

BY-vähähiilisyyssluokitus ja vähähiilisten betonien valmistus

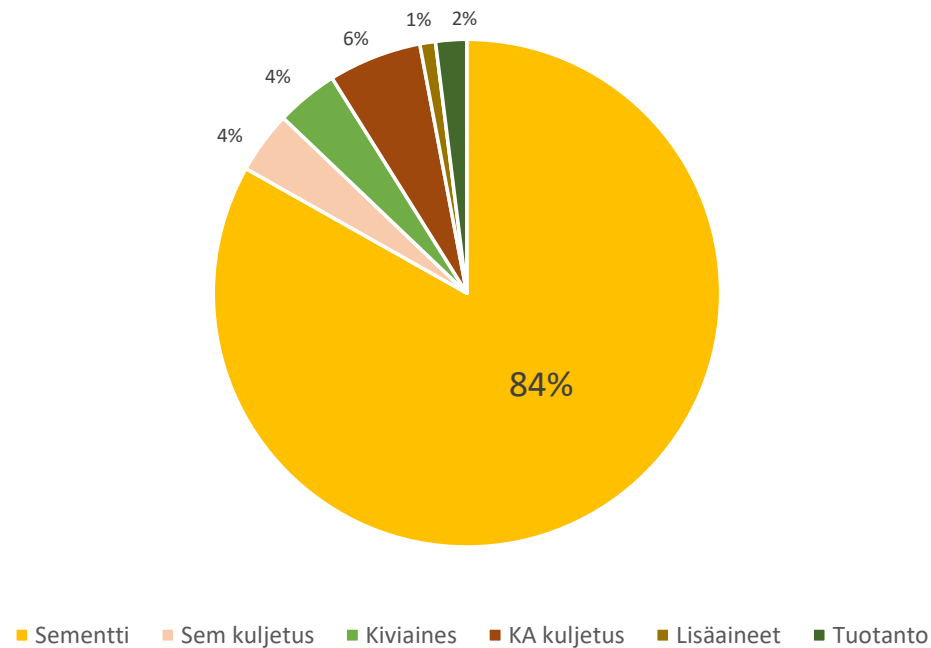
22.9.2025

Mistä betonin päästöt koostuvat?

Materiaali	kg CO ₂ e/kg	kg CO ₂ e/m ³
Sahatavara	0,083	42
CLT	0,2	100
Antura betoni C30/37	0,13	306
Raudoitusteräs	0,67	5260
Kantava teräsrakenne	3,0	23550

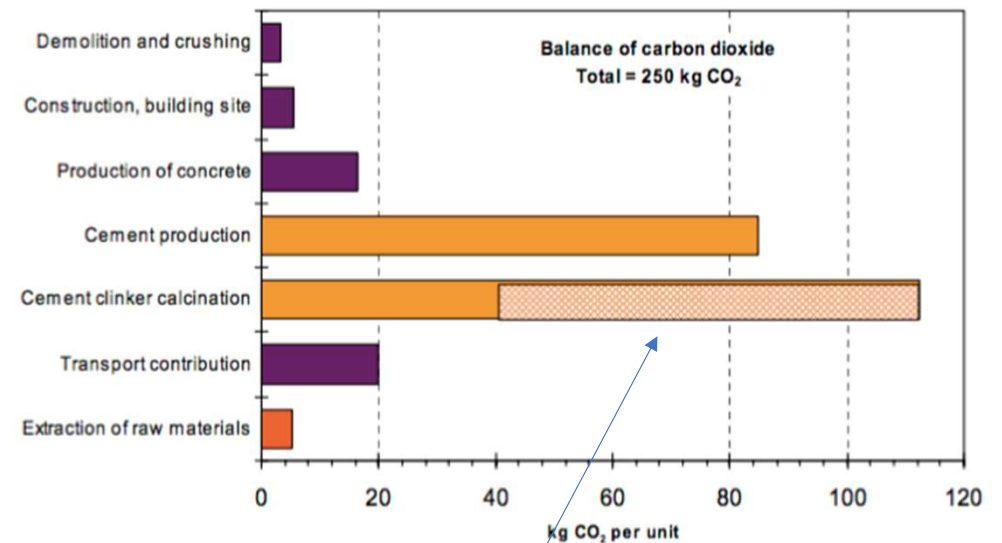
<https://co2data.fi/rakentaminen/>

Esim. C30/37 GWP.REF



Sementin hiilidioksidipäästöt

- Globaalisti n. 7 % päästöistä
 - Suomessa n. 2 %
- Sementin päästöt:
 - Uunin energiankulutus (40 %)
 - Reaktiot klinkkerissä (60 %)
- Suomessa sementin päästöt 250-780 kg CO₂ eq tonnia kohden
- **Betonin päästö** tavallisesti 200-400 kgCO₂e/m³

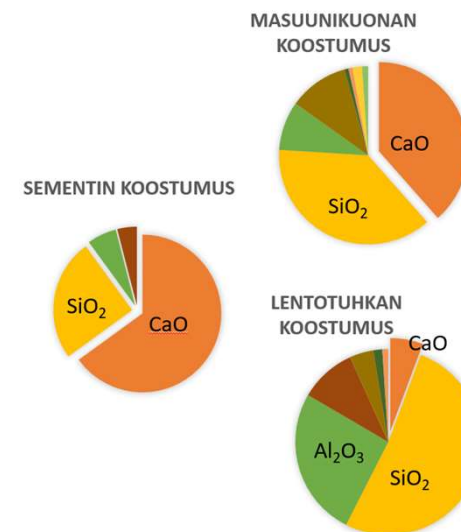
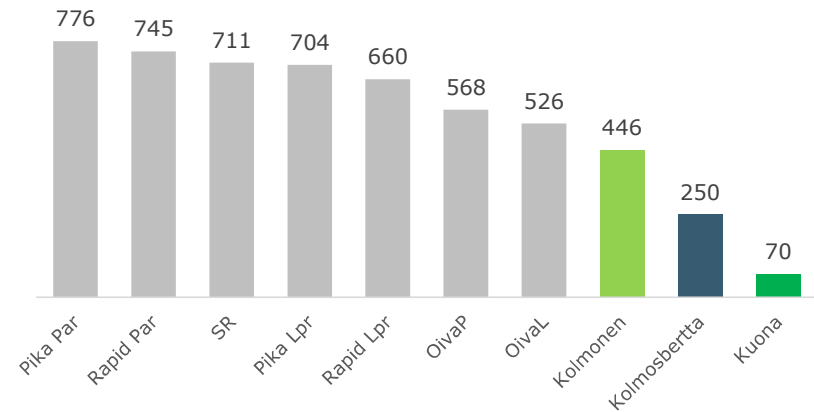


Mahdollisesti
takaisin
imeytyvä CO₂

Vähähiiliset betonit

- Korvataan klinkkeriä seosaineilla
 1. Sementtitehtaalla
 2. Betonitehtaalla
- **Masuunikuona**, lentotuhka, silika
- Seosaineita käytetty jo vuosikymmeniä
 1. Maksimilämpötilan hallintaan
 2. Erikoisbetoneihin
 - Kemiallinen kestävyys
 - Lämmönkesto

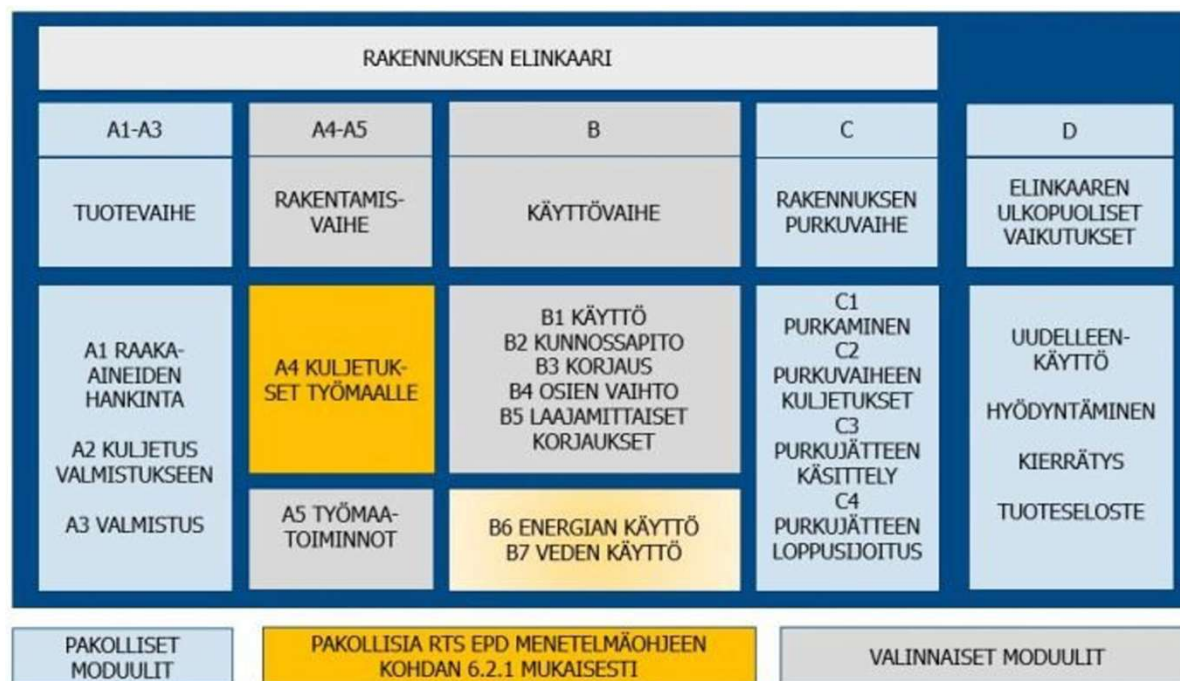
Suomalaisten sideaineiden päästöjä
[kg CO₂ -eq / tn]



Miten betonin
vähäpäästöisyyttä
arvioidaan?

Mikä on ympäristöseloste?

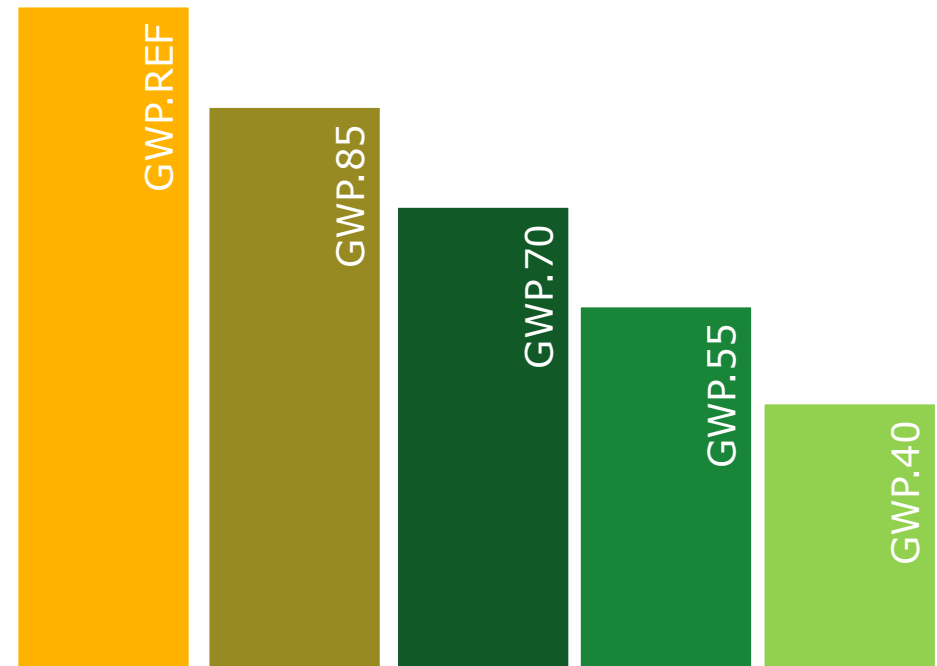
- **Life Cycle Assessment**
- **Environmental Product Declaration**
- EN 15804 - rakennustuotteiden ympäristöseloste
 - **A1 – Raaka-aineet**
 - **A2 – Kuljetukset**
 - **A3 – Valmistus**
 - A4 – Toimitus asiakkaalle
 - A5 – Työmaatoiminnot
 - B – Käyttövaihe
 - C – Purku
 - D – Elinkaaren ulkopuoliset



Kuva: <https://ymparisto.rakennustieto.fi/epd-ymparistoseloste/tiedot-epd-ymparistoselosteessa>

Betoniyhdistyksen vähähiilisyysluokitus

- Betoniyhdistyksen kehittämä ja omistama järjestelmä sekä laskentatyökalu
 - VB ja elementtibetoni erikseen
- **Ei ole EPD** eli virallinen ympäristöseloste
- Perustuu EN 15804 mukaisiin rakennustuotteiden ympäristöselosteisiin
 - **A1 – Raaka-aineet**
 - **A2 – Kuljetukset**
 - **A3 – Valmistus**
- Vähähiilisyys luokat %-osuus referenssitasosta
 - **GWP.70 → 30 %** pienemmät päästöt
 - **GWP.40 → 60 %** pienemmät päästöt
- Referenssitasot alan keskiarvoista



BY:n vähähiilisyyys- luokitus - VB

- Päästörajat eri betonilaaduille eri vähähiilisyyssluokissa
 - Ei-huokostettu C20/25...C50/60
 - Huokostettu XF1...XF4 C30/37...C50/60
 - P-lukubetonit
- Noudatettava suunnitelmien **lujuus- ja rasitusluokkia**
- Taulukko ns. "tavallisille" betoneille
- Tullaan hyväksymään rakennuslain vaatimiksi ympäristöselosteiksi valmisbetonissa

Betoni	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 – Ei huokostettu	210	180	145	115	85
C25/30 – Ei huokostettu	230	195	160	125	90
C30/37 – Ei huokostettu	255	215	180	140	100
C35/45 – Ei huokostettu	285	240	200	155	115
C40/50 – Ei huokostettu	305	260	215	170	120
C45/55 – Ei huokostettu	320	270	225	175	130
C50/60 – Ei huokostettu	340	290	240	185	135
C30/37 – Huokostettu	290	245	205	160	115
C35/45 – Huokostettu	330	280	230	180	130
C40/50 – Huokostettu	355	300	250	195	140
C45/55 – Huokostettu	375	320	265	205	150
C50/60 – Huokostettu	395	335	275	215	160
C30/37 P0	270	230	190	150	110
C30/37 P30	300	255	210	165	120
C35/45 P0	300	255	210	165	120
C35/45 P30	330	280	230	180	130
C35/45 P50	340	290	240	185	135
C45/55 P50	375	320	265	205	150

Elementtibetonien vähähiilisyyssluokitus

- Arvioidaan vain betonin päästöä
→ Ei kerro koko elementin vähähiilisyydestä
- Raja-arvot tuoteryhmittäin
- Uusia tuoteryhmiä tarpeen mukaan
- Noudatettava suunnitelmien **lujuus- ja rasitusluokkia**
- Tehtaan energian kulutus isommassa roolissa kuin valmisbetonissa
 - Tällä hetkellä käytetään vakioarvoja

Tuoteryhmä	Betoni	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
Ontelo- ja kuorilaatat	C40/50	270	230	190	150	110
	C50/60	295	250	205	160	120
	C60/75	340	290	240	185	135
Runkotuotteet ¹	C35/45	315	270	220	175	125
	C40/50	335	285	235	185	135
	C45/55	350	300	245	195	140
	C50/60	360	305	250	200	145
	C55/67	375	320	265	205	150
	C60/75	390	330	275	215	155
Muut elementit ²	C30/37	290	245	205	160	115
	C30/37 huokostettu	310	265	215	170	125
	C35/45	320	270	225	175	130
	C35/45 huokostettu	340	290	240	185	135
	C40/50	350	300	245	195	140
Seinät, valkosementti	C30/37	505	430	–	–	–
	C35/45	525	445	–	–	–
	C40/50	555	470	–	–	–
Infraelementit	C35/45 P50	355	300	250	195	140
	C45/55 P50	385	325	270	210	155

¹ Runkotuotteet: pilariementit, palkkientit, TT- ja HTT-laattaementit

² Muut elementit: seinäelementit, massiivilaattaementit, hormiementit, perustuselementit ja hissikuiluelementit. Tukimuurit ja kaapelikanavat, joilla ei ole P-lukuvaatimusta ja joiden reseptit ovat verrattavissa "Muut elementit" luokan mukaisiin betonilaatuuihin.

Mitä raja-arvoa noudatetaan?

1. C32/40 XC2 XS2 Ei raja-arvoa →
C30/37 – Ei huokostettu (?)
2. C30/37 P50 Ei raja-arvoa
3. Huokostettu C35/45 XC2 C35/45 – Ei huokostettu

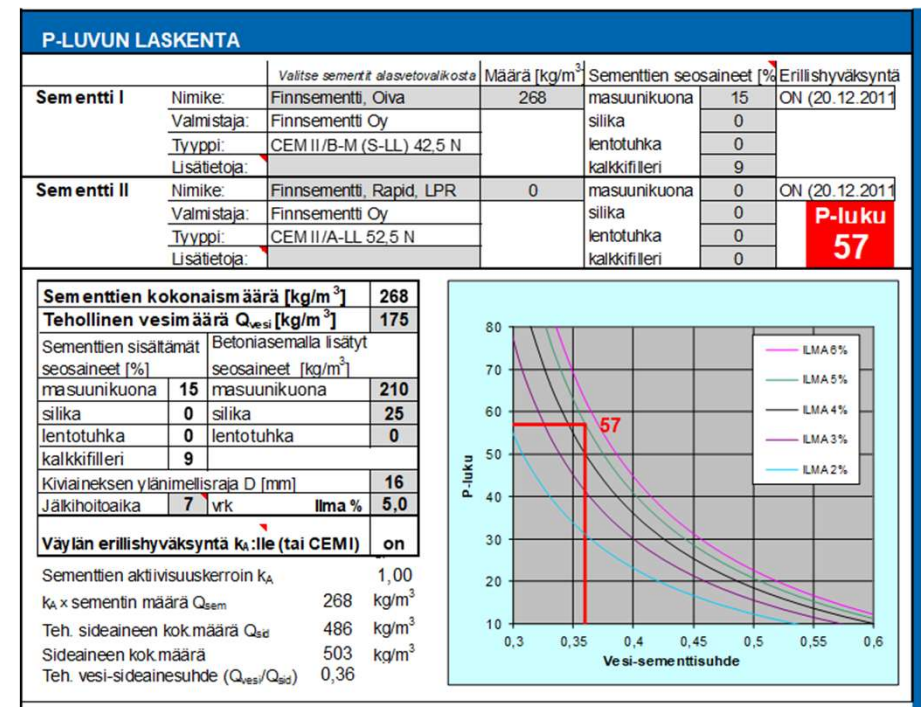
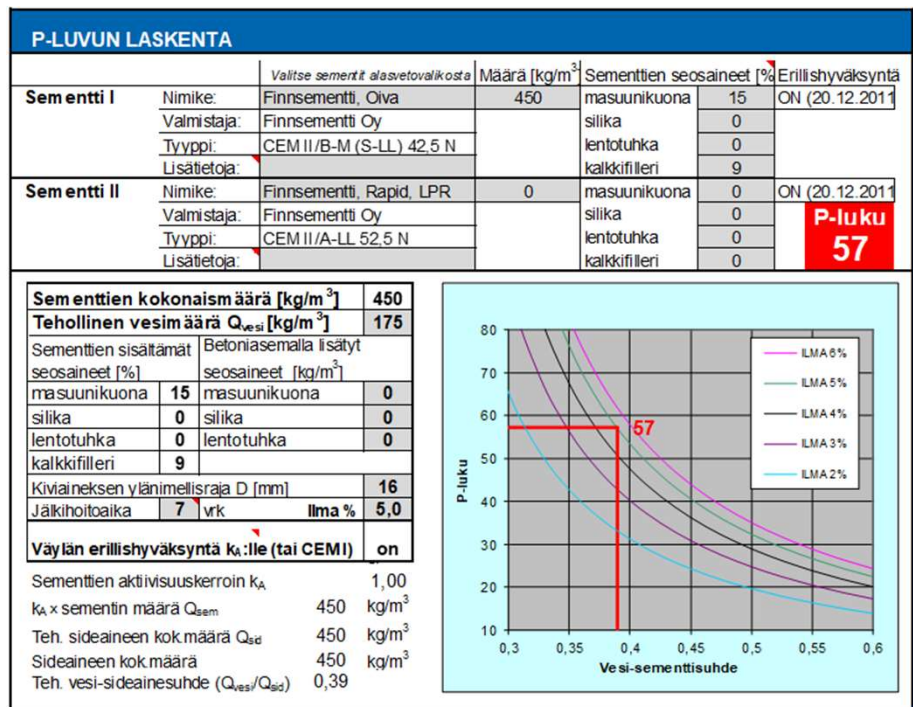
Betoni	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 – Ei huokostettu	210	180	145	115	85
C25/30 – Ei huokostettu	230	195	160	125	90
C30/37 – Ei huokostettu	255	215	180	140	100
C35/45 – Ei huokostettu	285	240	200	155	115
C40/50 – Ei huokostettu	305	260	215	170	120
C45/55 – Ei huokostettu	320	270	225	175	130
C50/60 – Ei huokostettu	340	290	240	185	135
C30/37 – Huokostettu	290	245	205	160	115
C35/45 – Huokostettu	330	280	230	180	130
C40/50 – Huokostettu	355	300	250	195	140
C45/55 – Huokostettu	375	320	265	205	150
C50/60 – Huokostettu	395	335	275	215	160
C30/37 P0	270	230	190	150	110
C30/37 P30	300	255	210	165	120
C35/45 P0	300	255	210	165	120
C35/45 P30	330	280	230	180	130
C35/45 P50	340	290	240	185	135
C45/55 P50	375	320	265	205	150

Vähähiiliset infrabetonit

- Infrabetoniohjeessa rajoituksia masuunikuonan käytölle
 - P30...P70 max. 50 % sideaineesta
 - P0 max. 70 % sideaineesta
- Muita rajoituksia
 - P-lukulaskennassa kuonalla 0,8 sideainekerroin → sementti korvattava suuremmalla määrällä kuonaa
 - MK:n heikentävä vaikutus suolapakkaskokeessa
 - Laattakokeissa normaaleja betoneita tiukemmat rapaumavaatimukset

Betoni	Laadunarvosteluikä	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C30/37 P0	28 vrk					
	91 vrk					
C30/37 P30	28 vrk					
	28 vrk					
C35/45 P0	28 vrk					
	91 vrk					
C35/45 P30	28 vrk					
	91 vrk					
C35/45 P50	28 vrk					
	91 vrk					
C45/55 P50	28 vrk					
	91 vrk					

VH infrabetonien saatavuus: vahahiilinenbetoni.fi



- Sama P-luku, ilma- ja vesimäärä
 - Vähähiilisessä maksimimäärä kuonaa ja silikaa
- Sideainemäärä nousee 450 kg/m³ → 503 kg/m³

Mitä on tehtävä ennen GWP-
luokitellun betonin
toimittamista?

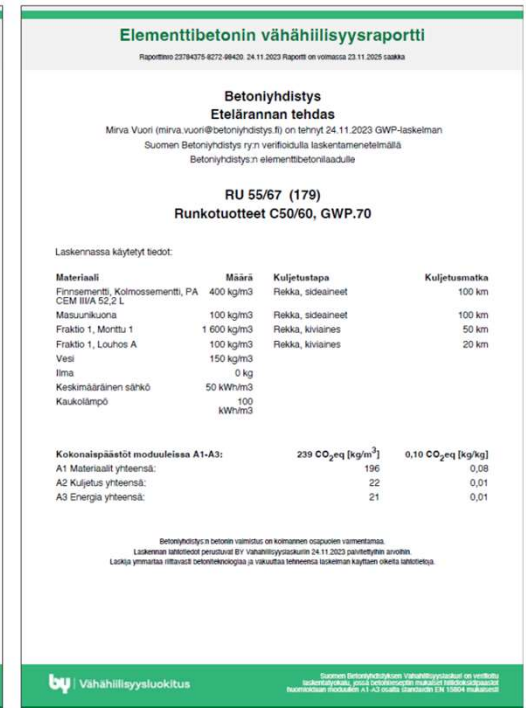
Mitä vaaditaan ennen GWP-betonien toimittamista?

- Vähähiilisyyslaskuri ja laskelmat
- Varmennustodistus (jos sovellettavissa)
- Vähähiilisyyssertifikaatti
 - Alkutarkastus
 - Seurantatarkastukset
- Annosraportit täsmäittävä laskelmien kanssa



Päästöraportointi

- GWP-betoneista **vähähiilisyysraportti**
 1. **Kiwan tarkastukseen**
 2. **Asiakkaalle**
 - Voimassa 2 v.
 - Päivitettävä reseptimuutosten yhteydessä
- Kiwa-sertifiointi valvoo betonitehtaita myös GWP-betonien osalta
 - Henkilöstön osaaminen
 - Luokitustenmukaisuus



Kuva:
<https://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssit/betonilaborantti-ja-myllari-paivityskurssi/by-vahahiilisyysluokitus-lm-paivityskurssisyksy-2024.pdf>

Missä vähäpäästöistä betonia voi käyttää?

Kaikkialla

Päästöjä voidaan vähentää kaikissa rakenteissa, mutta on eri asia mihin VH-luokkaan päästään ja miten betoni soveltuu työmaan aikatauluihin yms.

	Rasitusluokat																	
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädytys-sulatusrasitus				Aggressiivinen kemiallinen rasitus		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
	X0	XC 1	XC 2	XC3	XC 4	XS1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Sallitut sementtityypit	Ei säilyvyyden aiheuttamia rajoituksia		I	I	I	I ^a	I ^a	I ^a	I ^a	I ^a	I ^a	I	I	I	I	I	b, c	b, c
		II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S	II/A-S		
	Kaikki standardin SFS-EN 197-1 mukaiset sementit ovat sallittuja	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S		21-35 % Kuonaa
		II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D		
		II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V		
		II/B-V	II/B-V		II/B-V			II/B-V								II/B-V		21-35 % Lentotuhkaa
		II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL		
		II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M	II/A-M		
		II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d	II/B-M ^d		21-35 % Seosaineita
		III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A ^e	III/A	III/A ^e	III/A	
III/B	III/B	III/B	III/B	III/B	III/B	III/B	III/B	III/B	III/B	III/B	III/B		III/B		III/B			
Seosainekertoimet																		
Silika v/s ≤ 0,45	2,00		2,00				2,00				2,00				2,00			
v/s > 0,45	1,00		1,00				2,00				1,00				2,00			
Lentotuhka ^f	1,00		0,40				0,40				0,40				0,40			
Masuunikuona	1,00		1,00				1,00				1,00				1,00			
Portland-klinkkerin vähimmäisosuus %-osuuksina sideaineen massasta	5	5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	50	20	50	20	c	c

Huom! Seosaineiden kertoimet vaihtelevat. Väylän vaatimukset erikseen.

SFS-EN 7022:2024

Esimerkkejä sallituista seosaineiden enimmäislisäyksistä %-osuuksina sideaineen massasta eri rasitusluokissa ^g																		
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädytys-sulatusrasitus				Aggressiivinen kemiallinen rasitus		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
	X0	XC 1	XC 2	XC3	XC 4	XS1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Silika	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	bc	bc
Lentotuhka	50	50	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	b c	b c
Masuunikuona	95	95	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	50	80	50	80	b c	b c

^a Käytettäessä sementtiä CEM I suositellaan rasituksen ankaruuden mukaisesti erikseen määriteltäviä säilyvyyttä parantavia lisätoimenpiteitä. Tällaisia lisätoimenpiteitä ovat esimerkiksi betonin kloridinkestävyyttä parantavien seosaineiden käyttö ja betonipeitteen paksuuden kasvattaminen.

^b Sulfaattipitoisessa ympäristössä, mikäli sulfaattirasitus SO⁴₂- katsotaan rasitusluokkien XA2 tai XA3 mukaiseksi SFS-EN 206 Taulukon 2 perusteella, käytetään SFS-EN 197-1 mukaista sulfaatinkestävää sementtiä CEM I-SR0, CEM I-SR3, CEM III/B-SR tai CEM III/C-SR. Mikäli betonissa käytettävä sementtilaatu poikkeaa näistä, betonin sideaineen tulee sisältää masuunikuonaa vähintään 70 % sideaineen kokonaismäärästä.

^c Muissa kuin sulfaattirasitetuissa kohteissa valitaan käytettävä sideaine vallitsevan kemiallisen rasituksen mukaan.

^d Kalkkikivijauheen osuus enintään 20 massa-%.

^e Masuunikuonan osuus saa olla korkeintaan 50 massa-% sideaineen kokonaismäärästä. Tällöin masuunikuonamäärään lasketaan mukaan myös sementin sisältämä masuunikuona.

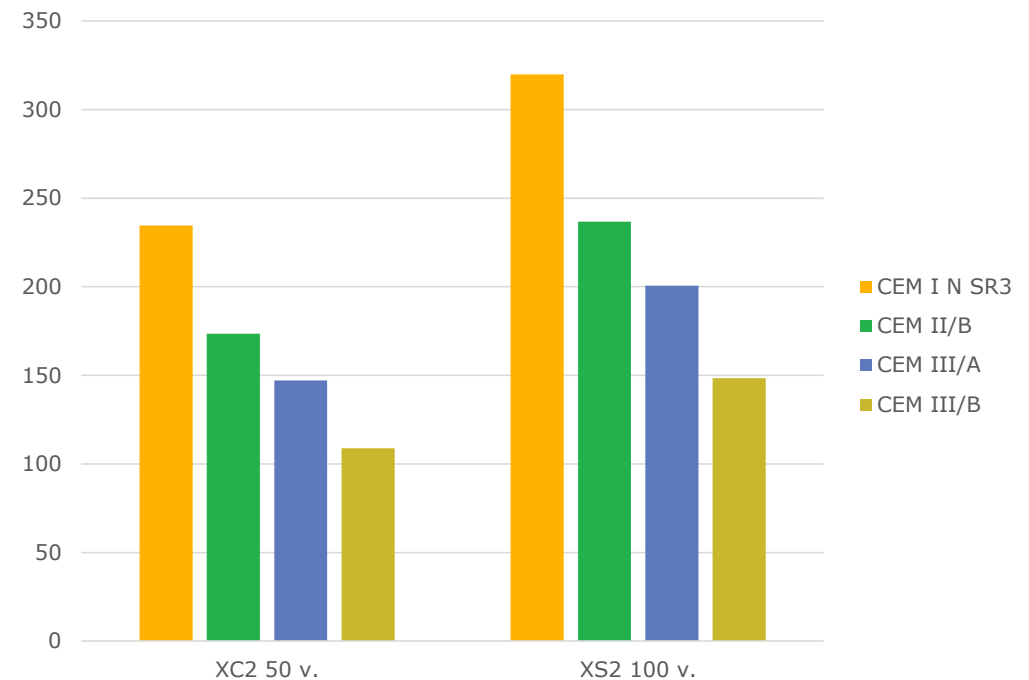
^f Lentotuhkan aktiivisuuskertoimen arvo on 0 siltä osin, kun tuhkan ja sementin massaosuuksien suhde ylittää arvon 0,33 rasitusluokkia X0, XC 1, XF1 ja XF3 lukuun ottamatta. Käytettäessä lujuusluokan 32,5 sementtiä lentotuhkan aktiivisuuskertoimen arvo on 0,20 rasitusluokissa XC2, XC3, XC4, XF2, XF4, XS-, XD- ja XA-luokissa siltä osin, kun tuhkan ja sementin massaosuuksien suhde alittaa arvon 0,33, tämän ylittävältä osalta aktiivisuuskertoimen arvo on 0.

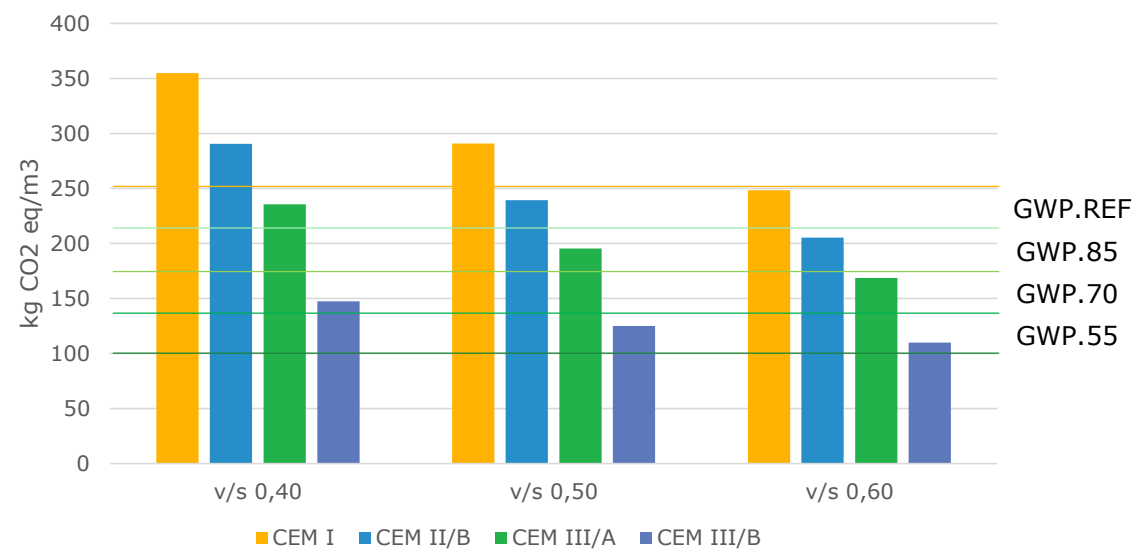
^g Sementin sisältämä seosaineiden määrä tulee ottaa huomioon betoniin lisättävien seosaineiden osuuksia laskettaessa, jos käytetään muuta sementtiä kuin CEM I.

Erikoisbetonit ja vähähiilisyyys

- Rasitusluokkavaatimukset voivat haastaa VH-luokituksen saavuttamista
- Samat raja-arvot koskevat:
 - C35/45 XC2 50 v.
 - C35/45 XS2 100 v.
- XF2 ja XF4 haastavia suolapakkaskestävyysvaatimusten takia

Sementin aiheuttamat päästöt eri rasitusluokkien vaatimuksilla





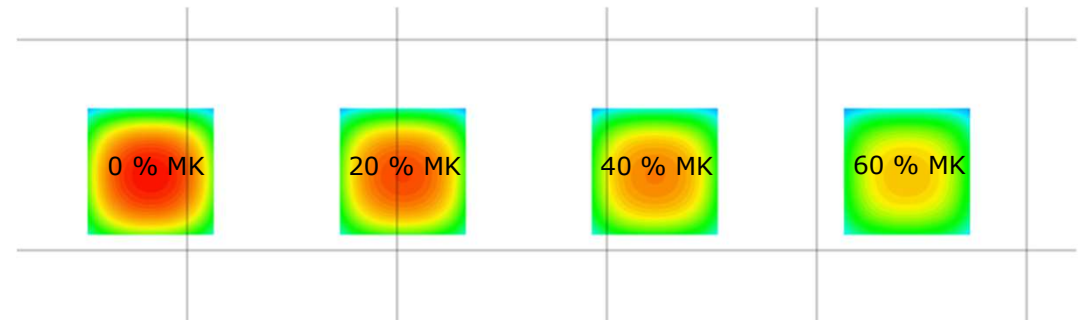
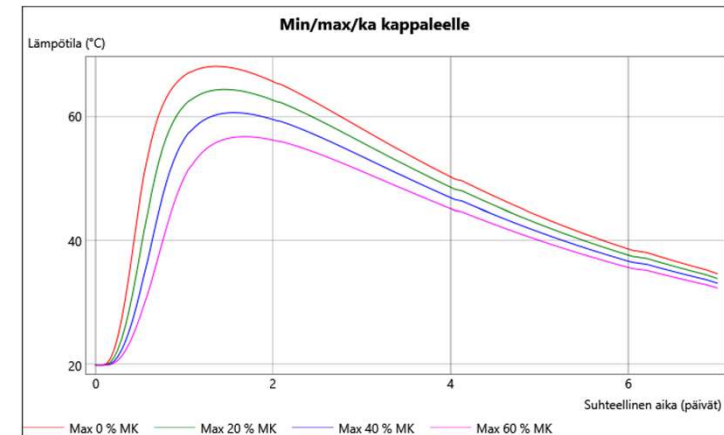
Miten vähähiilisyyys vaikuttaa
betonin ominaisuuksiin?

Miten VH-betonit eroavat "tavallisesta" betonista?

- Matalampi lämmöntuotto
- Hitaampi lujuudenkehitys
 - Lujuudenkehitys hidastuu mitä enemmän klinkkeriä korvattu seosaineilla
 - CEM IIB → n. 20 %
 - CEM IIIA → n. 40 %
 - CEM IIIB → n. 70 %
- Heikentää suolapakkaskestävyyttä (XF2 ja XF4)
- Parantaa kemiallista kestävyyttä
- Kutistuma ja halkeilu?

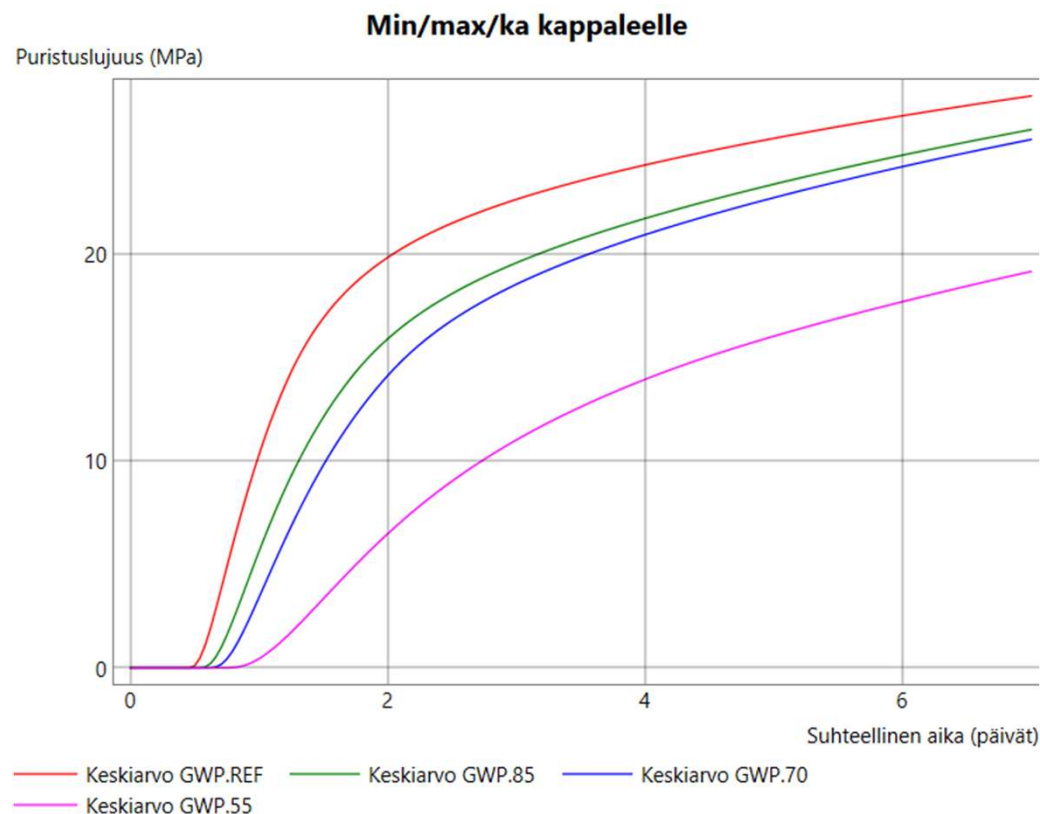
Labrasteissa ei ole havaittu eroa mm. seuraavissa:

1. Kuivuminen
2. Veto- ja taivutusvetolujuus
3. Vesitiiveys



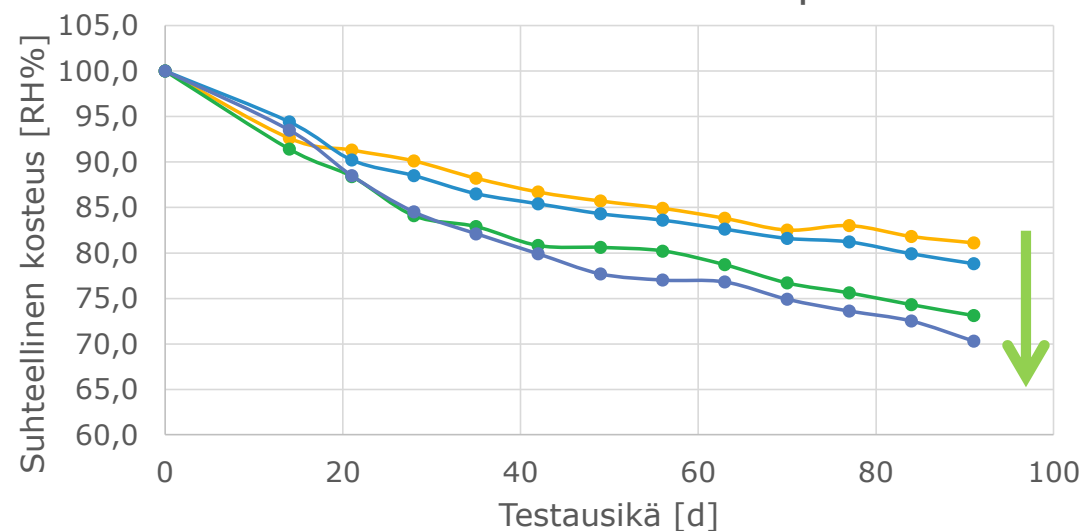
Lujuudenkehitys

- Hitaampi reaktio → rauhallisempi lujuudenkehitys
- Osalla betoneista laadunarvostelu 91 d
- Viileässä vähähiilisten betonien hitaampi lujuudenkehitys korostuu
- **Talvella sitoutuminen hidastuu entisestään, joten pinnasta kerkeää haihtumaan paljon kosteutta ennen suojausta → halkeilu**

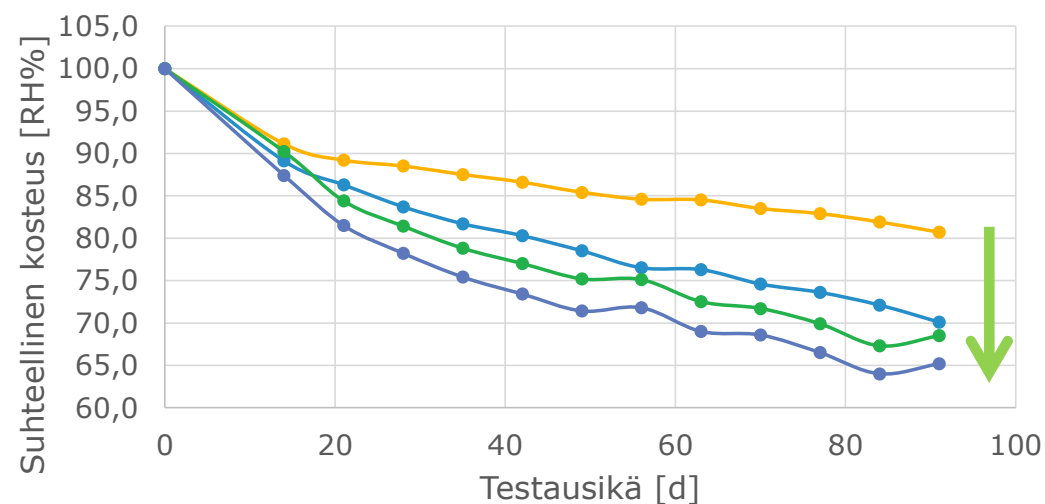


Vihreän betonin kuivuminen

Vihreän betonin kuivumisnopeus

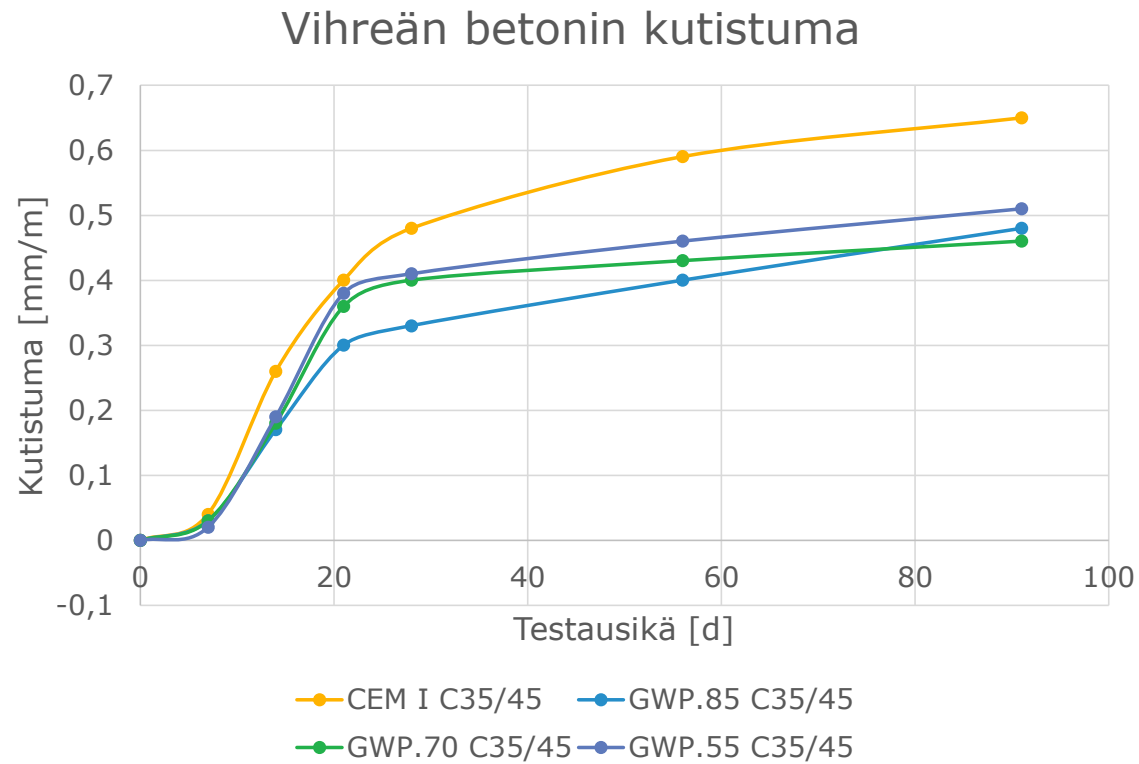


Vihreän betonin kuivumisnopeus



Vihreä betoni kuivunut hyvin labratesteissä.
Kuvaajien betonit testattu laboratoriossa 10 cm testilaatoista.

Vihreän betonin kutistuma



Lisää vähähiilisestä betonista ja BY:n Vähähiilisyyssluokituksesta

www.vahahiilinenbetoni.fi