

METTIVATN Í FYLLIEFNUM FYRIR STEINSTEYPU

Vatn í fylliefnum fyrir steinsteypu hefur áhrif á eiginleika hennar, allt eftir því hversu vel það blandast við aðra hluta steinsteypunnar. Í fylliefni eru vatnsfylltar pórur sem kallast **mettivatn** og er mettivatn efni þessarar greinar. Mettivatnið er „falið“ í fylliefnum og tekur í reynd ekki þátt í að gefa steinsteypunni vinnanleika og styrk, en það gerir vatnið umfram mettivatnið, sem kallast „frítt vatn“.

Mettivatn + frítt vatn er heildarvatnsmagnið í steypunni.

Mikilvægt er að þekkja hvernig mettivatn fylliefnanna getur breyst þar sem breytingar innan venjulegra uppgefina mettivatnsgilda geta leitt afsér breytingar á heildarvatnsmagni, allt að 10-15 kg/m³, sem er töluvert magn m.t.t. vinnanleika og styrks.

Mikill munur getur verið á hversu mikið vatn bætist við, háð eðli fylliefnanna. Mikil reynsla er í að ákvarða mettivatn í venjulegum fylliefnum, eins og t.d. sjávarmöl eða muldu graníti, þannig að nothæfar upplýsingar til að reikna út vatnsmagn í steinsteypu fái fram.

Hvað er Mettivatn?

Mettivatnið í fylliefnunum er tengt ástandinu „vatnsmettaður yfirborðspurr“ (VYP) sem svarar til ástands fylliefnisins í ferskri steinsteypu. Fyrst er VYP ákvarðaður með því að vatnsmetta efnið og þar á eftir er búið svo um að aðeins pórur í fylliefninu séu alveg vatnsmettaðar, sjá síðar.

Einnig má segja að mettivatn svari til þess vatnsmagns sem getur verið í fylliefninu, þótt það virðist

þurrt. Á skýringarmynd 1 er sýnd grunnmynd af lýsingu á VYP-ástandi í fylliefnskorni. Mettivatnið er sá massi vatns sem rúmast í pórurum fylliefnisins deilt með massa af þurrum kornum, [1]. Mettivatn reiknast þar af sem:

$$\text{Mettivatn} = \frac{M_{\text{VYP}} - M_{\text{þurrt}}}{M_{\text{þurrt}}}$$

Mettivatnið skal reiknast sem hluti af fylliefninu en ekki sem hluti af raunverulegu vatnshaldi steinsteypunnar, þar sem ekki er gert ráð fyrir að mettivatnið taki þátt í efnahvarfinu á milli sements og vatns og stuðlar ekki að vinnanleika steinsteypunnar. Mettivatn er því ekki „frítt vatn“ og þess vegna á ekki að reikna það inn í hlutföll á milli vatns og sements.

Auk þess að innihalda mikið vatn eru fylliefni oft með háa vatnsmettun en þó ekki alltaf:

- Létt
- Veik
- Viðkvæm gagnvart frosti
- Hverfast við alkálí-kísil

Mettivatn í steinsteypublöndu

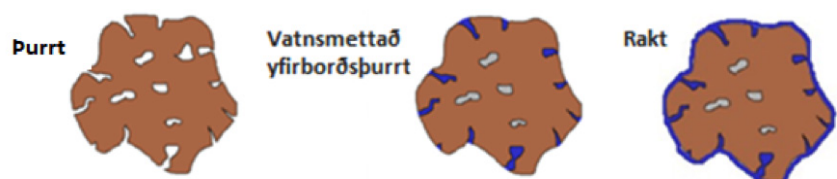
Í steinsteypuframléiðslu er daglega litið á ofnþurrt heildarmagn vatns í þeim fylliefnum sem notuð eru. Sjaldgæft er að fylliefni innihaldi nákvæmlega svo mikið vatn að það sé í VYP-ástandi: Það getur verið að fylliefnin sem verið er að nota séu mjög blaut vegna rigninga eða eftir þurr hlýndatímabil.

Með því að draga mettivatnið frá heildarmagni vatns er hægt að ákvarða hversu mikið af fríu vatni á í reynd að setja í steinsteypuna. Þetta „umframvatnsmagn“ skal því draga frá því heildarmagni vatns sem sagt er til um í steinsteypuuppskriftinni, til að fá fram þá eiginleika steinsteypunnar sem til er ætlast. Einnig getur verið að fylliefnin séu svo þurr að það sé nauðsynlegt að bæta við vatni til að bæta upp gleypnina. Í slíku tilviki skal aukamagni vatns, sem nauðsynlegt er að bæta við, bætt við uppgefið vatnsmagn í steypuuppskriftinni. Í [1] er sýnt hvernig steypuuppskrift er sett saman og vatnsmagnið sem bætist við frá fylliefnum leiðrétt.

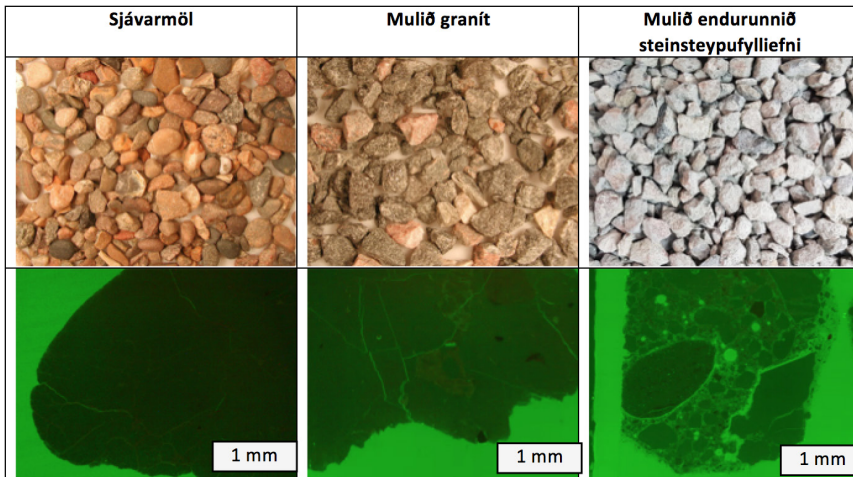
Hvar er mettivatnið?

Á skýringarmynd 2 eru sýndar myndir af sjávarmöl, muldu graníti og mulinni steinsteypu. Þar eru sýndar myndir sem teknar eru með miklum aðdrætti undir skautuðu ljósi en þannig er hægt að sjá hvernig pórurmyndunirnar í þessum efnum eru.

Eins og sést eru pórurnar í sjávarmöl og muldu graníti mjög fínar. Sjávarmöl samanstendur af ýmsum steintegundum með ólíka gleypni. Sú sjávarmöl sem sýnd er hér er með færri pórur en mulda granítið. Hluti af pórurum í mulda granítinu er sennilega vegna mölunaraðferðarinnar. Í báðum tilvikum ganga pórurnar/hárpípurnar djúpt inn í steinana á



Mynd 1: Myndræn framsetning á rakaástandi í fylliefnakorni



Mynd 2: Mismunandi fylliefni – mismikið blöðrótt

ólíkan hátt. Þar er rými til að ákveðið magn vatns geti sogast inn í pórunar/hárpípurnar.

Til samanburðar er mulin steypa heldur holóttari að gerð og vatn getur sýnilega sogast inn í miklu magni. Þó er erfitt að ganga úr skugga um fleiri samhangandi djúpar hárpípur þar sem vatn getur sogast inn í meira magni en í venjulegum fylliefnum.

Mælingaraðferðir

Mæling á mettivatni skal vera með skírskotun til DS/EN 1097-6 og er ekki alveg eins á sandi og steini:

- Sandur: Við mælingu á mettivatni í sandi eru fin korn undir 0,063 mm fjarlægð með skolun, síðan er efnid mettað vatni og þar á eftir þurrkað þar til hægt er að mynda keilu úr sandinum, án þess að hún falli saman.

- Mól: Eins og með sand eru steinarnir skolaðir til að fjarlægja korn undir 4 mm, síðan eru þeir vatnsmettaðir og þar á eftir þurrkaðir með klæði þar til yfirborðið er þurrt en pórurnar fullar af vatni.

Síðan eru efnin þurrkuð í ofni við 110 °C til að ákvarða vatnsmagnið sem er uppsafnað í pórnum. Í töflu 1 eru sýnd mettivatnsgildi fyrir fylliefni í mismunandi umhverfisflokkum.

Breytingar í mettivatni

Mettivatnsgildið fyrir fylliefni kemur fram á vörulýsingu framleiðanda og er yfirleitt ekkert sem menn mæla sjálfir. Sjá dæmi um vörulýsingu í töflu 2, þar getur verið töluverður munur á mettivatnsgildi og í sýndum dæmum, þar eru gildin fyrir brotna mól á milli 1,8% og 2,8%.

Í heildina getur verið um töluvert vatnsmagn að ræða, allt að 10-15 kg af vatni í einum rúmmeter af steinsteypu, sem fræðilega séð, ef miðað er við ystu mörk, skilar marktækri breytingu í vinnanleika og steypustyrk.

Mælt er með að fylgst sé sérlega vel með ef vikmörkin fyrir mettivatn í fylliefnunum fara yfir $\pm 0,3\%$, sem eru algeng mörk í vörulýsingum. Slíkur mismunur getur valdið breytingum

á styrkleika upp á ca. ± 2 MPa ef vatnsmettunin er ekki leiðrétt meðan verið er að blanda steinsteypuna.

Samantekt

Mettivatn í fylliefnum fyrir steinsteypu er bundið ákveðnum sveiflum og því verður að fylgjast sérlega vel með ef þau sveigjumörk, sem söluaðili fylliefnisins gefur upp í vörulýsingu, fara yfir $\pm 0,3\%$ -stig. Hvað varðar mulda steinsteypu er mettivatnið yfirleitt mjög hátt, sem getur í reynd verið röngniðurstaða, og afleiðing af mælingaraðferðinni sem notast er við. Því er lagt til að tekin sé til greina ný mælingaraðferð, byggð á stöðugri vigtnun undir háu hitastigi til að ákvarða raunhæft mettivatn. Einnig er hægt að íhuga hvort margfalda eigi þátt í mældum gildum á muldum steinsteypufylliefnum skv. mælingum með DS/EN 1097-6 til að ná fram raunhæfari mettivatnsgildum.

Lasse Frølich Kristensen,
steypuráðgjafi hjá Aalborg Portland.
Greinin var fyrst birt í Dansk Beton í
nóvember 2019, nú þýdd af Aalborg
Portland Ísland

Heimildir

[1] Beton-Bogen, 2. útgáfa, Aalborg Portland A/S, 1985

(sjá <https://www.aalborgportland.dk/vidensbase/beton-bogen/>).

(sjá <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1986/87-7944-781-3/pdf/87-7944-781-3.pdf>)

| Umhverfi | Óáreiðið | Hóflega áreiðið | Áreiðið umhverfi | Mjög áreiðið |
|----------------|----------|-----------------|------------------|--------------|
| Sandur, 0-4 mm | 0,6 | - | 0,3 | 0,3 |
| Möl, 4-8 mm | 3,0 | 2,0 | 1,0 | 0,2 |
| Möl, 8-16 mm | 3,0 | 2,0 | 1,0 | 0,2 |

Tafla 1: Hámarkgildi fyrir mettivatn miðað við umhverfisflokkna

| | Meðaltal | Lágmark | Hámark |
|--------------|----------|---------|--------|
| Mettivatn, % | 2,3 | 1,8 | 2,8 |

Tafla 2: Dæmi um upplýsingar um mettivatn í vörulýsingu fyrir 8/16 mól í steypu í óáreitnu umhverfi