

Betoninormit BY65:  
Vaatimukset ja  
vaatimuksenmukaisuuden  
osoittaminen muun kuin  
lujuuden suhteen

Johanna Tikkanen, Suomen Betoniyhdistys ry

The logo for SFS (Suomen Standardisoimisliitto) is displayed in a bold, dark blue, sans-serif font. It is positioned in the upper left quadrant of the page, with a light blue geometric graphic element partially visible to its left.

Suomen Standardisoimisliitto

## **SFS 7022:2019**

### **Betoni. Standardin SFS-EN 206 käyttö Suomessa**

Concrete. Application of standard  
SFS-EN 206 in Finland

# Toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvat suunnittelumenetelmät:

## XS- ja XD-luokat

Taulukoissa esitetyistä vesi-sementtisuhde-vaatimuksista sekä betonipeitevaatimuksista voidaan poiketa käyttämällä liitteen 3 taulukossa 24 esitettyä vesi-sementtisuhteen ja betonipeitepaksuuden välistä yhteyttä.

Ehdotetaan myös betonipeitteen paksuntamista ja vesi-sementtisuhteen nostamista.

Taulukko L3.24. Suurin vesi-sementtisuhde ja pienin betonipeitteen vähimmäisarvo XS- ja XD-rasitusluokissa. Taulukon arvot koskevat tavanomaista raudoitusta. Korroosioherkän raudoituksen tapauksessa betonipeitteen vähimmäisarvoon lisätään 10 mm.

Rasitusluokka	v/s-suhde	Betonipeitteen vähimmäisarvo (mm)	
		Käyttöikä	
		50 v	100 v
XD1	0,55	30	40
	0,50	25	35
	0,45	20	30
	0,40	15	25
XD2	0,55	35	45
	0,50	30	40
	0,45	25	35
	0,40	20	30
XD3	0,50	45	55
	0,45	40	50
	0,40	35	45
	0,35	30	40
XS1	0,50	30	40
	0,45	25	35
	0,40	20	30
	0,50	40	50
XS2	0,45	35	45
	0,40	30	40
	0,35	25	35
	0,50	45	55
XS3	0,45	40	50
	0,40	35	45

# F-luku

Mahdollistaa luokissa XF1 ja XF3 poikkeamisen edellisten taulukoiden ilmamäärä- tai w/c –vaatimuksista!

- Vesi-sementtisuhteen, ilmamäärän ja raekoon funktiona

	F-luvun vähimmäisarvo	
	XF1	XF3
50 v	1,0	1,5
100 v	2,0	3,0

Ilmamäärä, %			F-LUKU							
Runkoaineen ylänimellis- raja, mm			Tehollinen vesi-sementtisuhte							
8	12	≥16	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
3,0	2,5	2,0	2,04	1,30						
3,5	3,0	2,5	4,00	1,98	1,33	1,02				
4,0	3,5	3,0	4,00	3,06	1,78	1,28	1,01			
4,5	4,0	3,5	4,00	4,00	2,37	1,57	1,19			
5,0	4,5	4,0	4,00	4,00	3,23	1,93	1,39	1,10		
5,5	5,0	4,5	4,00	4,00	4,00	2,37	1,62	1,25	1,02	
6,0	5,5	5,0	4,00	4,00	4,00	2,93	1,88	1,40	1,13	
6,5	6,0	5,5	4,00	4,00	4,00	3,70	2,19	1,57	1,24	1,03
7,0	6,5	6,0	4,00	4,00	4,00	4,00	2,55	1,76	1,36	1,12
7,5	7,0	6,5	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	1,97	1,49	1,20
8,0	7,5	7,0	4,00	4,00	4,00	4,00	3,56	2,21	1,63	1,30

# Talopuolella XF2 ja XF4 luokissa vain taulukkoarvot sallittu

Betonin pakkas- suolakestävyys riippuu

- vesi-sementtisuhteesta
- sideaineen koostumuksesta
- ilmamäärästä
- jälkihoidon pituudesta

INFRAPUOLELLA näistä laskettu P-luku kertoo pakkas- suolakestävyuden

INFRAPUOLELLA P-luku voidaan määrittää myös suoralla pakkaskokeella.



# Tunnistustestaus

Tunnistustestaus osoittaa tarkasteltavan betonin tietyn betonierän kuuluvan siihen joukkoon, jonka valmistaja on vaatimusten-mukaisuuden arvioinnissa todentanut vaatimusten-mukaiseksi.





Tunnistustestaus voidaan tehdä esim. seuraaville betonierille:

- yksittäinen betoniannos tai -kuorma, jonka laatua epäillään
- työmaalle työviikon aikana toimitettu betoni, jonka tilavuus on korkeintaan 400 m<sup>3</sup>
- rakennuksen jokaista kerrosta tai kerroksen palkin/laatan tai pilarien/seinien tai muiden rakenteiden vastaaviin osiin toimitettu betoni.

Betonierä testataan seuraavien standardien mukaisesti:

- Näytteenotto SFS-EN 12390-1
- Koekappaleiden valmistus ja jälkihoito SFS-EN 12390-2
- Koekappaleiden puristuslujuuden määrittäminen SFS-EN 12390-3





# Puristuslujuuden tunnistustestaus

Yhdestä näytteestä valmistetaan vähintään kaksi koekappaletta.

- Esimerkiksi yhdestä autokuormasta voidaan ottaa yksi näyte, josta koekappaleet valmistetaan. **Testaustulos** on näiden koekappaleiden yksittäisten tulosten keskiarvo. Koekappaleet tulee testata saman ikäisinä.

Yhdestä näytteestä otettujen koekappaleiden yksittäisissä tuloksissa ei saa olla liikaa hajontaa. Mikäli yksittäisten tulosten suurin vaihteluväli (max...min) on suurempi kuin 15 % tulosten keskiarvosta, kyseisen näytteen kaikki yksittäiset tulokset hylätään, ellei ole perustelua syytä hylätä vain yksittäistä tulosta. Näytteen testaustulokseen tulee sisältyä hyväksyttäviä yksittäisiä tuloksia vähintään 2 kpl.

# Puristuslujuuden tunnistustestaus, esimerkki

Näyte	Yksittäiset tulokset, [MPa]				Suurin vaihteluväli, [MPa]	Vaihteluväli / keskiarvo
	a	b	c	Keskiarvo eli Testaustulos		
1	46,2	44,7		<b>45,5</b>	1,5	3,3 %
2	44,7	50,2		<b>47,5</b>	5,5	11,6 %
3	43,5	52,4		<b>48,0</b>	8,9	<b>18,6 %</b>
4	44,6	49,2	44,8	<b>46,2</b>	4,6	10,0 %

Esimerkissä näytteen 3 yksittäisten tulosten vaihteluväli verrattuna tulosten keskiarvoon oli liian suuri (>15%) ja siten näyte 3 hylätään kokonaisuudessaan.

# Puristuslujuuden tunnistustestaus, esimerkki

Kyseisessä betonierässä on siten 3 hyväksyttävää testaustulosta (45,5 – 47,5 – 46,2), joiden:

- keskiarvo = 46,4 MPa
- minimiarvo = 45,5 MPa

Betoni tunnistetaan vaatimustenmukaiseen joukkoon kuuluvaksi, jos betonierän näytteiden keskimääräiset tulokset täyttävät taulukossa esitetyt molemmat vaatimukset.

Testaustulosten lukumäärä [kpl] betonierää kohti	Ehto 1	Ehto 2
	Testaustulosten keskiarvo $f_{cm}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Yksittäinen testaustulos $f_{ci}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
1	Ei käytetä	$\geq f_{ck} - 4$
2...4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5...6	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$

# Suhteituksen muutokset sekoituksen jälkeen eivät ole sallittuja

Veden lisääminen työmaalla **kielletty**

- Voidaan lisätä kun betonin valmistaja vastaa lisäämisestä ja on olemassa tehtaan sisäisen laadunvalvonnan dokumentoitu menettelytapa, jolla lisääminen voidaan toteuttaa turvallisesti
- Koskee myös lisäaineita, pigmenttejä ja kuituja

Autosekoittimeen lisättyjen veden, lisäaineiden, kuitujen ja pigmenttien määrät on aina kirjattava kuormakirjaan.

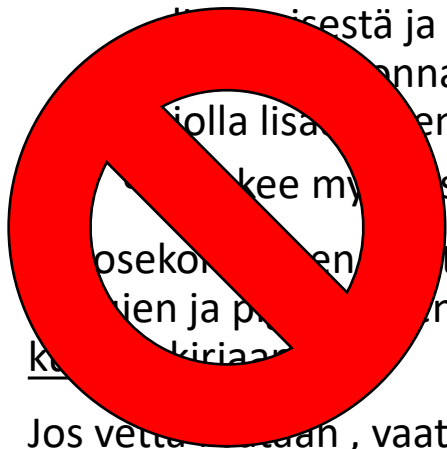
Jos vettä lisätään , vaatimustenmukaisuuden valvonta on tehtävä lopputuotteesta otetusta näytteestä



# Suhteituksen muutokset sekoituksen jälkeen eivät ole sallittuja

Veden lisääminen työmaalla **kielletty**

- Voidaan lisätä kuormakirjasta ja on...



**Jos työmaalla lisätään autosekoittimessa olevaan betoniin lisäaineita, pigmenttejä, kuituja tai vettä ilman betonin valmistajan laadunvalvontahenkilökunnan hyväksyntää/valvontaa tai enemmän kuin betonin määrittelyssä on sallittu, kuormakirjaan on merkittävä, että annos tai kuorma on vaatimustenvastainen. Lisäaineiden, pigmenttien, kuitujen tai veden lisäämisen hyväksynyt osapuoli vastaa seurauksista, ja tämä osapuoli on kirjattava kuormakirjaan.**

Jos vettä lisätään, vaatimukset on tehtävä lopputuotteeseen



# Kuitumäärä

Asemalla lisättyjen teräs- ja polymeerikuitujen määrä annosraporteista laskettuna

Autosekoittimeen lisättyjen teräs- ja polymeerikuitujen määrä näytteistä mittaamalla. Vaatimus koskee sekä määrää että homogeenisuutta



# Autoon lisätyt kuidut

Näytteenottotaajuus sama kuin lujuskoekappaleilla.

Yksi koe koostuu kolmesta näytteestä.



Taulukko 5.10. Betonimassan kuitumäärän ja homogeenisuuden yhdistetyt tunnistusehdot.

Käytetään	Ehto
Jokaiselle näytteelle	$\geq 0,80 \times$ määritelty vähimmäisarvo
Kuorman kolmen näytteen keskiarvolle	$\geq 0,85 \times$ määritelty vähimmäisarvo

Taulukko 5.7. Muita ominaisuuksia kuin puristuslujuutta koskevan vaatimustenmukaisuuden ehdot.

Ominaisuus	Testausmenetelmä	Näytteiden tai testaus-ten vähim-mäismäärä	Hyväksymis-lukumäärä	Yksittäisen testaustulok-sen suurin sallittu poik-keama	
				Alaraja	Yläraja
Betonimassan teräskuitu-määrä	a)	1 määrittä-mispäivässä	Taulukko 5.8	-5 paino-%	Ei raja-arvoa <sup>(b)</sup>
Betonimassan polymeeri-kuitumäärä	a)	1 määrittä-mispäivässä	Taulukko 5.8	-10 paino-%	Ei raja-arvoa <sup>(b)</sup>



# Vesi/sementti -suhde ja vähimmäissementtimäärä

**Taulukko 5.7.** Muita ominaisuuksia kuin puristuslujuutta koskevan vaatimustenmukaisuuden ehdot.

Ominaisuus	Testausmenetelmä	Näytteiden tai testusten vähimmäismäärä	Hyväksymislukumäärä	Yksittäisen testaustuloksen suurin sallittu poikkeama	
				Alaraja	Yläraja
Suurin sallittu vesi-sementti-suhde	Kohta 3.1.5	1 määrittäminen päivässä	Taulukko 5.8	Ei raja-arvoa <sup>b)</sup>	+0,02
Suurin sallittu vesi-sementti-suhde	Kohta 3.1.5	1 määrittäminen päivässä	Taulukko 5.8	Ei raja-arvoa <sup>b)</sup>	+0,02
Vähimmäissementtimäärä	Kohta 3.1.5	1 määrittäminen päivässä	Taulukko 5.8	-10 kg/m <sup>3</sup>	Ei raja-arvoa <sup>b)</sup>

# Sallittujen poikkeamien enimmäismäärät

Taulukko 5.8. Hyväksymislukumäärät muita ominaisuuksia kuin lujuutta koskeville vaatimuksille, kun hyväksymistaso AQL = 4 %.

Testaustulosten lukumäärä	Hyväksymislukumäärä
1...12	0
13...19	1
20...31	2
32...39	3
40...49	4
50...64	5
65...79	6
80...94	7
95...100	8

Kun testaustulosten lukumäärä on suurempi kuin 100, oikea hyväksymislukumäärä voidaan saada standardin ISO 2859-1:1999 taulukosta 2-A.

# Notkeuden vaatimustenmukaisuus

IT-massoilla ei mitään poikkeamaa sallita.

Taulukko 5.9. Notkeusluokkien, itsetivistyvän betonin ominaisuuksien sekä betonimassan ilmamäärän ja kuitujakautuman homogeenisuuden vaatimustenmukaisuuden arviointi toimituspaikalla.

Testausmenetelmä	Näytteiden tai testauksen vähimmäismäärä	Toimituspaikalla yksittäisen testaustuloksen suurin sallittu poikkeama <sup>(a)</sup> raja-arvoista tai notkeuden suurin sallittu poikkeama määritellyn luokan raja-arvoista		
		Alempi arvo	Ylempi arvo	
Silmämääräinen tarkastus	Vertailu määritellyn notkeuden omaavan betonin ulkonäköön	Jokainen annos, ajoneuvolla tapahtuvassa kuljetuksessa jokainen kuorma	-	-
Painuma	SFS-EN 12350-2	i) Taulukon 5.2 mukainen määrä.	- 10 mm - 20 mm <sup>(b)</sup>	+ 10 mm + 20 mm <sup>(b)</sup>
Leviämä	SFS-EN 12350-5	ii) Ilmamäärän testauksessa.	- 10 mm - 20 mm <sup>(b)</sup>	+ 10 mm + 20 mm <sup>(b)</sup>
Painuma-leviämä	SFS-EN 12350-8	iii) Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyksiä.		

# Alkali- kiviainesreaktioon varautuminen

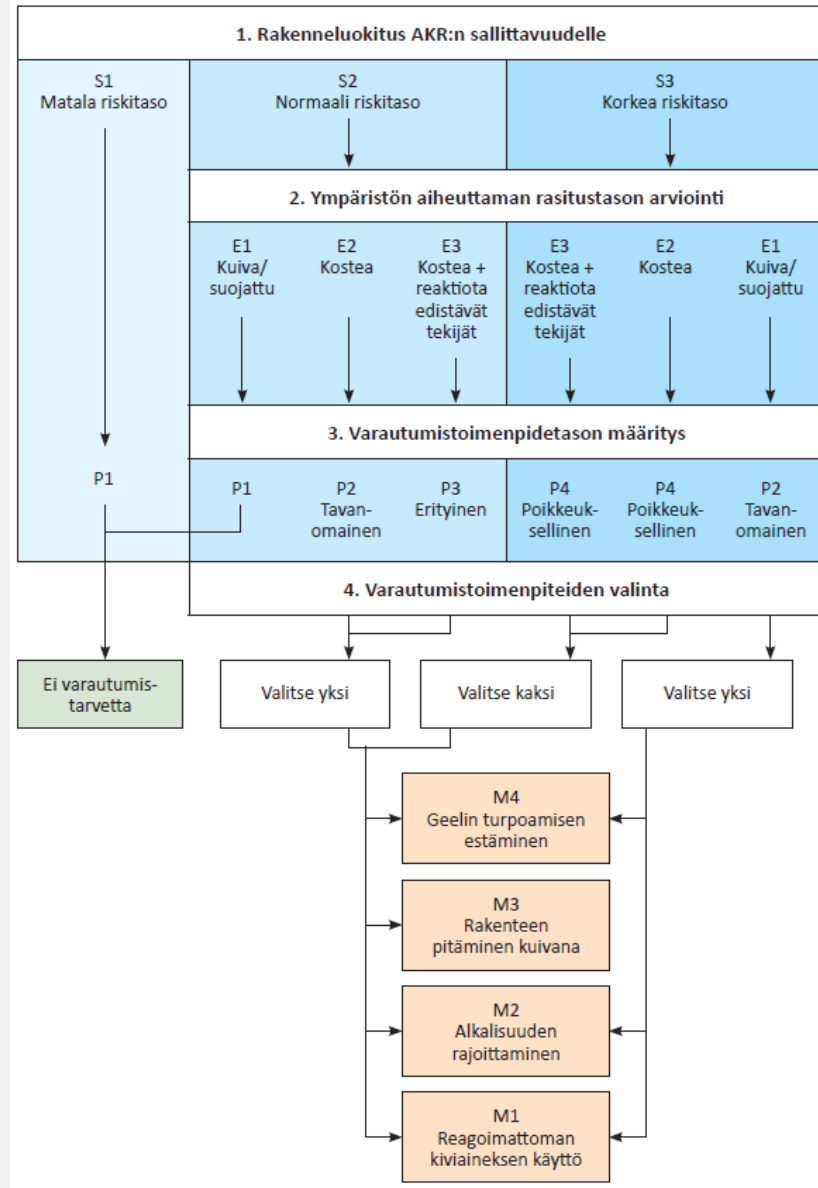
- Alkali-kiviainesreaktiossa (AKR) hydratoituneen sementin alkalit aiheuttavat tiettyjen kiviainesten paisumista betonissa.
- Reaktiossa sementtipastan alkalinen huokosvesi ja kiviaineksen sisältämä reaktiivinen piidioksidi reagoivat muodostaen voimakkaasti vettä imevää geeliä.
- Reaktiossa syntyvä geeli laajenee imiessään vettä, aiheuttaen kasvavaa sisäistä painetta, joka lopulta rikkoo kiviaineksen ja lopulta betonin huokosrakenteen



Kuva: Vahanen Rakennusfysiikka Oy

# AKR:n huomioon ottaminen suunnittelussa

Näistä valitaan yksinkertaisimmin kohteessa sovellettava varautumistoimenpide (tai kaksi P4)



# Rakenneluokitus

Rakenneluokitus AKR sallittavuudelle	Vaurioitumisen seuraukset	AKR:n aiheuttamat muutokset rakenteessa	Esimerkkejä rakenteista
S1	Vaikutukset turvallisuuteen, kustannuksiin tai ympäristöön pieniä tai mitättömiä	Vähäistä AKR:n aiheuttamaa heikentymistä sallitaan (esimerkiksi betonin vetolujuus on alentunut)	<ul style="list-style-type: none"><li>• tilapäiset rakenteet, käyttöikä &lt; 25 vuotta</li><li>• dynaamisesti kuormitetut perustukset, käyttöikä &lt; 25 vuotta (esim. tuulivoimaloiden perustukset)</li><li>• helposti vaihdettavat rakennusosat</li><li>• matalat enintään kaksikerroksiset asuinrakennukset (alhaiset kuormat)</li></ul>
S2	Joitakin vaikutuksia turvallisuuteen, kustannuksiin tai ympäristöön, jos betonissa merkittäviä vaurioita	Vähäistä AKR:n aiheuttamaa vaurioitumista sallitaan/ hallittavissa (ohuthieessä havaittavaa)	<ul style="list-style-type: none"><li>• normaali suunnittelukäyttöikä (50...100 vuotta)</li><li>• <u>suurin osa rakenteista</u></li><li>• vedeneristetyt lämminvesialtaat</li><li>• muut vesialtaat ilman vedeneristystä</li><li>• tavanomaiset sillat</li><li>• paalut, maanalaiset perustukset, muut vaikeasti korvattavat rakenteet</li></ul>
S3	Vakavia vaikutuksia turvallisuuteen, kustannuksiin tai ympäristöön, jos betonissa vaurioita	Merkittävää vaurioitumista ei sallita	<ul style="list-style-type: none"><li>• pitkä suunnittelukäyttöikä (&gt; 100 vuotta)</li><li>• ydinturvallisuuteen liittyvät rakenteet</li><li>• erityisen tärkeät padot, tunnelit, sillat (rakenteiden suunnittelukäyttöikä &gt; 100 vuotta)</li><li>• erittäin kriittiset rakenteet, joiden tarkastaminen tai korvaaminen mahdotonta/erittäin hankalaa</li><li>• rakenteet, joiden vaurioitumista ei voida sallia</li></ul>

# Riskiluokitus

Luokka	Kuvaus	Betonin ympäristö ja esimerkkejä rakenteista
E1	Kuiva, betoni on suojattu kosteudelta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kuivissa sisätiloissa olevat betonirakenteet.</li></ul>
E2	Betoni altistuu kosteusrasitukselle	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sisätiloissa olevat kosteusrasitukselle altistuvat betonirakenteet, joissa on korkea kosteuspitoisuus, kuten pesulat, uimahallit, prosessiteollisuuden rakenteet.</li><li>• Betoni altistuu ulkopuoliselle kosteusrasitukselle, betoni on upotettuna veteen tai kosteus on peräisin ei-aggressiivisesta maaperästä, kuten säiliöt, uima-altaat, paalut, maanalaiset perustukset.</li><li>• Massiiviset betonirakenteet (pienimmät dimensiot &gt; 800 mm ja kuivuminen hidasta tai jopa mahdotonta), jotka altistuvat kosteusrasitukselle, kuten paksut siltakannet, maata vasten valetut ja yläpinnasta tiiviisti pinnoitetut rakenteet, jne.</li></ul>
E3	Betoni altistuu kosteusrasitukselle sekä reaktiota edistäville tekijöille	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ulkona oleva betonirakenne altistuu jäänsulatusaineille.</li><li>• Betoni altistuu toistuvalla meriveden aiheuttamalle kastumiselle ja kuivumiselle tai suolaroiskeille, kuten maanteiden siltojen pystyrakenteet, laiturirakenteet, jne.</li><li>• Betoni altistuu märkänä toistuville jäätymis-sulamissykleille.</li><li>• Betoni altistuu märkänä pitkään korkealle lämpötilalle.</li><li>• Betoni altistuu teollisuuden käyttämille suoloille ja kemikaaleille.</li></ul>

# Rakenneluokitus + riskiluokitus = varautuminen

	Ympäristön aiheuttama rasitus (taulukko 3.2)		
	E1	E2	E3
<b>Rakenneluokitus AKR:n sallittavuudelle (taulukko 3.1)</b>	<b>Betonirakenteen varautumistaso</b>		
<b>S1</b>	P1	P1	P1
<b>S2</b>	P1	P2	P3 (P1) <sup>1)</sup>
<b>S3</b>	P2 (P1) <sup>2)</sup>	P4 (P2) <sup>3)</sup>	P4

<sup>1)</sup> Pysäköintilaitokset altistuvat tyypillisesti vain osittain joiltakin osin ajoneuvojen mukanaan tuomille jäänsulatusuoloille, joten voidaan harkita myös varautumistasoa P1. Tavanomaisissa julkisivuissa ja parvekkeissa voidaan harkita varautumistasoa P1. AKR:n suhteen huonosti tunnetun (esim. joidenkin ulkomaalaisten) kiviaineksen kanssa julkisivuissa on varautumistaso kuitenkin P3.

<sup>2)</sup> Kuivissa sisätiloissa olevissa rakenteissa voidaan harkita varautumistasoa P1, jos olosuhteet pysyvät kuivina koko suunnitellun käyttöiän myös rakennuksen toimintojen muuttuessa.

<sup>3)</sup> Paaluille ja perustuksille riittää yleensä tavanomainen varautuminen. Jos ne altistuvat myös klorideille, varautumistaso on P4.