

Ympäristövaatimusten vaikutukset paalutoimialaan

Jouni Punkki, professori
Aalto-yliopisto

Paaluseminaari 2023



Aalto University
School of Engineering

Sisältöä

- Perustusrakenteiden / paalujen pitkäikäisyyden merkitys
- Betonin CO₂-päästöt
- Uuden rakentamislain vaikutukset
- Paalujen CO₂-päästöt
- Keinot paalujen päästöjen vähentämiseksi
- Vaikutukset paalutoimialaan
- BY-Vähähiilisyysluokitus



Perusrakenteiden pitkäikäisyys

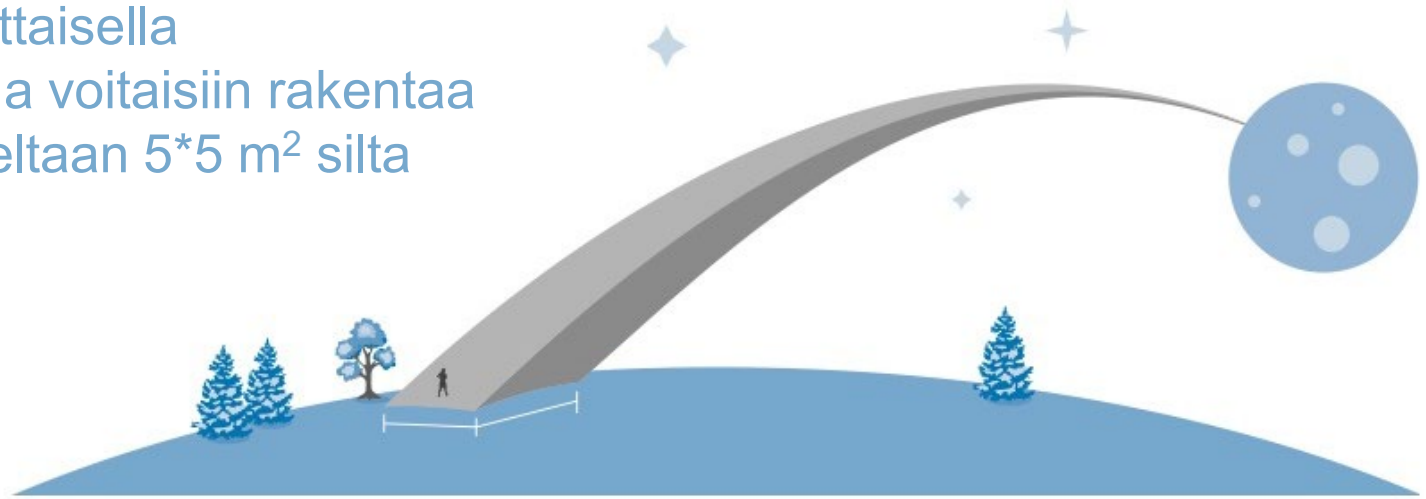
- **Perusrakenteiden pitkäikäisyys & luottavuus on ensisijaisen tärkeää**
 - Perustukset kriittistä muiden rakenteiden kannalta
 - Perustusten korjaaminen vaikeaa tai jopa mahdotonta
 - *”Pitkäikäisyys on parasta ekologisuutta”*
- **Perusrakenteet on siten tehtävä ”varman päälle”**
 - Ei tule ottaa riskejä
 - Ei voida kokeilla esim. uusia materiaaleja
 - Riittävät kokemukset ensin muista rakenteista
 - Rajoittaa jonkin verran päästövähennysmahdollisuuksia

Betonin valmistuksen CO₂-päästöt

- **Betonin aiheuttamat päästöt ovat globaalisti merkittäviä**
 - Globaalisti 5...8% CO₂-päästöistä aiheutuu sementin valmistuksesta
 - Suomessa <2%
 - Sementin päästöt samaa luokkaa kuin lentoliikenteen
- **Sementin ja betonin ominaispäästöt (kg-CO₂/kg), ovat varsin kohtuullisia**
- **Betonin suuret päästöt johtuvat sen valtavasta käyttömäärästä**
 - Maailmassa:
 - n. 10 000 000 000 m³ / vuosi
 - > 1 m³ / henk. vuosi
 - Suomessa vuosittain
 - n. 1 m³ / henk. (≈ 2500 kg)
- **Betonin (kaikkien rakennusmateriaalien) päästöihin kiinnitetään yhä enemmän huomioita**

Betonin valmistuksen CO₂-päästöt

Maailman vuosittaisella betonituotannolla voitaisiin rakentaa poikkileikkaukseltaan 5*5 m² silta maasta kuuhun



If the global concrete production of an year is used for building a bridge between the earth and moon, the bridge would have dimensions of 5*5m².

Miksi betonin päästöjä on vähennettävä

Taustalla ilmastonmuutoksen hillintä

a) Kustannusvaikutukset

- Sementin päästökappa muuttuu, CEM I-tyypin sementin hinta nousee merkittävästi


b) Rahoitussäätely (taksonomia)

c) Viranomaisvaatimukset

- Uuden Rakentamislain vaikutukset

Miten betonin päästöjä voidaan vähentää

Sementti

1. Tehokkaammat rakenteet / vähemmän betonia
2. Vähemmän sementtiä betonissa (kg/m^3)
3. Vähäpäästöisempää sementtiä 

Muut keinot

4. Raudituksen päästöt
5. Raaka-aineiden kuljetusmatkat ja -tavat
6. Tuotteiden kuljetusmatkat ja -tavat
7. Työmaatoiminnot
8. Kierrätyksen tehostaminen

Vähäpäästöinen sementti

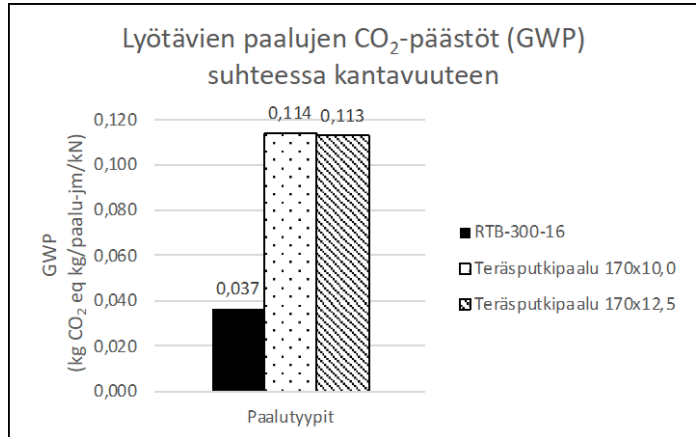
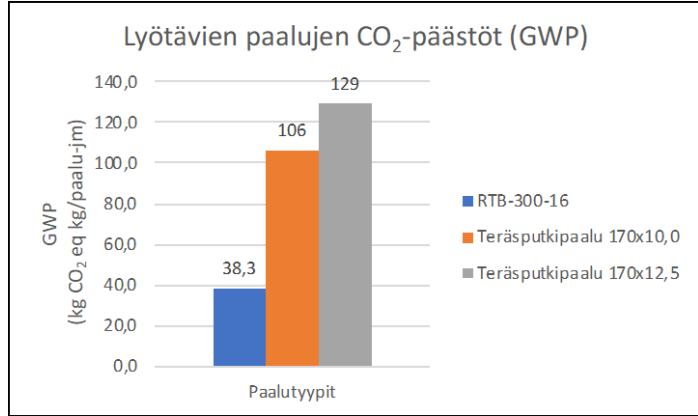
1. Seossementit
(vähemmän klinkkeriä)
2. Vaihtoehtoiset sideaineet
(ei kalkkikivi-pohjaiset)
3. Hiilidioksidin talteenotto

Uuden rakentamislain vaikutukset

- **Uusi Rakentamislaki voimaan 1.1.2025**
 - Uutta vähähiilisuuden ja digitalisaation vaatimusten suhteen
- **Hiilijalanjälki (CO₂) ja hiilikädenjälki arvioitava rakennuslupaa varten tehtävässä ilmastaselvityksessä**
 - Lisäksi tehtävä Materiaaliseloste
- **Asetetaan päästörajoja elinkaaren aikaisille päästöille**
 - Perustusrakenteille ei toistaiseksi päästörajaa
 - Päästörajat kiristyvät pikkuhiljaa
 - Voivat vaikuttaa eri materiaalien kilpailuasetelmaan

Paalujen CO₂-päästöt

- Lyötävät betonipaalut kilpailukykyisiä verrattuna teräspaaluihin
- Teräspaalujen päästöt alenevat merkittävästi, kun teräksen valmistus uudistuu
 - Tulevaisuudessa vaihe, jolloin tarjolla sekä normaalia että vähäpäästöistä terästä
- Betonin päästöt alenevat pienemmin askelin



Betonipaalujen CO₂-päästöt

- Sementti aiheuttaa pääosan päästöistä
- GWP (A1-A3) ei sisällä kuljetusten tai paalukoneen päästöjä
- Paalujen kuljetus
 - 75 km: 2,8 kg CO₂ eq / paalu-jm (7,5%)
- Paalutuskoneen päästöt
 - < 40 tn: 45,3 kg CO₂ eq / h
 - > 40 tn: 86,8 kg CO₂ eq / h
 - Sähkö: 8,5 kg CO₂ eq / h
- Paalutuksen hukka
- Paaluperustusten optimointi (lujuus & dimensiot)

Esim. 50 m/h

0,9 kg/jm (2,4%)

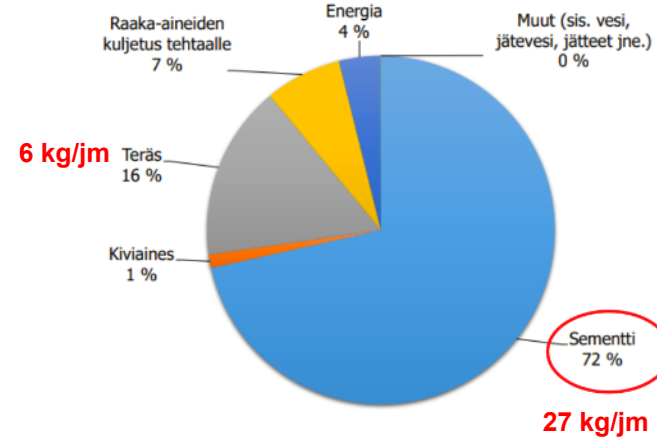
1,7 kg/jm (4,7%)

0,2 kg/jm (0,5%)

PAALU RTB-300-16®

A1-A3 päästöt (GWP): **37 kg CO₂ eq./paalu-jm**

Hiilijalanjäljen muodostuminen moduuleissa A1-A3



Keinot betonipaalujen päästöjen vähentämiseksi

1. CO₂-talteenotto

- Mahdollisuus suurin päästövähennyksiin: > 70%
- Kehittyvää, kallista tekniikkaa
- Käytössä 2030-luvulla

2. Seossementit

- Päästövähennykset 15...50%
- CEM III-sementit jo käytössä
- Hidastaa lujuudenkehitystä
- Seosaineiden saatavuus ja hinta

3. Reseptioptimointi

- Päästövähennykset 5...20%
- Kustannustehokas
- Vaikuttaa jossain määrin betonin ominaisuuksiin

4. Vaihtoehtoiset sideaineet

- Ei-portlandklinkkeriä
- Päästövähennykset 30...80%
- Eivät ole normien mukaisia
- Käyttö vaikeaa, tulevaisuus ???

Keinot betonipaalujen päästöjen vähentämiseksi

- **Lyhyellä aikavälillä seossementit ovat potentiaalisin keino**
 - Alkulujuus merkittävänä haasteena
 - Suuremmat päästövähennykset edellyttävät pidempiä kovettumisaikoja
-> tarvitaan muutos toimintatapoihin
- **Myöhemmin CO₂-talteenotto tulee mukaan**
 - Seosaineita tarvitaan edelleen
 - Talteenotto ei vaikuta lujuudenkehitykseen
- **Kannattaa myös selvittää mahdollisuudet**
 - Reseptioptimointi
 - Paalutuksen hukan vähentäminen
 - Paaluperustusten optimointi

BY-Vähähiilisyysluokitus

- **Vapaehtoinen järjestelmä betonin luokitteluun CO₂-päästöjen perusteella**
 - Jatkossa tilaajat voivat edellyttää tietyn GWP-luokan käyttöä
 - Esim. jotkut kaupungit infra-rakenteissa (valmisbetoni)
- **Käytössä valmisbetonille**
 - Tulossa elementtibetonille
 - Mahdollista myös paaluille
- **Paaluille vaihtoehtoina myös:**
 - Ympäristöseloste (EPD)
 - Uusi Ilmastoseloste ("kevyt-EPD")

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
<hr/>					
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
<hr/>					
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

KIITOS

jouni.punkki@aalto.fi