti, hogy az emulzióból a bitumen kivált. A víz elpárolgása után összefüggő, víztaszító, többé-kevésbé olaj- és saválló a védőbevonat.

A **kátrány** a szén és a fa lepárlásakor keletkező fekete, ragadós, erősszagú folyadék. Útépités és szigetelés területén csak a feketekőszén feldolgozása során keletkező ún. *kőszénkátránynak* van – ma már egyre kisebb – jelentősége. A bitumén és a kátrányt *fekete kötőanyagoknak* is szokás nevezni.

A bitumen és a kátrány az útépitésben, vízszigetelésre, különböző építőanyagok korrózió elleni védelmére használható, de a kátrány egészségre ártalmas volta miatt újabban csak vegyipari célra használatos.

Az **aszfalt** ásványi adalékanyagokból és fekete kötőanyagból készített *pályaszerkezeti réteg*. A meleg aszfaltot útépitő bitumennel, a hideg aszfaltot hígított bitumennel, bitumenemulzióval vagy úti kátránnyal készítik. Az aszfalt összetételét tekintve a betonhoz hasonlít, csak a kötőanyaga nem cement, hanem fekete kötőanyag.

### 7.12.2. Kenőanyagok

A vízkárelhárítási munka során sokféle *gépi berendezés*, *munkagép*, *kisgép* segíti a munkát, ezekről a 9.5.–9.6. fejezet szól. Szakszerű működtetésüknek sok feltétele van, amelyek közül egyet, mégpedig a *kenésükhöz* szükséges anyagokat az anyagismeret körében kell bemutatni. A belsőégésű motorok, szivattyúk stb. tárgyalásakor szerepel a *kenési rendszerük* is. Itt azokkal az anyagokkal foglalkozunk, amelyek alkalmasak a mozgó felületek kenésére.

A **kenőanyagok** feladata a következő:

- az egymáson elmozduló felületek *súrlódásának csökkentése*;
- dugattyús gépekben a *nyomásvesztések csökkentése*;
- a súrlódásból és a működésből eredő *hő elvezetése*;
- *korrózió elleni védelem*.

A kenőanyagok lehetnek folyékonyak (pl. *olajok*) és kevésbé viszkózusak (*zsírok*); lehetnek ásványi, növényi és állati eredetűek. Az *ásványi eredetű kenőanyagokat* a kőolaj lepárlásával állítják, a *növényi eredetűeket* magvakból (pl. ricinus, repce stb.) sajtolják.

Ezek az anyagok bonyolult szerkezetű szénhidrogén vegyületek, amelyeknek egyik legfontosabb jellemzőjük a *belső súrlódás (viszkózitás)*. (Erről lásd a 4.1.2. fejezetet.) Minél nehezebben folyik egy folyadék, a viszkózitása annál nagyobb. Ez a viszkózitás függ a hőmérséklettől, így nyáron a kenéshez másféle olaj lehet szükséges, mint télen.

Az egyes olajok tulajdonságait *adalékanyagokkal* javítják. Így pl. befolyásolni lehet a dermedéspontot, a viszkózitást, az oxidációt, a habzás mértékét, a kenőképességet.

Az olaj a használatban elszennyeződik, elveszti kenőképességét, „elfárad”, ezért megadott időszakként cserélni kell. Kémiai módszerekkel megtisztítható, újra felhasználható, ezért a használt olajat össze kell gyűjteni. A *fáradt olaj veszélyes hulladék*, összegyűjtésére, tárolására, kezelésére speciális előírások vonatkoznak (lásd a 24.2.4. fejezetet).

Gondosan ügyelni kell arra, hogy egy-egy gépnél, berendezésnél csak az ahhoz előírt minőségű, összetételű olajat használják. Rendkívül érzékenyek az előírt olaj minőségére a levegő üzemmel dolgo-

zó gépek, a szádlemez- és cölöpverő és -húzógépek. Ezek levegőellátó tömlőjébe van beépítve az olajozó szelence, amelynek feltöltöttségét rendszeresen ellenőrizni kell. A gépeket olaj nélkül elindítani, vagy a szelencébe az előírttól eltérő olajat tölteni nem szabad. Minden berendezés, gép kenését a használati-karbantartási utasításnak megfelelően kell végezni.

### 7.12.3. Festékek

A **festék** a *festés* és *mázolás* alapanyaga. A vízkárelhárítási műveknél, szerkezeteknél, berendezéseknél a rendszeres festési és mázolási munkák a karbantartás részét képezik, ezért az ezekhez szükséges anyagok és tulajdonságaik ismerete elengedhetetlen. A festékeket *mázolással, szórással, bemártással* hordják fel a felületre. A festékekkel szemben támasztott *követelmények*:

- növeljék az anyagok és szerkezetek *élettartamát*;
- tegyék tetszetősebbé a bevont felületet (*esztétikai hatás*)
- könnyítsék meg a *tisztántartást*
- hívják fel a figyelmet bizonyos *veszélyekre*.

A *festékek alkotói*:

- a *kötőanyag*, amely a pigment szemcséket az alaphoz és egymáshoz köti;
- a *pigment* adja a festék színét;
- a *hígító* a felhordási technológiának megfelelő sűrűség beállítását segíti elő, majd a bedolgozás után elpárolog;
- egyéb anyagokkal (száritók, penészedésgátlók, ülepedésgátlók, világító anyagok) speciális tulajdonságokat lehet elérni.

A festékek kötőanyagának főbb típusai: *vizes, olajos kötőanyagok* és *lakkok*. A szervesen vizes kötőanyagú festékek közül a vízkárelhárításban alkalmazzák pl. a *fehérmésztejet* (pl. árvízvédelmi töltéstartozékok, sorompók, jelzőkövek stb. festésére) és a *cementtejet*. (vizes helyiségek festésére). Napjainkban egyre jobban terjed (sokféle alkalmazási célra) az ugyancsak vízbázisú diszperziós festékek, lakkok, lazúrok használata. Az olajos kötőanyagú festékeket általában a fém szerkezeti elemek, berendezések felületvédelmére használják. Az aromás szénhidrogén alapú festékek, oldószerek és hígítók használata során és azok tárolásánál a munka- és tűzvédelmi szabályokat be kell tartani! Ezek maradékai (beleértve a kiürült tároló edényzetet is) a környezetre *veszélyes hulladéknak* számítanak!

### 7.12.4. Kötelek

A **köteleket** sodrással megmunkált anyagokból készítik: *acélból, kenderből, műanyagból*. A kötél annál hajlékonyabb, minél vékonyabb szálból sodorják, de ezáltal a kopásállósága romlik. A nagyobb szilárdságú anyagból sodort kötél kisebb átmérőjű, így hajlékonyabb, de kevésbé tartós. Az **acélsodrony kötelek** számos formája ismert és alkalmazott a vízepítésben:

- az egyszer sodrott kötélben a huzalokat acélmag vagy kenderbetét körül egy vagy több rétegben sodorják; a rétegek lehetnek azonos vagy ellentétes irányban sodrottak;
- a kétszer sodrott kötélnél a huzalokból először pászmákat állítanak elő, majd ezekből sodorják a kötelet;

Ennél a fajtájú sodronykötélnél kétféle kivétel lehetséges: a huzalok sodrása és a pászma sodrása azonos, ill. ellenkező irányú; az első esetben a kötél hajlékony, de hurokképzésre hajlamos, ha teher függ rajta, az erősen forog; a második esetben – miután ellentétes a sodrás – a kötél merevebb, de kevésbé vetődik és forog;

- zárt kötelet úgy készítenek, hogy a sodrott kötélre Z alakú vagy trapéz keresztmetszetű idomhuzalból sima felületet adó külső réteget sodornak.

A sodronykötelet a korrózió, a túlságos kopás, valamint a kenderbetét rothadásának megakadályozására 4-8 hetenként meg kell tisztítani, szárítani és újból zsírozni.

A **kenderköteleket** elemi kenderszálaból készített fonal felhasználásával előállított pászmákból sodorják. A kötél 3 vagy 4 pászmából, vagy ennél többből áll. Ha a kötél 15 mm-nél nagyobb átmérőjű és 4 pászmás, akkor a közepén szálból készült bél van. Készítenek *kátrányozott* kenderkötelet is, amelynél a kötelet 12-18% fenyőkátránnyal itatják át.

A jó kötél rugalmas, fehér vagy sárgászöld színű és fényes felületű, átmetszve fényes felületű, szalonnaszerű kinézésű. Ha a kötél penész szagú, fekete foltok láthatók a felületén, az átmetszett felületen zsíros, nem rugalmas, akkor használatra alkalmatlan, könnyen szakad.



A köteleket használat után a sártól és iszaptól megtisztítva, gyűrűbe rendezve, száraz, szellős helyen felfüggesztve kell tárolni a következő használatig. A nedvesen elrakott kenderkötél gyorsan megdohosodik és elrohad.

Korszerű köteleket gyártanak **műanyagból** (*polipropilénből* – PP, *poliamidból* – PA) is. A gyártástechnológia ugyanaz, mint a kenderkötelek esetében, csak az elemi szálakat nem kenderből, hanem PP, ill. PA szálakból sodorják. Ugyanolyan átmérők esetében a PA *műanyagkötelek* nagyobb erők felvételére képesek. Kedvezőbb tulajdonságaik, egyszerűbb karbantartási feltételeik miatt a műanyagkötelek használata célszerűbb.

### 7.13. AZ ÁRVÍZ- ÉS BELVÍZVÉDELEM SPECIÁLIS ANYAGAI

**Árvízvédelmi palló.** Az építőiparban általában használatosnál szélesebb és hosszabb, jó minőségű keményfából készült palló.

**Árvízvédelmi rőzse.** A vízkárelhárítási feladatok és a folyami vízépítés során kiválóan alkalmazható anyag a rőzse. Az utóbbi időben használata ugyan visszaszorult, de a rőzsének, mint speciális árvízvédekezési anyagnak az ismerete a vízkárelhárítási szakmunkásoknak elengedhetetlen. Rőzse alatt a nedvkeringés idején levágott vesszőket, gallyakat értik. A rőzse letermelése kézi erővel, *ágvágó baltával* vagy *rőzsevágó késsel* történik. A rőzsevesszők termelésére legalkalmasabb fafajok: a fűz és a nyír.

A levágott vesszőket – ha a felhasználásukra később kerül sor – 20–30 cm átmérőjű kötegekbe kötik és 1 m-ként fűzfavesszővel vagy lágyvashuzallal átkötik. Az első kötés a tőtől 30–40 cm-re helyezkedjen el. Ha *rőzsekévé*t kell készíteni, akkor – a tőnél mérve – 5 cm-nél vékonyabb, legalább 3 m hosszú, egyenes rőzsevesszőket használnak. A kévéket három helyen kötik át, ahol az átmérőnek 30 cm-nek kell lennie. Az első kötés a kéve végétől 30 cm-re, míg az utolsó kötés a kéve vékonyabb végétől 50–100 cm-re legyen. A rőzsekolbász ugyanúgy készül, mint a kéve, de a kötések egymástól való távolsága 30–50 cm-re kell legyen. A kévébe kötött rőzsét kazlakba rakva tárolják.

A rőzse vízépítési alkalmazását a folyószabályozási munkák kapcsán a *11. fejezet*, az árvízvédekezési alkalmazását pedig a *14. fejezet* tartalmazza.

**Árvízvédelmi karó.** A vízkárelhárítási munkáknál gyakorta van szükség az ún. árvízvédelmi karóra, amellyel különféle eszközöket lehet rögzíteni (alkalmazható pl. elhabolás elleni védekezésnél rőzseláp rögzítésére, nyúlgát készítésénél stb. – lásd a *14. fejezetet*. Erre a célra tölgy, akác, cser, köris, szil, égerfa, de fűz vagy nyárfa is használható.

Az árvízvédelmi karó lehet *hengeres* vagy *hasított*, attól függően, hogy milyen nyersanyagból készítik. Hengeres karó úgy is készíthető, hogy a vastagabb végénél meghagynak egy erőteljes oldalágat, amelynek vastagsága a karó felső átmérőjének 1/3-ánál ne legyen kevesebb. Ezt az oldalágat a hossz tengelyére merőleges vágással úgy kell levágni, hogy a karó vége úgy nézzen ki, mint egy horog. Ezzel jól lehet rögzíteni pl. rőzsepaplant, de köteleket is lehet rákötni anélkül, hogy félni kellene a kötél lecsúszásától. Ezt *horgos karónak* nevezik, amelynek jellemző méretei a következők:

Megnevezés	hosszúság (cm)	élhossz (cm)	keresztmetszet (cm <sup>2</sup> )
rövid karó	100 – 110 – 120	60	10
	150	80	28
hosszú karó	200	100	44
	250	120	63
	300	140	56

Ha megfelelő vágásanyag rendelkezésre áll, célszerű ilyen kivitelű karót kitermelni. A karók elszíneződése, ággörcs 20 mm átmérőig, penészedés 50%-ban, rovarrágás, átmenő repedés a végeken 10 cm hosszúságban megengedhető. Nem engedhetők meg a fülledés, korhadás jelei.

**Árvízvédelmi (homok) zsák.** Ez a védekezési anyag (sokoldalú alkalmazási lehetőségei miatt) az árvízvédekezés során rendkívül nagy darabszámban kerül felhasználásra. Építhető belőle pl. *nyúlgát, belterületi lokalizációs töltés; ideiglenes gyalogos bejáró út; műtárgyakhoz, szilipek elzárótábláihoz ideiglenes megtámasztás, ellennyomó-medence stb.* Alkalmazható pl. *betonműtárgyak felúszás elleni leterheléséhez; a mentett oldali részü megtámasztására, részü láb leterhelésére, ideiglenes mederelzárásokhoz stb.*

A gyakorlatban (az üres, kiterített állapotban) 50×90 cm méretű zsákok bizonyultak a leginkább használhatónak, ezektől a méretektől hossz- és szélességi irányban ± 10 cm-es eltérés még elfogadható.

Anyagokra nézve a következő változatok használatosak:

- alkalmazástechnikai szempontból legkedvezőbb tulajdonságú a legalább 320 g/m<sup>2</sup> felületsűrűségű **juta-szövetből** készült, oldal- és fenékvarratos zsák. (A *juta* egyéves, kb. 3,5 m magasságú, ujjnyi vastagságú rosnövény. Indiában, Kínában és Brazíliában termesztik. A rostok kinyerése és feldogozása a kenderéhez hasonló módon történik.) Előnyei: a durva felület, (amelynek következtében az egymásra rakott homokzsákok nem csúsznak el egymáson), valamint a jó vízzáróság, (a rostok a vízben megdagadnak). Viszonylag magas ára és nehéz beszerezhetősége miatt elsősorban kényesebb munkákhoz, pl. műtárgyak biztosításához javasolt;
- a legtöbb alkalmazáshoz ma már a **PP (polipropilén) műanyag-szálból** készült, körszövött anyagú, 90 g/m<sup>2</sup> felületsűrűségű, fenékvarratos zsákot használják. Ez hazai gyártásból is nagy mennyiségben beszerezhető. Árvízvédelmi alkalmazásokhoz elsősorban az UV-sugárzás ellen védett kivitel jöhet szóba;
- egyszerű feladatokhoz, elsősorban felúszás elleni leterheléshez (szükség esetén) alkalmazható az erősfalú (legalább 0,1 mm falvastagságú) **PE (polietilén) alapanyagú fóliazsák** is. Ebből az anyagból (a felület síkossága miatt) állékony mű nem építhető!

**Konténerzsák** (hajlékony falú konténer, „Big Bag” zsák). A legutóbbi évek védekezéseinek eredményesen használták ezt az ugyancsak PP-szövetből készült szállítóeszközt. Az UV stabilizált polipropilén lágyfalú konténeret tetszőleges méretben gyártják. Legjobban a felül nyitott, 4 pontos felfüggesztésű, hevederfüles típus vált be. Az árvízvédelemben szokásos mérete: 90×90 cm alapterület, 135–160 cm magassággal. A töltésű max. 900–1000 kg. A konténerzsák tetszőleges anyaggal előre megtölthető. Alkalmos homokzsákok fel- és lerakásának meggyorsításához, de (homokkal megtöltve önmagában is) leterheléshez és elzárásokhoz. A megrakott konténer (a tömege miatt) kézi erővel nem mozgatható. A beépítése – arra alkalmas helyen – szállító járműről autódaruval, kedvezőtlen telepítési viszonyok esetén helikopter igénybevételével lehetséges. A helikopteres beépítéshez minősített szilárdságú emelőkötel is szükséges, amelyet a védekezési erőforrások országos tartalékként készletez a vízügyi szolgálat. Az alkalmazási példákat a *14. fejezetben* mutatjuk be.

**Fáklya.** A vízkárelhárítás egyik világítóeszköze. Árvízvédekezéseknél használatos, különösen a szét-szórt védekezési helyek megvilágításánál. Kb. 5 cm átmérőjű, hengeres alakú, farúdra tekert zsákvá-szonból készült, éghető anyaggal átitatott vagy beborított, a vonalmenti bejárési útvonalak éjszakai megvilágítására használt, helyi világító-eszköz. Leggyakrabban olvasztott sztearin és parafinviasz keverékébe való mártogatással állítják elő. Hossza 50 cm, (ebből az éghető rész hossza mintegy 35 cm, átmérője 5 cm). Árvízvédelmi célokra a legalább 2,5 óra égési idejű, 15 cm lángmagasságú fáklya felel meg. Könnyen tárolható, szállítható, üzembe helyezhető, szélben is üzembiztos. Fényereje közepes, ám nagyobb esőben védelmet igényel.

A vízminőségi kárelhárítás speciális anyagait a *15.6. fejezetben* mutatjuk be.