

A construction site at sunset. A crane is lifting a large concrete bucket. The sun is low on the horizon, creating a warm orange glow. Silhouettes of construction workers and rebar structures are visible in the foreground.

Betoniperheet

ELI

Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen lujuuden suhteen

Betoniperheen muodostaminen

Betonin vaatimustenmukaisuuden osoittamista varten betonin valmistaja muodostaa tuotannostaan betoniperheitä. Betoniperhe koostuu perheenjäsenistä eli eri betonikoostumuksista.

- Yhdeksi perheenjäseneksi katsotaan betonikoostumus, jonka ominaisuuksia, kuten tavoitelujuutta ja -notkeutta, pyritään pitämään mahdollisimman vakiona arvostelujakson ajan.
- Betoniperheen muodostaminen tehdään tehdaskohtaisesti.



Samaan betoniperheeseen voidaan sijoittaa

betonireseptejä, joiden

- sementtilaji on sama
- kiviainekset ovat toiminnallisilta ominaisuuksiltaan samankaltaisia
- seosaine(et) on sama
- lisäaineet eivät merkittävästi vaikuta lujuuteen
- arvosteluikä on sama
- lujuusluokat eivät liiaksi poikkea toisistaan

Perhe 1 Normaalisti kovettuva rakennebetoni

Arvosteluikä 28 vuorokautta

Side aine: PLUS -sementti

Lujuusluokat C20/25 ... C50/60

Kiviaineksen ylänimellisraja 8...32 mm

Notkeusluokat S1...S4



Perhe 2 Normaalisti kovettuva IT-betoni

Arvosteluikä 28 vuorokautta

Sideaine: Rapid -sementti + lentotuhka

Lujuusluokat C30/37 ... C50/60

Kiviaineksen ylänimellisraja 8...32 mm



Perhe 3 Hitaasti kovettuva korkealujuusbetoni

Arvosteluikä 91 vuorokautta

Sideaine: Rapid -sementti + silika

Lujuusluokka C55/67

Kiviaineksen ylänimellisraja 16 mm

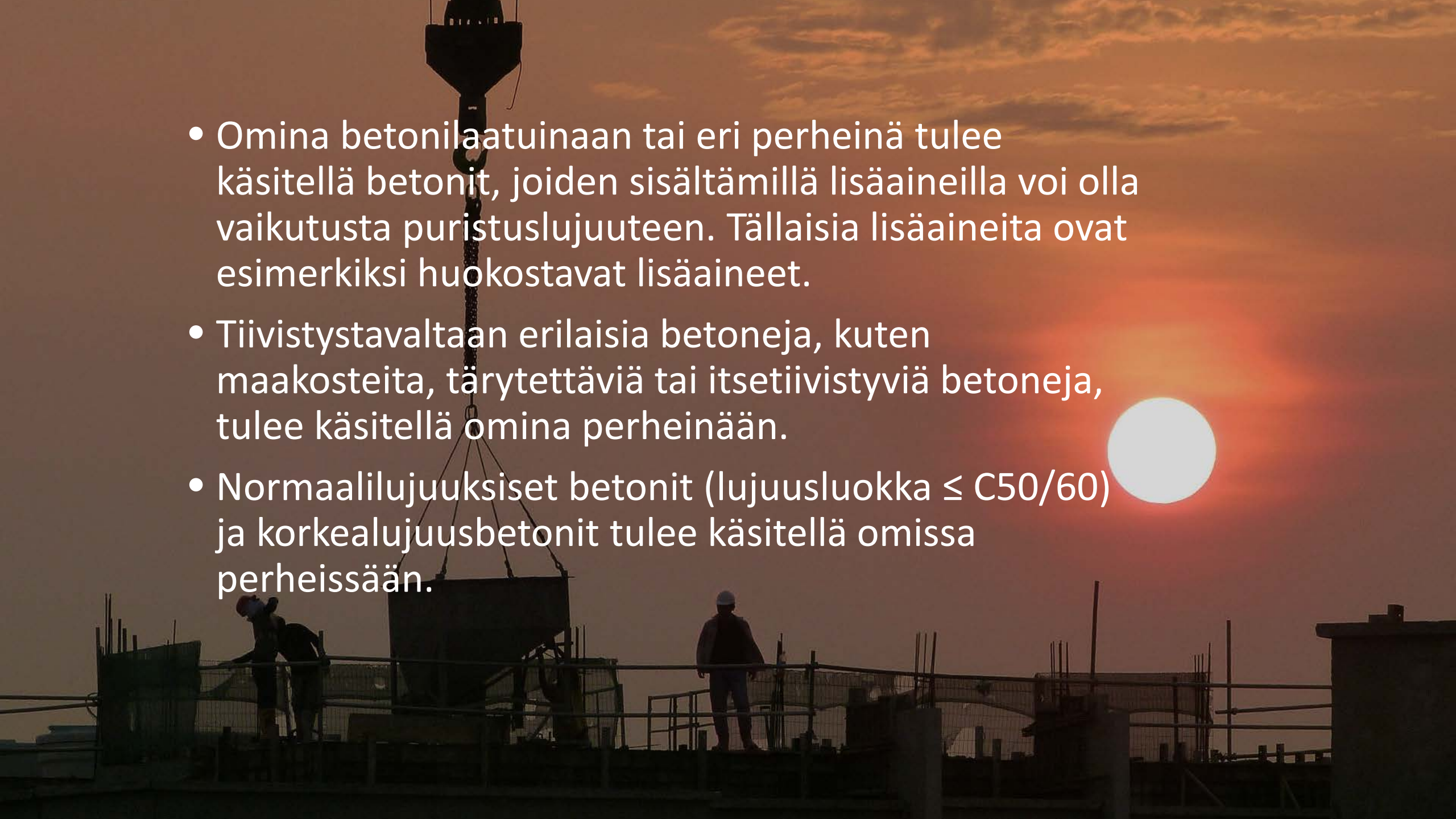
Notkeusluokka S4



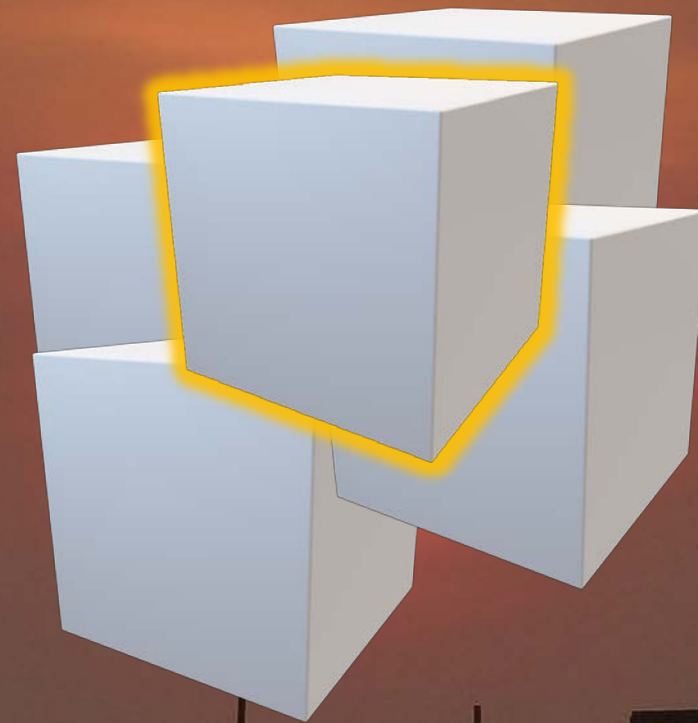
A construction site at sunset. A crane is lifting a large concrete slab. The sun is low on the horizon, creating a warm orange glow. Silhouettes of construction workers and rebar structures are visible in the foreground.

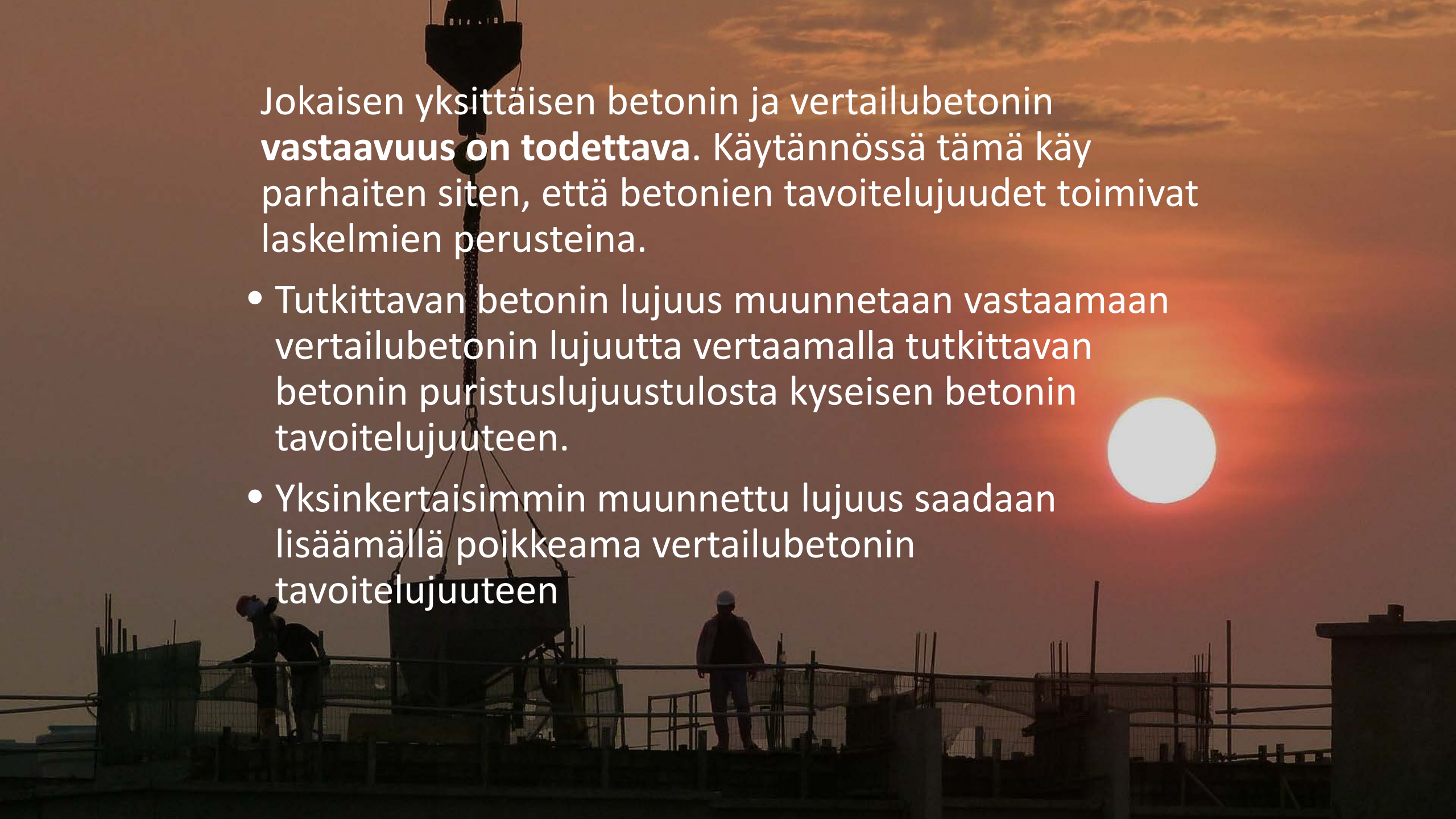
Saman perheen jäsenten tulee täyttää seuraavat ehdot:

- Sementti on tyypiltään, lujuusluokaltaan ja alkuperältään yhdenmukainen. Saman valmistajan samassa maassa eri tehtaalla valmistamia sementtejä voidaan pitää samana sementtinä, mikäli se teknisesti on perusteltua.
- Kiviainekset ovat toiminallisilta ominaisuuksiltaan samankaltaisia.
- Seosaine on sama.
- Lisäaineet eivät merkittävästi vaikuta lujuuteen.
- Arvosteluikä on sama.
- Lujuusluokat eivät liiaksi poikkea toisistaan.

- 
- A construction site at sunset. A crane is lifting a large, dark, rectangular concrete slab. The sun is a bright white circle on the right side of the sky, which is a mix of orange and red. In the foreground, several construction workers are silhouetted against the bright sky. They are standing on a concrete structure with rebar protruding. The overall scene is a dramatic, high-contrast image of a construction site during the 'golden hour' of sunset.
- Omina betonilaatuinaan tai eri perheinä tulee käsitellä betonit, joiden sisältämällä lisäaineilla voi olla vaikutusta puristuslujuuteen. Tällaisia lisäaineita ovat esimerkiksi huokostavat lisäaineet.
 - Tiivistystavaltaan erilaisia betoneja, kuten maakosteita, tärytettäviä tai itsetiivistyviä betoneja, tulee käsitellä omina perheinään.
 - Normaalilujuuksiset betonit (lujuusluokka \leq C50/60) ja korkealujuusbetonit tulee käsitellä omissa perheissään.

Ennen betoniperhekäsittelyn käyttöönottoa tai käytön laajentamista valvottavien betonilaatujen lujuusominaisuudet tulee tuntee testauksien tai aiempien tuotantotietojen perusteella siten, että saavutetaan riittävä ja tehokas laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden toteaminen. Betoniperhettä muodostettaessa perheenjäsenten joukosta valitaan vertailubetoni, jota joko valmistetaan eniten tai joka edustaa perheen keskivertoa.



A construction site at sunset. A large concrete bucket is suspended by a crane from the top center. In the foreground, several construction workers are silhouetted against the bright orange and red sky. The sun is a large, bright circle on the right side of the frame. The background shows the skeletal structure of a building under construction with rebar and formwork.

Jokaisen yksittäisen betonin ja vertailubetonin **vastaavuus on todettava**. Käytännössä tämä käy parhaiten siten, että betonien tavoitelujuudet toimivat laskelmien perusteina.

- Tutkittavan betonin lujuus muunnetaan vastaamaan vertailubetonin lujuutta vertaamalla tutkittavan betonin puristuslujuustulosta kyseisen betonin tavoitelujuuteen.
- Yksinkertaisesti muunnettu lujuus saadaan lisäämällä poikkeama vertailubetonin tavoitelujuuteen

Näytteenotto- ja testaussuunnitelma

Näytteenotto- ja testaussuunnitelma sekä betoniperheiden ja yksittäisten jäsenten vaatimustenmukaisuuden ehdot laaditaan erikseen valmistuksen alkuvaiheelle ja jatkuvalla valmistukselle.

- Valmistuksen alkuvaihe päättyy ja jatkuva valmistus alkaa, kun käytettävissä on vähintään 35 testaustulosta enintään 12 kuukauden ajalta.



Vaatimuksenmukaisuuden arvioinnissa käytetään aina 150 mm:n kuutiotuloksia.

- Jos tulokset on saatu käyttäen halkaisijaltaan 150 mm:n ja korkeudeltaan 300 mm:n lieriökoekappaleita, ne tulee muuntaa vastaamaan 150 mm:n kuutiotulosta Betoninormien by 65 taulukon 5.1 mukaisesti.
- Käytettäessä 100 mm:n kuutiota tulos muunnetaan vastaamaan 150 mm:n kuutiolujuutta jakamalla tulos kertoimella 1,03.



Taulukko 5.2. Tarkastetun valmistuksen näytteiden vähimmäismäärä vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa.

Valmistus	Näytteiden vähimmäismäärä	
	Valmistuksen ensimmäiset 50 m ³	Sen jälkeen ^(a) , kun on valmistettu ensimmäiset 50 m ³
Alkuvaihe (kunnes on saatu vähintään 35 testaustulosta)	3 näytettä	1 näyte / 200 m ³ tai 1 näyte / 3 tuotantopäivää
Jatkuva ^(b) (kun käytettävissä on vähintään 35 testaustulosta)		1 näyte / 400 m ³ tai 1 näyte / 5 tuotantopäivää ^(c) tai 1 näyte / kalenterikuukausi

a) Näytteenotto on kohdistettava koko valmistukseen. Näytteiden määrän ei tarvitse kuitenkaan olla suurempi kuin 1 näyte 25 m³:ä kohden.

b) Jos arviointijakson viimeisen 15 tai useamman testaustuloksen keskihajonta ylittää taulukon 5.4 mukaisen s_n :n ylärajat, näytteiden lukumäärää on lisättävä vastaamaan tuotannon alkuvaiheen näytteiden lukumäärää, kunnes on saatu seuraavat 35 testaustulosta.

Vaatimustenmukaisuus arvioidaan kuitenkin edelleen jatkuvan valmistuksen ehdoilla.

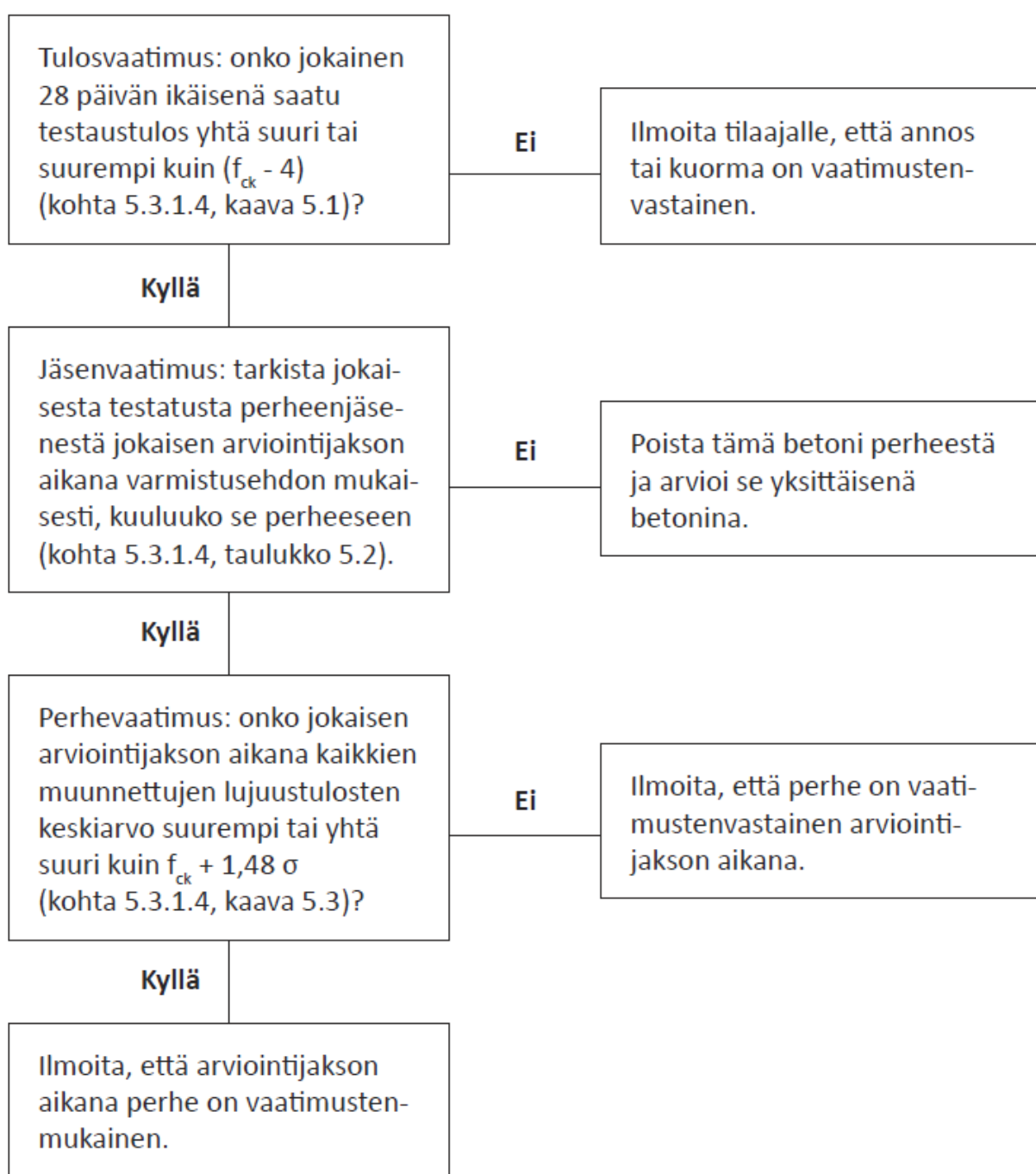
c) Tai jos 7 perättäisen kalenteripäivän aikana on yli 5 tuotantopäivää, kerran kalenteriviikossa.

Tulosvaatimus

Jäsenvaatimus

Perhevaatimus

f_{ck} = nimellislujuus (esim C30/37)



Kuva 5.1. Betoniperheen jäsenten ja vaatimustenmukaisuuden arviointi.

Tulosvaatimus

Jokaisen yksittäisen testaustuloksen f_{ci} on täytettävä seuraava ehto (**tulosvaatimus**):

$$f_{ci} \geq (f_{ck} - 4) \text{ MN/m}^2$$

missä

f_{ci} on yksittäinen puristuslujuustulos

f_{ck} on kyseisen betonin nimellislujuus (kuutiolujuus tai lieriölujuuus).

Vaatimuksen täytymistä on valvottava myös jakson aikana ja mahdollisissa alitustapauksissa on ryhdyttävä välittömästi tarpeellisiin toimenpiteisiin.

Perhevaatimus (alkuvaiheen)

$$f_{cm} \geq (f_{ck} + 4) \text{ MN/m}^2 \quad (5.2)$$

missä f_{cm} on kolmen peräkkäisen muunnetun puristuslujuustuloksen keskiarvo
 f_{ck} on kyseisen betonin nimellislujuus.

Kolmen koekappaleen ei-liukuvat ryhmät muodostetaan seuraavasti:

- ryhmä 1 (koekappaleet 1, 2 ja 3)
- ryhmä 2 (koekappaleet 4, 5 ja 6)
- ryhmä 3 (koekappaleet 7, 8 ja 9).

Perhevaatimus (jatkuvan valmistuksen)

Jatkuvan valmistuksen näytteenottotaajuuteen sekä vaatimuksenmukaisuuden arviointiin voidaan siirtyä, kun jatkuvan valmistuksen ehdot on saavutettu, eli kun perheestä on saatu 12 kuukauden aikana vähintään 35 puristuslujuustulosta.

Vaatimustenmukaisuuden arviointi perustuu arviointijakson aikana saatuihin testaustuloksiin. Arviointijakson pituus määrätään siten, että arviointijaksoon tulee vähintään 15 ja korkeintaan 35 tulosta korkeintaan 6 kuukauden aikana.

Arviointijaksolla betoniperheen muunnettujen lujuuksien keskiarvon on täytettävä seuraava ehto (**perhevaatimus**):

$$f_{cm} \geq (f_{ck} + 1,48 \sigma) \text{ MN/m}^2 \quad (5.3)$$

Keskihajonta σ lasketaan kaavasta

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n}} \quad (5.4)$$

missä f_{ci} on yksittäinen koetulos
 f_{cm} on arvostelujakson aikana saatujen koetulosten keskiarvo
 n on 35.

Jäsenvaatimus

Jokaisen yksittäisen betoniperheenjäsenen kuuluminen betoniperheeseen varmistetaan erikseen siten, että yksittäisen perheenjäsenen kaikkien muuntamattomien testaustuloksien keskiarvoa (f_{cm}) verrataan puristuslujuusehtoon (jäsenvaatimus, taulukko 5.3. by 65). Perheestä poistetaan betoni, joka ei täytä tätä ehtoa.

Poistetun betonin vaatimustenmukaisuus arvioidaan erikseen käyttäen valmistuksen alkuvaiheen vaatimustenmukaisuuden ehtoja. Poistettujen betonien liittäminen takaisin betoniperheeseen on sallittua vasta sen jälkeen, kun poistetun betonin ja vertailubetonin koostumusten välinen luotettava yhteys on osoitettu



Jäsenvaatimus

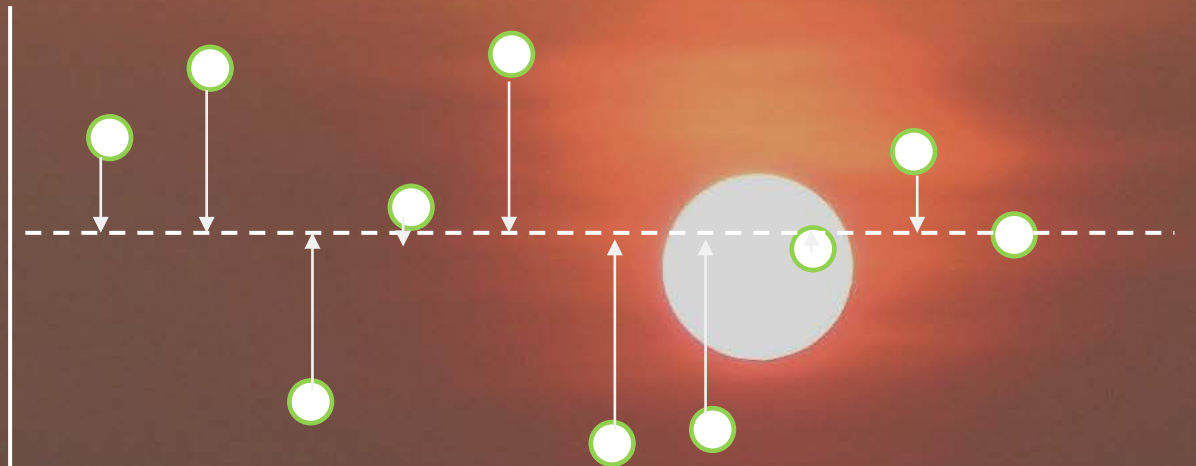
Puristuslujuuden testaustulosten lukumäärä n [kpl] yksittäiselle perheenjäsenelle	n tuloksen keskiarvo (f_{cm}) yksittäiselle perheenjäsenelle MN/m ²
1	$\geq f_{ck} - 4,0$
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$
7...9	$\geq f_{ck} + 3,5$
10...12	$\geq f_{ck} + 4,0$
13, 14	$\geq f_{ck} + 4,5$
$n \geq 15$	$\geq f_{ck} + 1,48 s_n$

Valmistuksen alkuvaiheen päätyessä perheen muunnettujen tulosten *keskihajonta* (σ) lasketaan ensimmäistä arviointijaksoa edeltävistä viimeisimmistä vähintään 35 peräkkäisestä testaustuloksesta, jotka on otettu yli kolmen kuukauden jaksolla.

Kun jatkuva valmistus alkaa, tätä keskihajontaa käytetään vaatimustenmukaisuuden tarkistamisessa ensimmäisellä arviointijaksolla.

Arviointijaksojen päätyessä tarkistetaan, onko keskihajonta muuttunut merkitsevästi käyttäen taulukossa 5.4 esitettyjä raja-arvoja:

- Jos keskihajonta ei ole muuttunut merkitsevästi, samaa keskihajontaa käytetään seuraavalla arviointijaksolla.
- Jos keskihajonta on muuttunut merkitsevästi, lasketaan uusi keskihajonta uusimmista 35 peräkkäisestä tuloksesta ja tätä keskihajontaa käytetään seuraavalla arviointijaksolla.



Taulukko 5.4. Ehto, jolla tarkistetaan, onko keskihajonta jakson aikana muuttunut merkittävästi.

Perheestä arviointijakson aikana saatujen testaustulosten lukumäärä n [kpl]	s_n :n raja-arvot
15...19	$0,63 \sigma \leq s_n \leq 1,37 \sigma$
20...24	$0,68 \sigma \leq s_n \leq 1,31 \sigma$
25...29	$0,72 \sigma \leq s_n \leq 1,28 \sigma$
30...34	$0,74 \sigma \leq s_n \leq 1,26 \sigma$
≥ 35	$0,76 \sigma \leq s_n \leq 1,24 \sigma$