

Betonilattiapäivä
Messukeskus 21.3.2018

Betonilattioiden kutistuman hallinta
DI Seppo Petrow

Betonin kutistuminen

- Kutistuminen on tilavuuden muutosta
- Kun tilavuuden muutos on estetty, syntyy voimia, jotka voivat rikkoa betonin
- Tilavuuden muutoksia syntyy useista eri syistä ja eri aikoina
- Betonissa tilavuus muuttuu:
 - Kun siitä poistuu vettä
 - Kemiallisista reaktioista
 - Lämpötilan muutoksista

Betonin tilavuuden muutosten syyt ja ajoittuminen

Plastinen ja sitoutumisvaihe (varhaisvaiheen kutistuma)

- Veden erottuminen
- Veden haihtuminen
- Kemialliset reaktiot

Kovettumisvaihe

- Lämpötilan muutokset
- Kuivumiskutistuminen
- Kemialliset reaktiot (hydrataatio)
- Muut kemialliset reaktiot (alkali-kiviaines, sulfaatit, raudoitteiden syöpyminen)

Varhaisvaiheen kutistuma - noin 1...48 h valusta

- Plastinen painuma, 0...5 mm/m
- Plastinen kutistuma, 0...5 mm/m
- Autogeeninen kutistuma
- Hydrataatiolämpö

Myöhäisvaiheen kutistuma - noin >48 h valusta

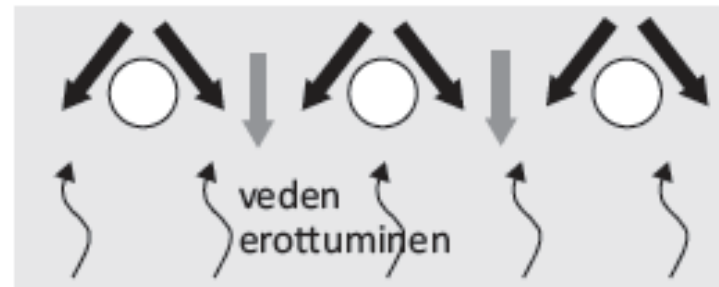
- Kuivumiskutistuma 0,5... 1,0 mm/m
- Lämpötilanmuutokset,
 $\alpha = 10... 20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Autogeeninen kutistuma, 0... 0.6 mm/m

Plastinen painuma

Syy:

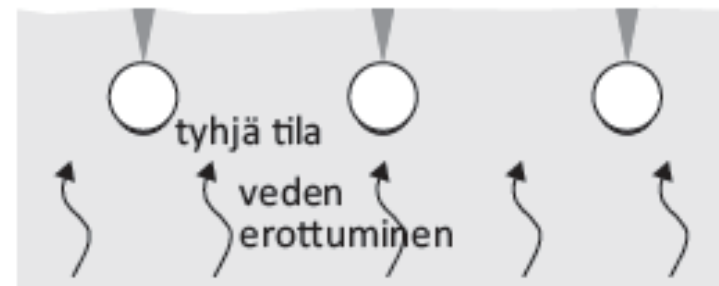
- Veden erottuminen
- Hydrataatio

a) tilanne alussa

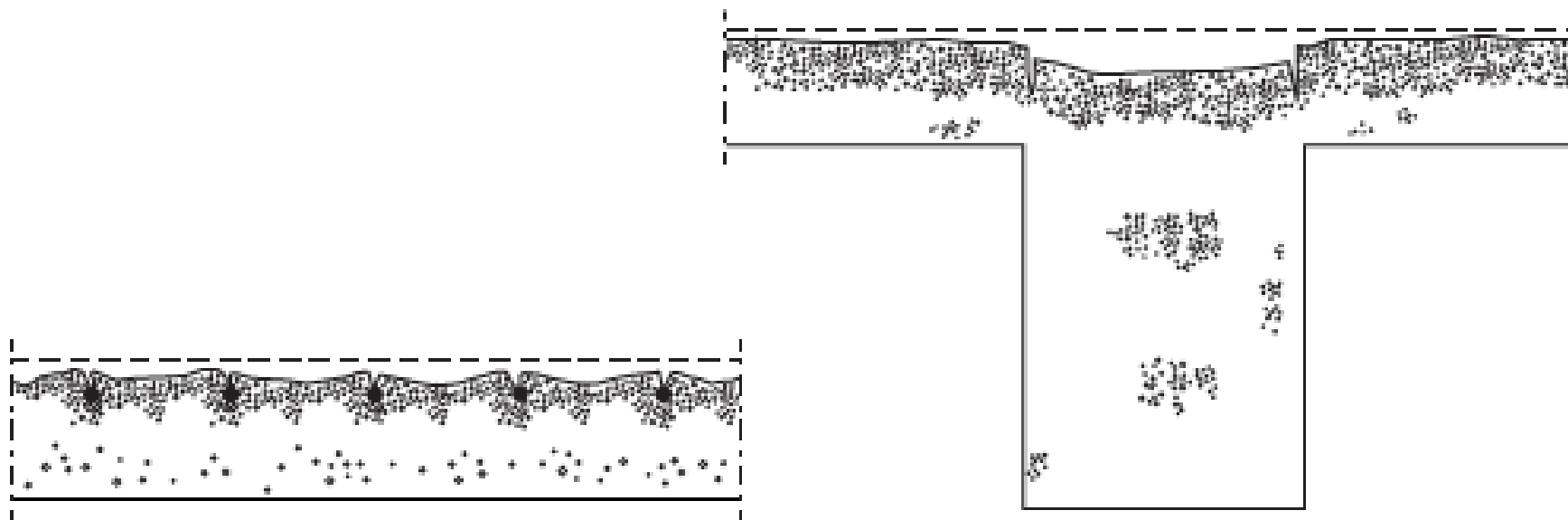


halkeama

b) muutaman tunnin kuluttua



Esimerkkejä plastisesta painumasta



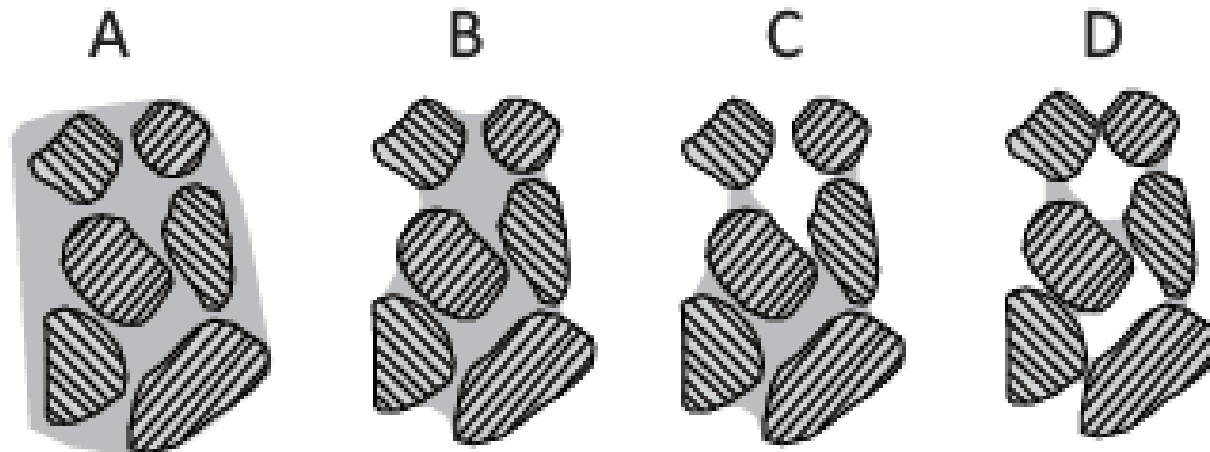
Plastisen painuman vähentäminen

- Vesimäärän rajoittaminen
- Kiviaines-sementtisuhteen kasvattaminen
- Lämpötilan kohottaminen
- Jäähtymisen estäminen

Plastinen kutistuminen

Syynä:

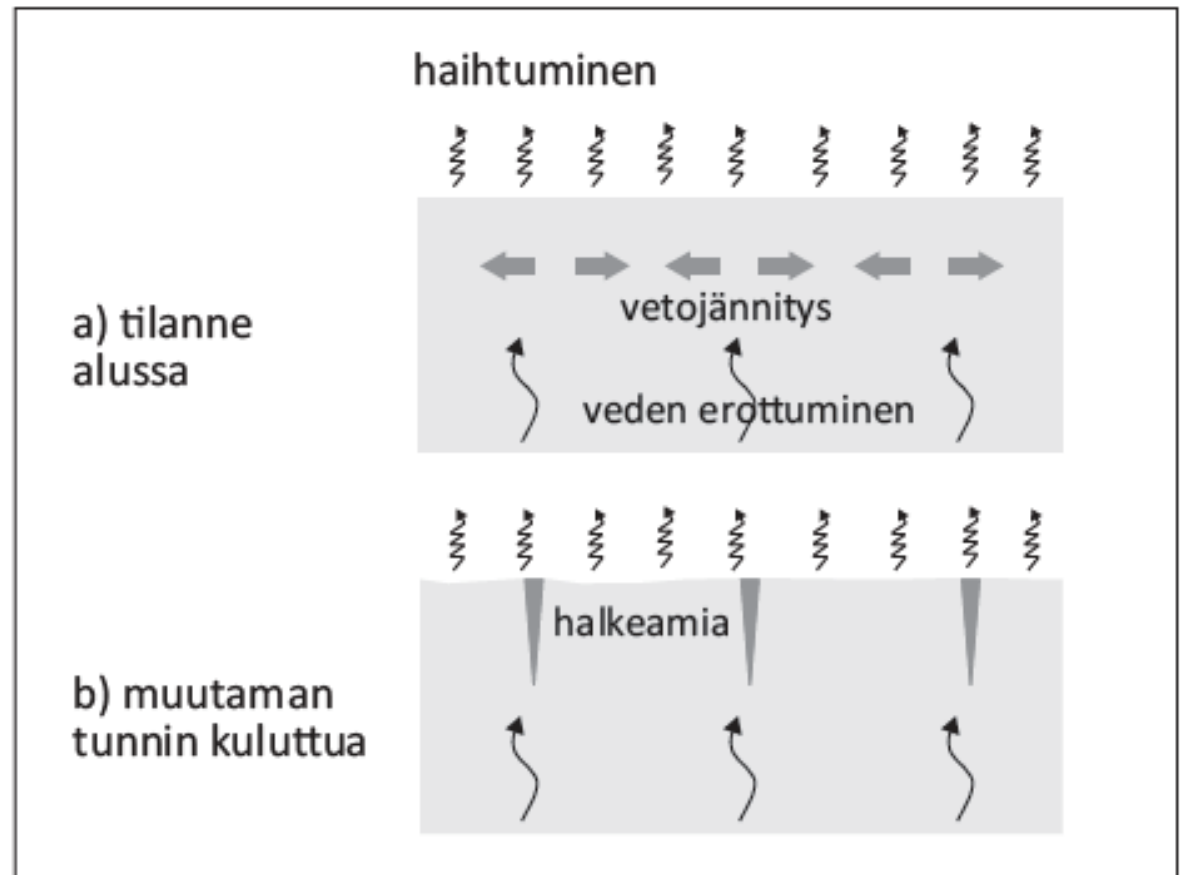
- Veden haihtuminen avoimen pinnan kautta
- Hydrataatio



Plastinen kutistuminen

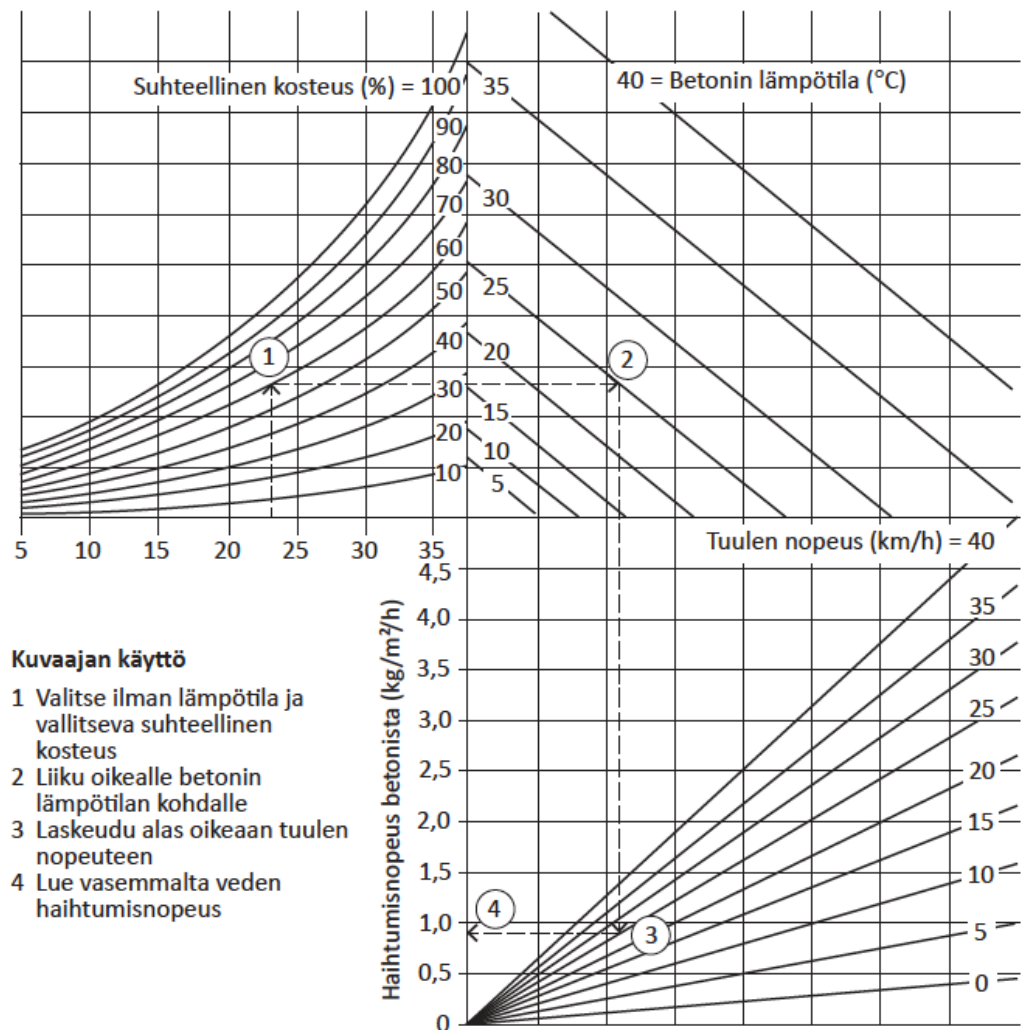
Veden haihtuminen:

- ilman kosteus
- lämpötila
- auringon säteily tai muu säteilylämpö
- ilmavirtaukset



Veden haihtumisnopeuden arviointi

Toimenpiteisiin ryhdyttävä, jos haihtumisnopeus $> 1,0 \text{ kg/m}^2/\text{h}$



Kuvaajan käyttö

- 1 Valitse ilman lämpötila ja vallitseva suhteellinen kosteus
- 2 Liiku oikealle betonin lämpötilan kohdalle
- 3 Laskeudu alas oikeaan tuulen nopeuteen
- 4 Lue vasemmalta veden haihtumisnopeus

Plastisen kutistuman ja halkeilun välttäminen:

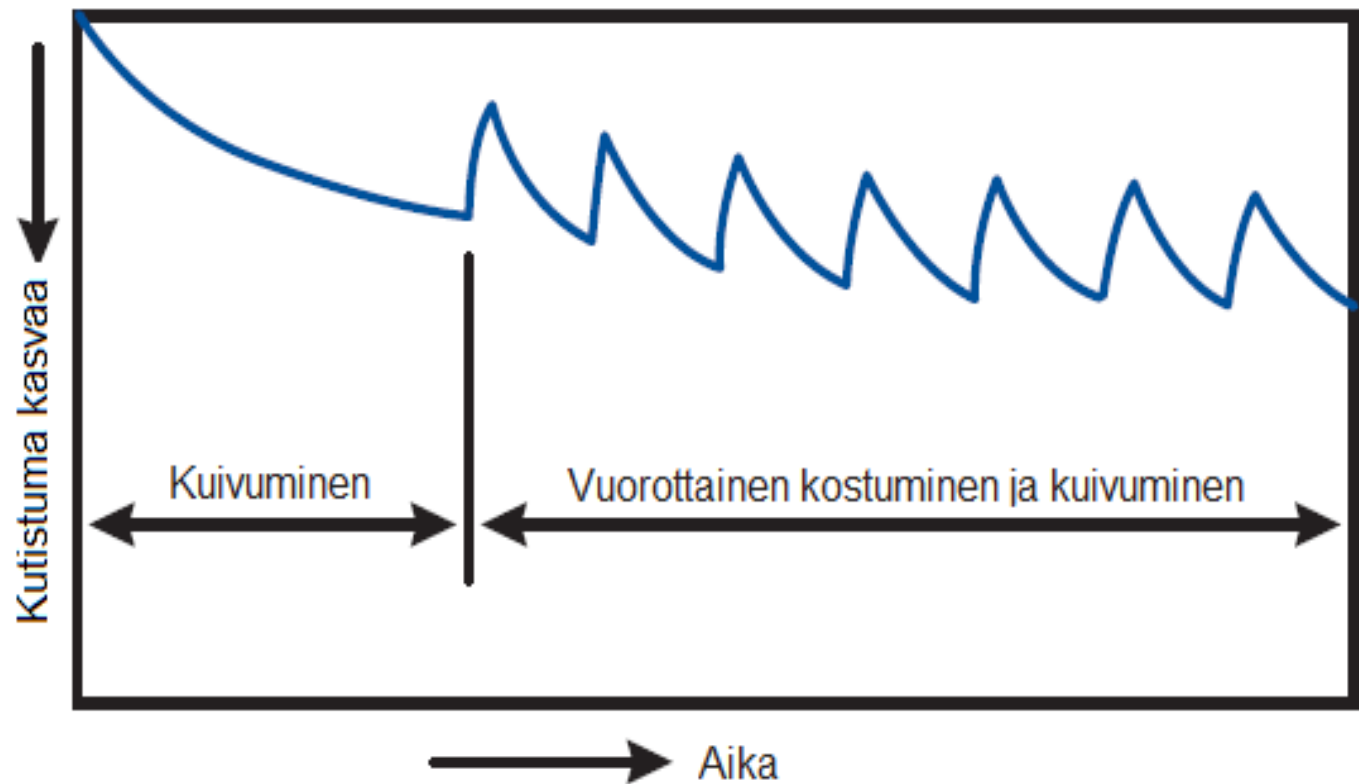
- Valetun rakenteen lämpötilan säilyttäminen ja veden haihtumisen estäminen
- Jälkihoitoaineet, pintojen peittäminen, kastelu
- Avoimilta betonipinnoilta vettä haihtuu kaikissa olosuhteissa

Autogeeninen kutistuminen

Autogeenista kutistumaa voidaan rajoittaa:

- Pitämällä sementin ja veden määrä kohtuullisena
- Vesi-sementtisuhteen rajoittaminen $> 0,45$, mikäli mahdollista
- Pitämällä kiviaineen määrä mahdollisimman suurena
- Kutistumista kompensoivat lisäaineet (SRA)
- Tehokkaalla jälkihoidolla (kastelulla).

Kuivumiskutistuma



Kuivumiskutistuminen

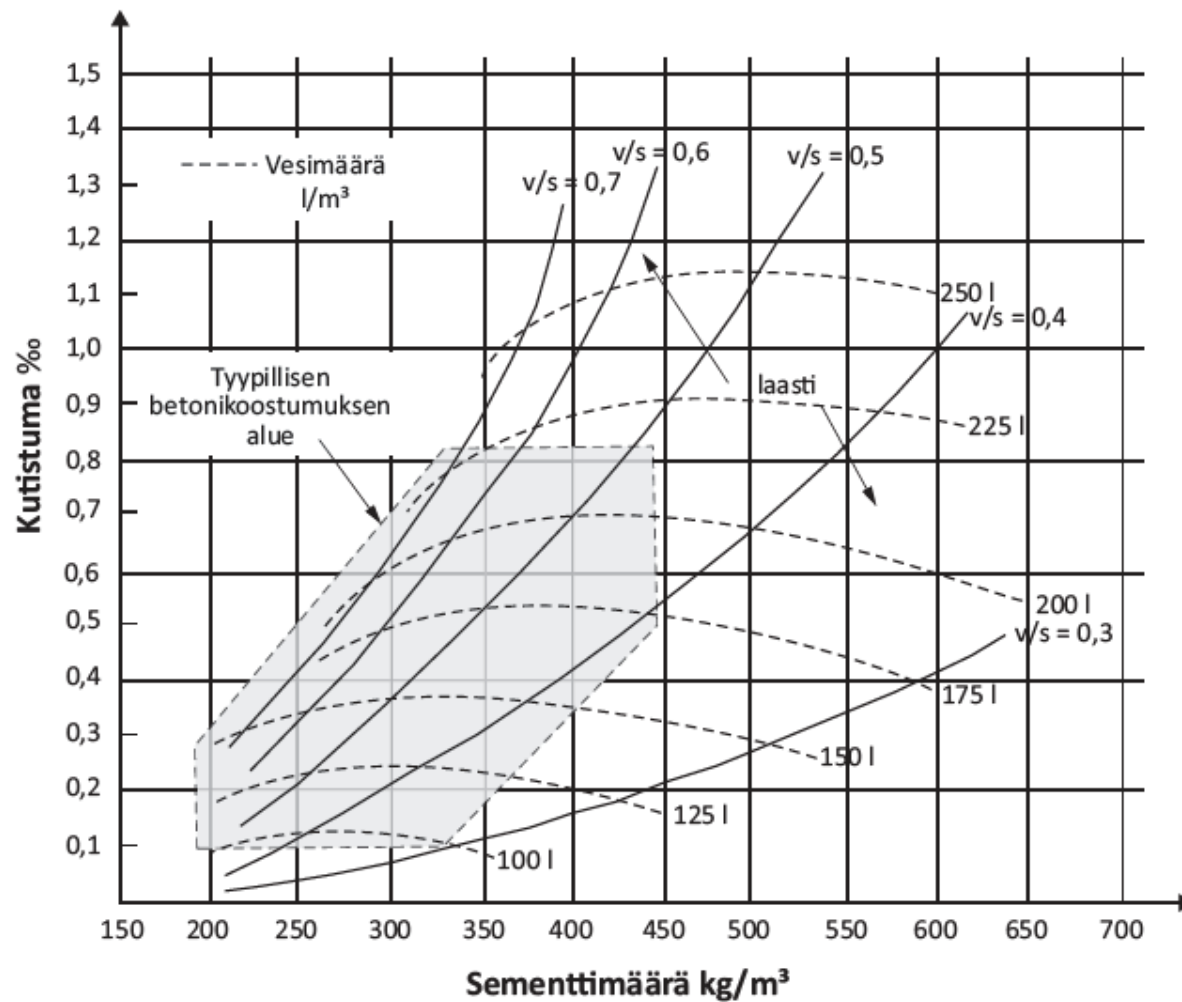
Esimerkki

- Betonissa on vettä noin 180 l/m^3 ja sementtiä 300 kg/m^3 ($w=0,60$)
- Sementin hydrataatioon tarvitaan vettä 35... 45 % sementin painosta, jolloin betoniin jää vapaata vettä noin $90... 110 \text{ l/m}^3$ (9... 11 til.-%)
- Käytännössä noin puolet vapaasta vedestä voi poistua rakenteesta ja aiheuttaa kuivumiskutistumaa.
- Jos kutistuminen voisi tapahtua vapaasti, kutistuminen olisi tällöin 3... 4 %, mikä plastisessa tilassa on mahdollista, mutta ei kovettuneessa betonissa
- Hyvälaatuisen betonin kuivumiskutistuma on noin 0,06 %
- Vedenvähennyksellä 20 % voidaan kuivumiskutistumista (potentiaalia) pienentää lähes 40 %

Kutistuminen/betonin sisältämä vesimäärä

- Johtopäätöksiä:
 - Veden poistuminen betonista plastisessa vaiheessa voi johtaa erittäin suuriin halkeamiin
 - Betonin vesimäärän kasvattaminen lisää kuivumiskutistumaa käytännössä lineaarisesti
 - Sementtimäärällä on vain vähäinen merkitys kuivumiskutistumaan, mikäli vesimäärä betonissa ei muutu
 - Betonin suhteituksessa varsin pienellä veden vähennyksellä voidaan vähentää kuivumiskutistumaa merkittävästi

Kuivumiskutistuman arviointi



Kutistumishalkeilun vähentäminen

Syiden
poistaminen

Seurausten
rajoittaminen

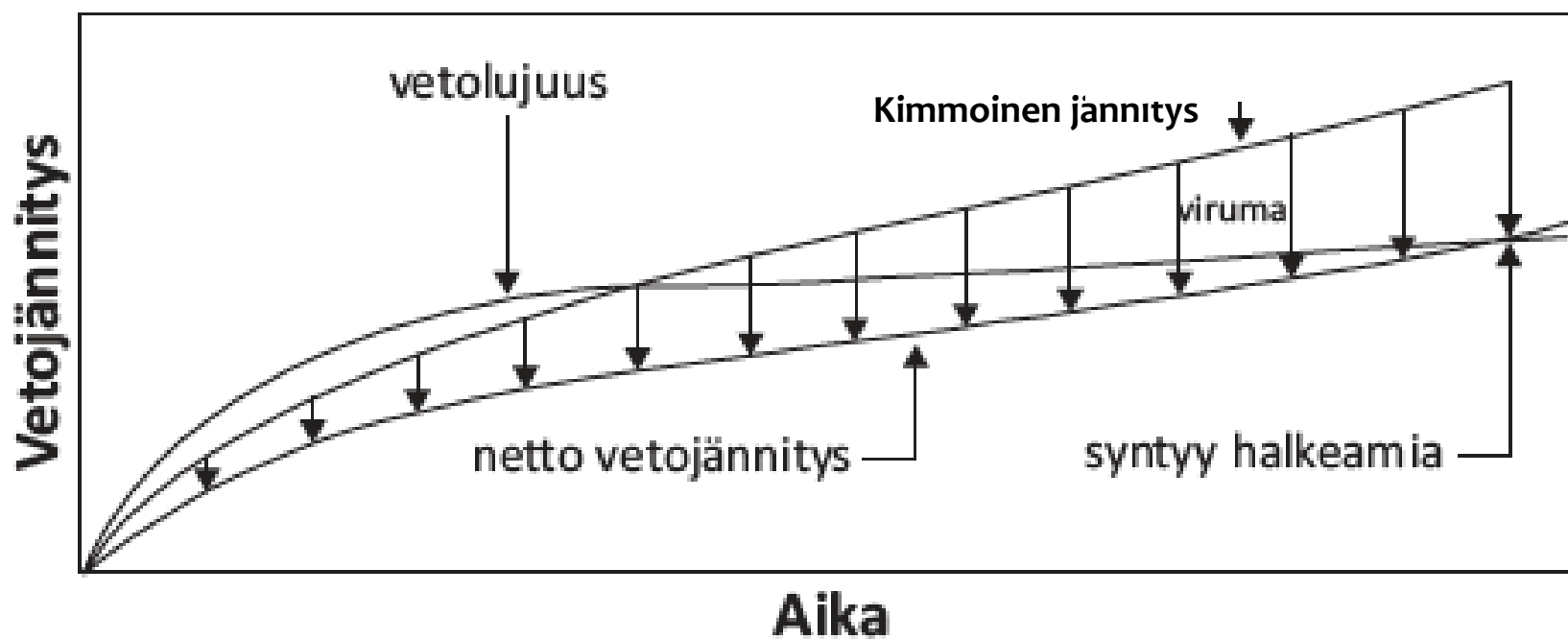
Kutistumisen
pienentäminen

Pakkovoimien
vähentäminen

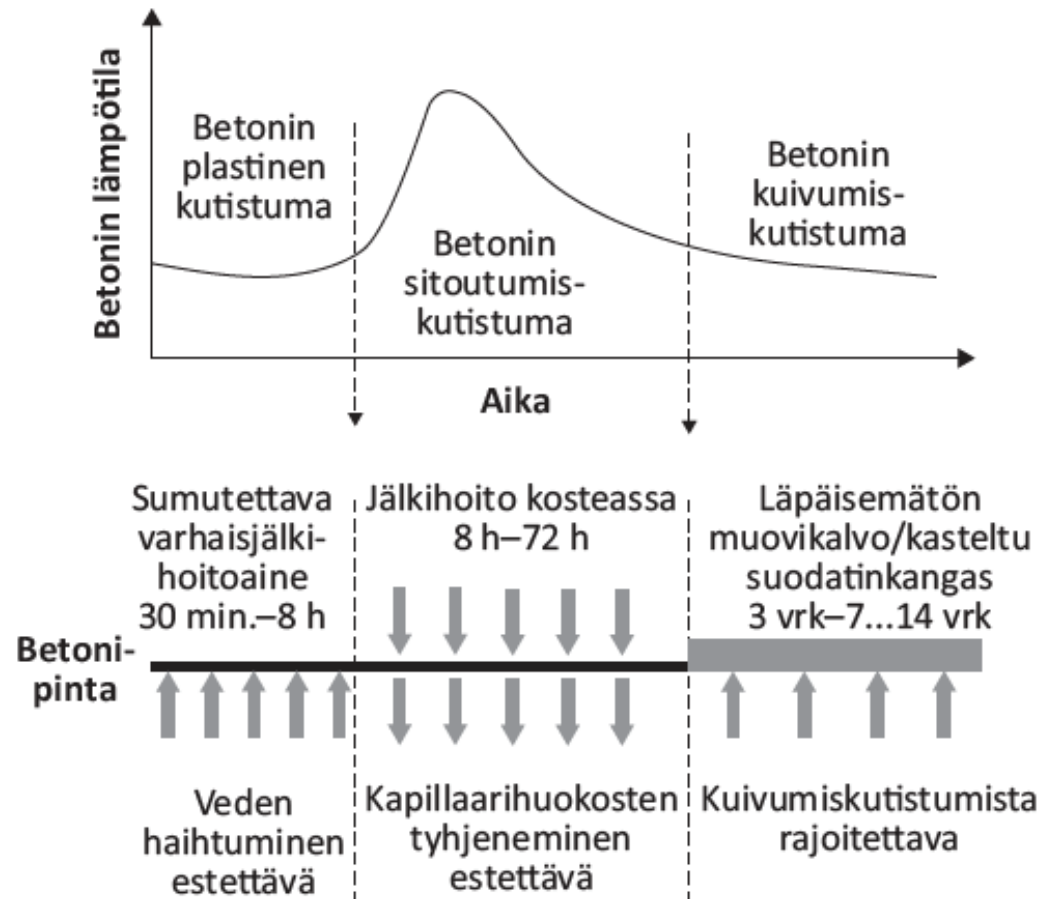
Raudoitteet

Kutistumissaumat

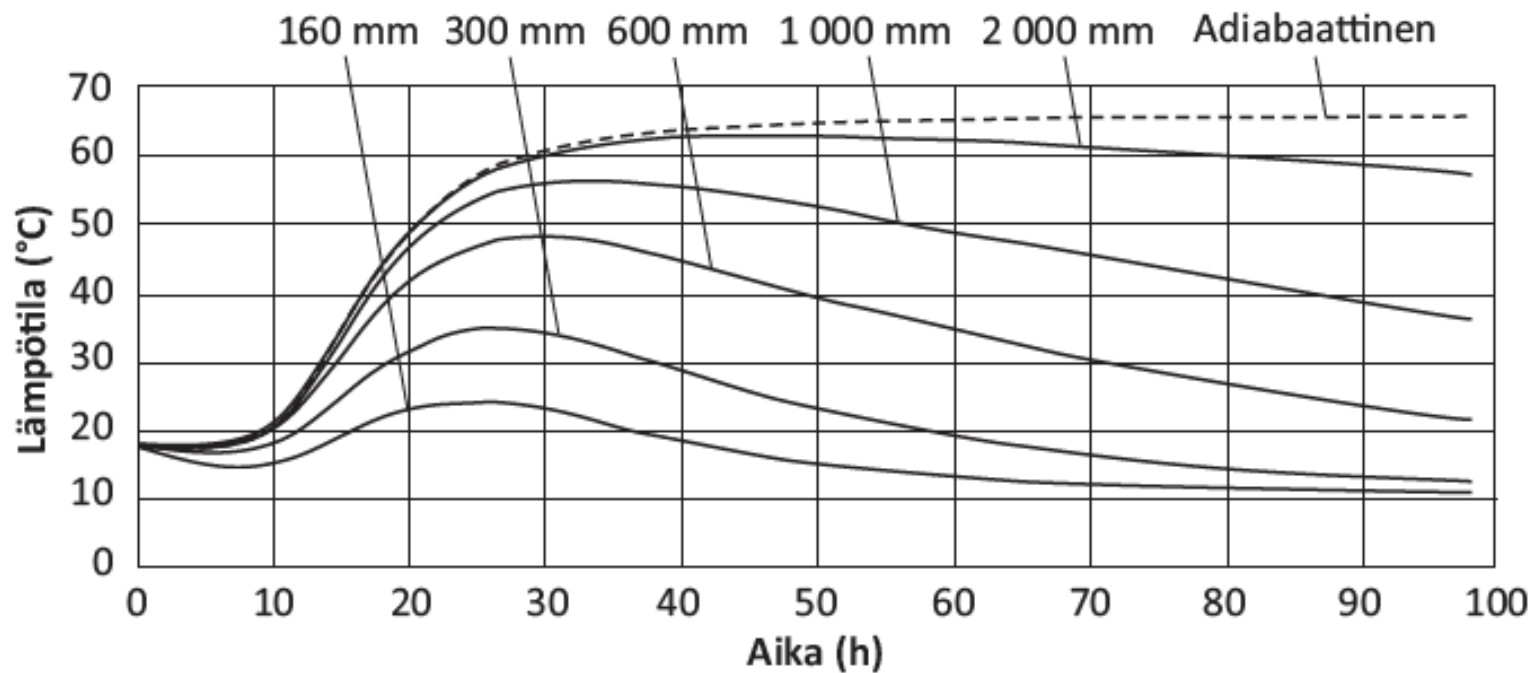
Vetoviruman vaikutus jännityksiin betonin kutistuessa



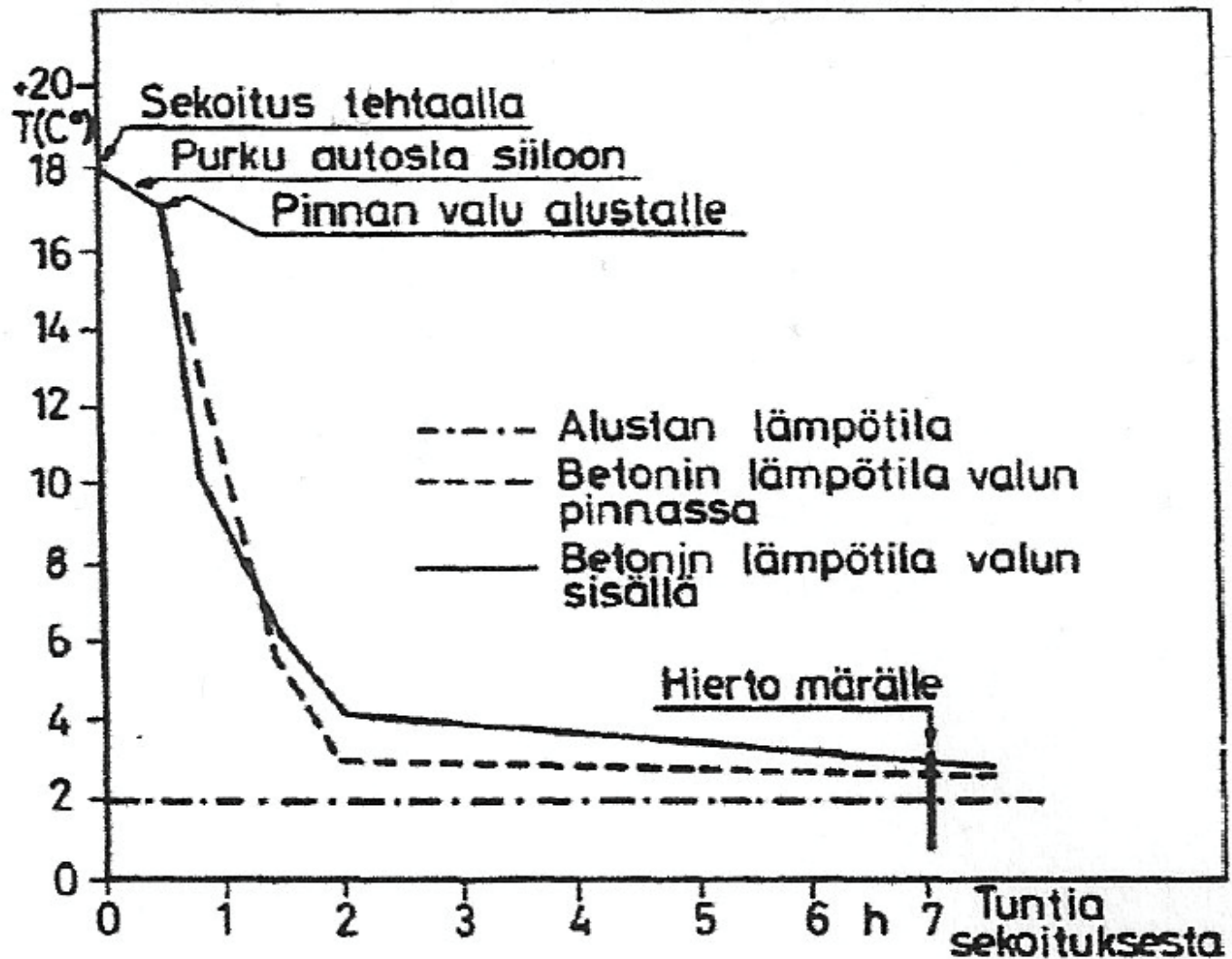
Kutistuman ja halkeilun hallinta ja jälkihoito



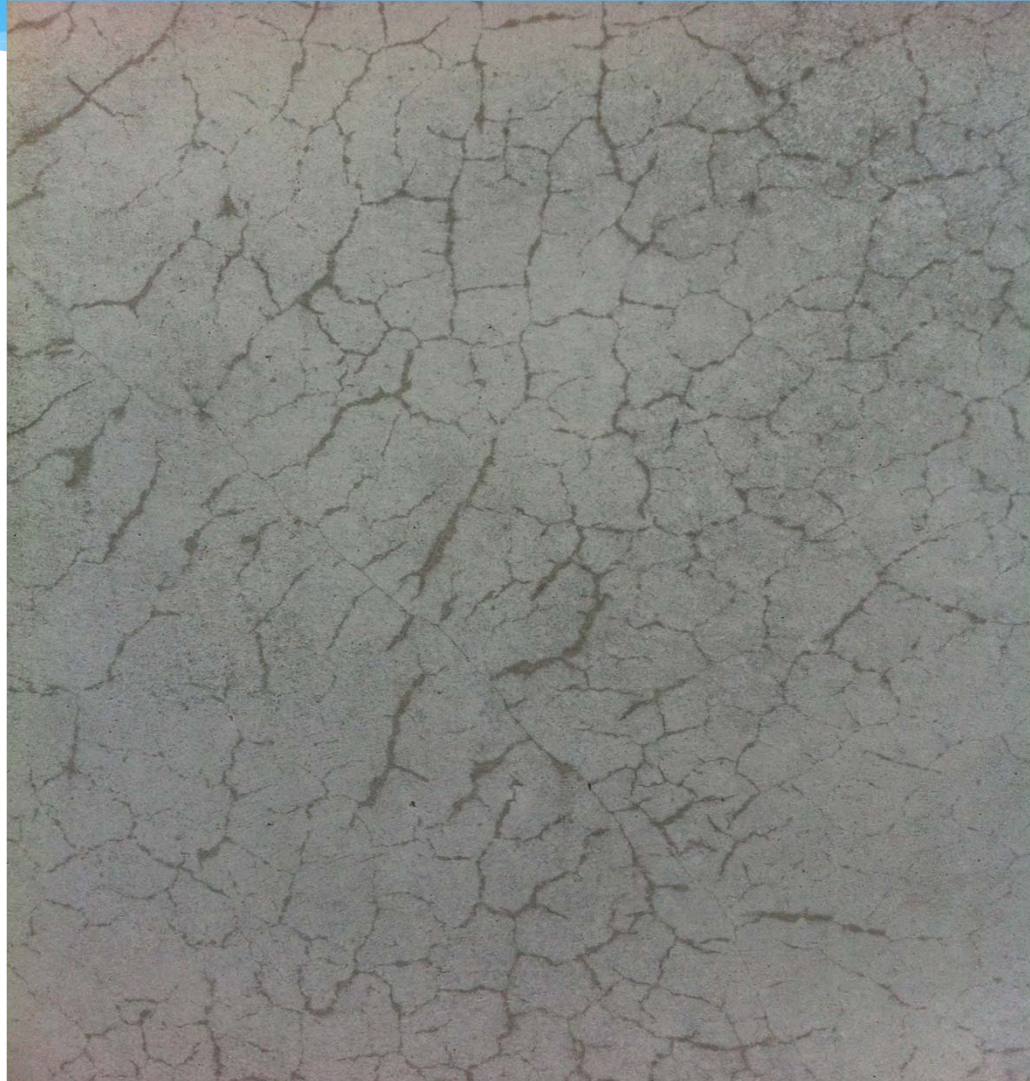
Hydrataatiolämmön kehitys rakennepaksuuden muuttuessa



Lattialaatan jäähtyminen viileissä olosuhteissa



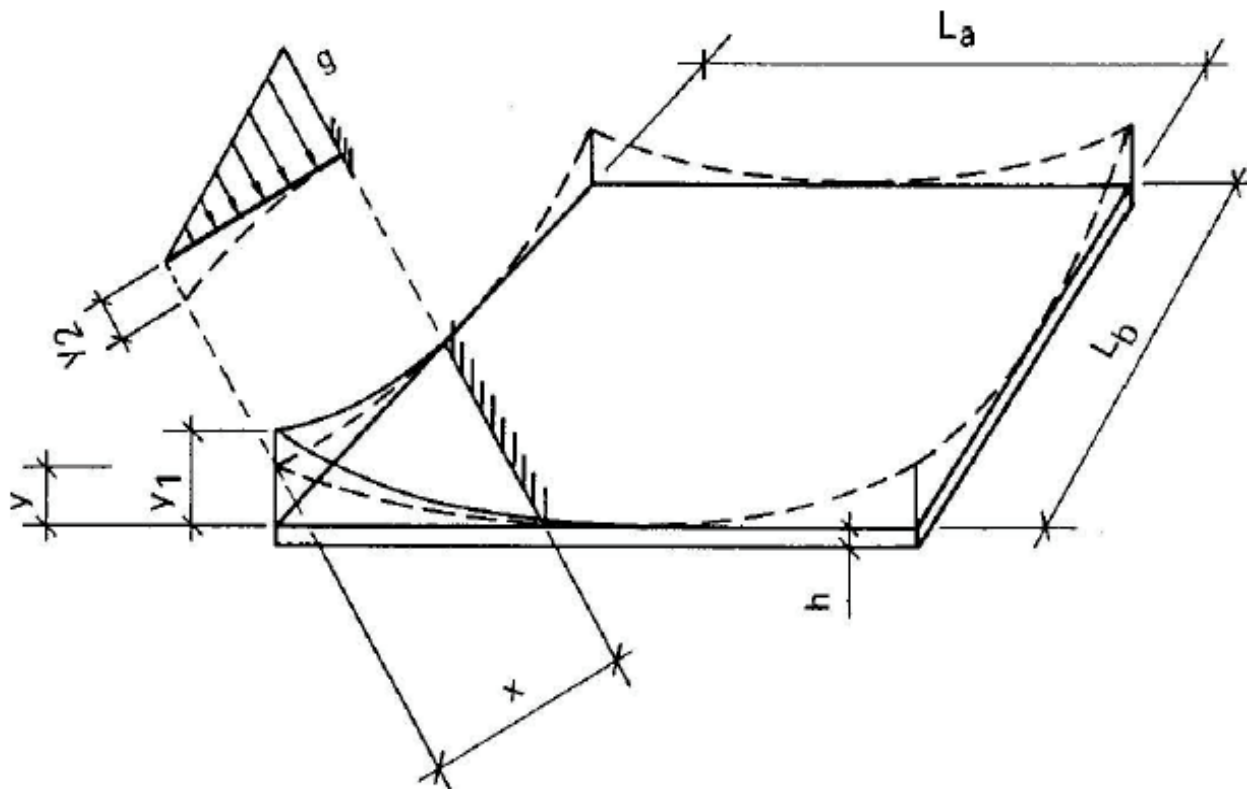
Maanvaraisen laatan verkkohalkeilua



Pysäköintihallin maanvaraisen laatan halkeilua



Kuivumiskutistumisesta johtuva laatan käyristyminen



$$y_1 = \frac{\Delta_\varepsilon (L_a^2 + L_b^2)}{8h}$$

$$y_2 = \frac{gx^4}{30E_c I_c}$$

$$y = y_1 - y_2$$

Suosituksia lattiatöihin:

- Rakennesuunnittelu (rakennepaksuudet, raudoitteet, saumat)
- Suhteitus, jossa karkean kiviaineksen osuus on yli 35 %
- Kohtuullinen sementti- ja vesimäärä, karkea sementti
- Lujuusluokka C25... C30, (vesi-sementtisuhte > 0,55)
- Korkeilla lujuusluokilla 91 vrk laadunarvosteluikä
- Vältetään suuria notkistinmääriä
- Kutistumista vähentävän lisäaineen käyttö
- Valuolosuhteet kuntoon: ei tuulta tai vetoa, lämpötila +10...+20 °C)
- Hankalissa olosuhteissa valukatos tai sääsuoja
- Hiertojen aloitus oikeaan aikaan
- Huolellinen ja riittävän pitkä jälkihoito
- Lattiaa ei saa kuormittaa liian aikaisin