

# Millist tsementi kasutada?

Betoonisegu valmistamisel kasutatakse tänapäeval mineraalsete sideainetena peamiselt tsemente. On olemas lihtsalt tsemente, portlandtsemente, portland-põlevkivitsemente ja portland-räbutsemente. Tuntakse ka aluminaattsemente ja happekindlaid tsemente. Et otsustada, millist tsementi valida, peab teadma, millest üks või teine koosneb.

*Tekst: Lembi Raado, TTÜ professor Fotod: Aino Sepp*

**E**spool toodutele lisandub terve hulk eriomadustega tsemente, nagu sulfaadikindlad, madala eksotermiaga, kiirkivinevad jne tsemendid.

Millal ja milleks neid tsemente kasutatakse, milline on kõigi nende tüüpide ja liikide ühisosa? Kas kõik portlandtsemendid on ühesuguste omadustega ja mille poolest erineb tsement portlandtsemendist? Kas kõrgealuminaatne tsement on sama mis aluminaattsement?

Et neile küsimustele vastata, peab teadma, millest tsemendid koosnevad. See omakorda annab teada, millised võivad olla tsementide omadused ja kus saab neid kasutada.

## Savist tänapäevaste mineraalsete sideaineteni

Kõigepealt tuleb tõdeda, et ka looduses esineb konglomeraate. Näiteks kivid, kruusaterad või liiv on tsementeerunud loodusliku sideainega ja moodustavad kivimi. Iseenesest sarnaneb selline konglomeraat väliselt meile tuntud mördile või betoonile, kus täitematerjal on seotud tehissideainega.

Nagu ikka, jäljendades loodust, hakati kasutama looduslikke sideaineid ja seejärel tootma tehissideaineid. Tehissideaine ülesandeks on vee või mõne teise ainega segunedes moodustada vedel-sitke mass, mis on võimeline siduma täiteaineosakesi ja moodustama tehiskivi.

Vaadates ajaloolises järjestuses, kuidas on mineraalaineid kasutatud tehiskivi moodustajana, võime eristada mehaanilist, füüsikalist ja keemilist kivi moodustamise protsessi. Samaaegselt on liikunud ka sideainete tehnoloogia järjest keerukamate protsesside, kõrgemate temperatuuride ja rõhkude poole.



## Mehaaniline protsess

Savi on looduslikest savimineraalidest segu, mis sisaldab looduses pikaajaliselt stabiilseks muutunud hüdrosilikaate ja -aluminaate ning vähemal määral teisi mineraale. Vesi tungib saviosakeste vahele, muutes savi plastseks. Veehulga suurenedes muutub savi voolavaks suspensiooniks.

Seega võib savimassi siduvat toimet iseloomustada mehaanilisena, mis tähendab, et loodusliku savi kasutamiseks ei ole vaja teda keemiliselt lagundada, ka ei reageeri saviosakesed vee molekulidega. Kuivades kaotab savimass vee, mis ta vedelaks muutis. Müüritisel püsib savi seni, kuni sealt välja pudeneb või märjaks saades vee-ga välja pestakse. Seega saab savi puhul rääkida savimördi kuivamisest kui põhiprotsessist sedalaadi ühenduse moodustamisel.

## Füüsikaline protsess

Siin tuleb mängu õhksideaine – lubi. Lubisideaine kivinemine põhineb füüsikalisel kristallisatsioonil: üleküllastunud lubjalahusest kristalliseeruvad välja kristallid, mis moodustavad tehiskivi.

Kõigepealt tuleb looduses miljonite aastate jooksul stabiliseerunud looduslikust lubjakivist toota sideaine. Lubisideainet saadakse lubjakivide põletamisel: lagunemisprotsessi tulel on keemiliselt aktiivne ühend – kustutamata lubi CaO. Kustutamata lubja reageerimisel veega tekib kustutatud



lubi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , misjärel küllastatud lahusest kristalliseeruvad välja samad kaltsiumhüdroksiidi kristallid.

Kristallid kasvavad, põimudes üksteisega, liigne vesi aurustub ja moodustub sideainekivi. Sideainekivi reageerib õhus leiduva veeauru juuresolekul õhus esineva süsihappegaasiga ja algab pealispinnalt lubimördi karboniseerimine, mille tulemusena sideainekivi aeglaselt tiheneb ja tugevneb. Lubisideainekivi on samuti püsiv ainult kuivas keskkonnas: vesi lahustab tekkinud kristallid ja sideainekivi laguneb.

Kui lubjas on savikaid lisandeid või põletusprotsessis mittelagunenud lubjakivi, siis jäävad need moodustuvasse kivisse ballastina ja vähendavad lubja kui sideaine aktiivsust; põlemisprotsessis ülepõlenud osad võivad veega aeglaselt reageerides purustada tekkinud sideainekivi hiljem. Mis tahes muud lisandid (näiteks savimineraalid) tooraines neil tingimustel veega ei reageeri ja moodustavad ballasti.

### Füüsikalised-keemilised protsessid

Sideainete ajaloo selles etapis räägitakse hüdraulisest lubjast ja romaantsementidist. Nende tooraineks oli samuti lubjakivi, kuid suurema savimineraalide sisaldusega.

Mis toimub nüüd? Lubjakivi põletusprotsessi tuleb reguleerida nii, et kogu materjal muutuks keemiliselt aktiivseks. Temperatuuri peab tõstma kõrgemale, et laguneksid ja muutuksid reaktsioonivõimelisteks ka savimineraalid. Seega tekib uus kahte moodi kivinev sideaine.

Toimub kaltsiumhüdroksiidi kristallisatsioon ja sellele järgnev karboniseerumine – õhksideainekivi moodustumine. Samal ajal reageerivad ahjus moodustunud kaltsiumsilikaadid ja -aluminaadid veega ning tekivad erinevalt eelnevalt kirjeldatuist uued, vees halvasti lahustuvad kaltsiumhüdrosilikaadid ja -aluminaadid.

Viimast protsessi nimetatakse hüdrauliselt kivinemiseks. See protsess nõuab niisket keskkonda, selle puudumisel kivinemisprotsess katkeb.

Keemilise reaktsiooni toimumiseks on vaja aega olenevalt sideaine peenusest: mida jämedam on sideaine, seda rohkem võtab aega sideaineterade seesmiste kihtide reageerimine veega. Saadav sideaine on aeglaselt kivinev ja madala tugevusega, kuid juba kivinevult on niiskes keskkonnas suhteliselt püsiv. Mida suurem on tsemendimineraalide sisaldus sideaines, võrreldes kustutamata lubjaga, seda suuremat osatähtsust omab hüdrauline kivinemine.

Suurendades saviaine osatähtsust toorsegu ja tõstes temperatuuri ahjus veelgi, suurendame samavõrra mineraalide osa sideaines. Saame nn romaantsementi – sideaine, mille nimes on juba sõna tsement. Romaantsement on samuti nõrgalt hüdrauline, madala tugevusega sideaine. Tänapäeval kasutatakse seda suhteliselt vähe. Romaantsement on ajalooliseks vahelülis õhksideainete ja vees püsivate hüdrauliliste sideainete vahel.

### Keemilised protsessid

Tsemendid, sealhulgas portlandtsement, koosnevad hüdraulisest sideainetest, mis veega segades hüdratatsiooni tõttu tarduvad ja kivinevad – moodustunud sideainekivi säilitab oma omadused ka vees. Seega on “tsement” üldmõiste hüdraulisest sideainetele, portlandtsement aga kindlaksmääratud koostise ja iseloomustavate näitajate väärtustega tsemendi alaliik.

Nagu eespool öeldust selgub, on portlandtsemendi klinkri tootmiseks vaja, et savi ja lubjakivi lagunemisel kõrgel temperatuuril tekkivad oksiidid omavahel reageeriks. Tekivad uued, looduses mitteesinevad mineraalid. Veega reageerides moodustuvad need mineraalid tehiskivi.

Seega on tegu kvalitatiivselt uut liiki tehissideainega. On täiesti loomulik, et kui muuta protsessis tekkivaid mineraale või nende sisaldust klinkris, saadakse erinevate omadustega sideaineid. Skemaatiliselt on tsemente põhiliike kujutatud joonisel kõrvalleheküljel.

*Järgneb*