

Uusi paalutusohje PO 2011

- taustoitusta**
- prosessimuutosta**

Betoniteollisuuden paaluseminaari 2011
Jouko Törnqvist, VTT

Vain prosessia muuttamalla tehokkuus lisääntyy...teknogia on mahdollistaja

Nopeampaan kehittymiseen on kannustettava

hyvällä...
...tai...
pakolla

PO2011 on ensimmäinen, kevyt vaihe tähän suuntaan

RIL 254-2011 Paalutusohje 2011

Muutoslähtökohdat

- Käytössä olleet RIL paalutusohjeet
 - Suurpaalutusohje SPO-2001
 - Lyöntipaalutusohje LPO-2005
 - Pienpaalutusohje PPO-2007

- Geotekninen mitoitus perustui Suomen rakennusmääräyskokoelman osan B3 Pohjarakenteet määräyksiin (**kokonaisvarmuuslukumenetelmä**)
- Eurokoodien mukainen suunnittelu perustuu **osavarmuuslukumenetelmään**
- Lukuisat tuotanto-, tuote- ja materiaalistandardit EU:ssa
- Tuottajan tuotevastuu
- Toimiva paalurakenne muodostuu tuotteen ja asennuksen yhteistyönä
- Käytössä olevien ohjeiden täydentäminen ja päivittäminen.



Tavoitteet ja työsuunnitelma uusiin paalutusohjeisiin

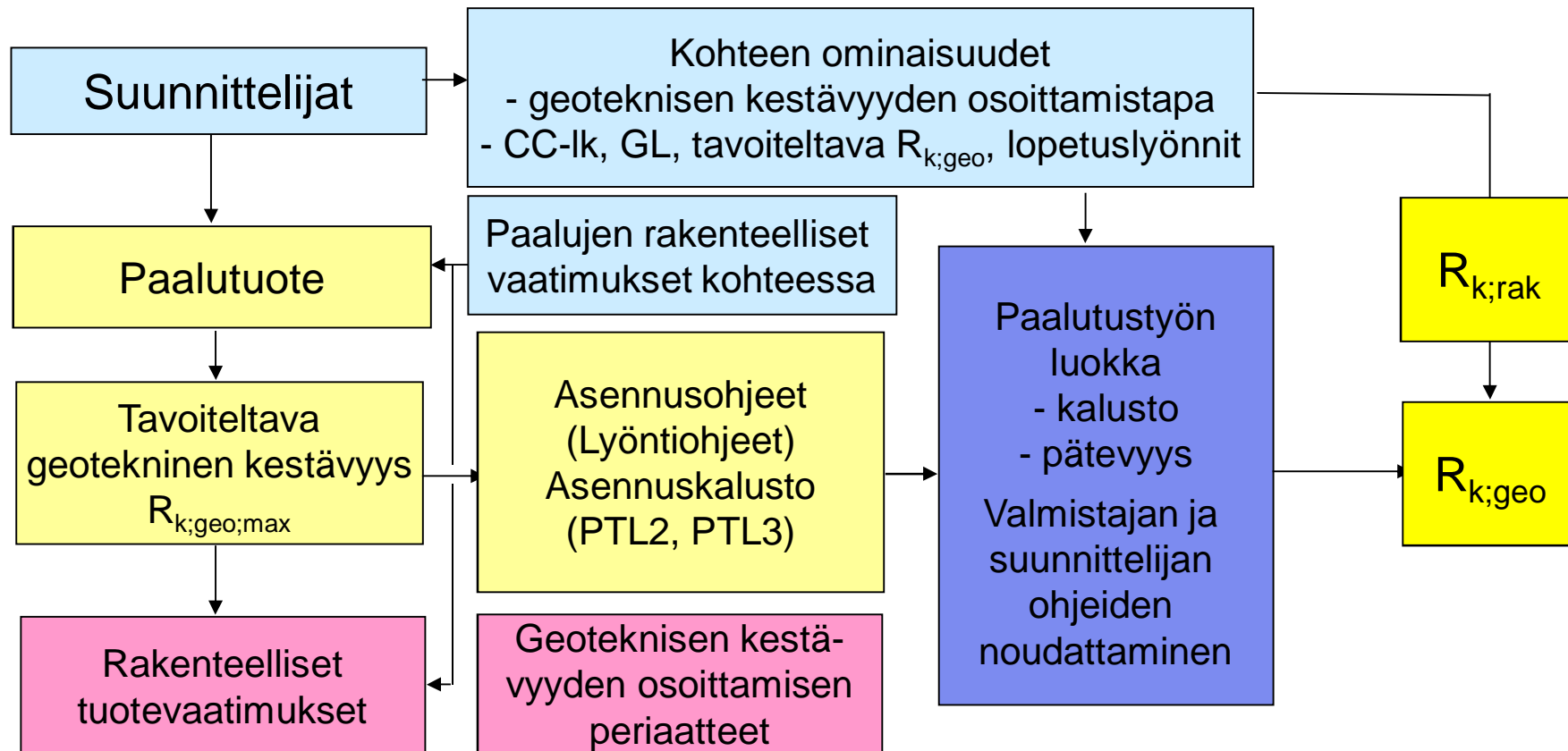
- Paalutusohjeen rakenteen uudistus kaksiosaiseksi:
 - Osa 1: Suunnittelun perusteet
 - Osa 2: Paalutusohje (Toteutus)
- Ohjeiden harmonisointi eurooppalaisiin standardeihin
- Periaatteelliset asiat
 - Eri paalutyypin geotekninen ja rakenteen **mitoituseriaatteet ovat samat paalumateriaalista riippumatta**
 - **Geotekninen ja paalun rakenteen mitoituseriaatteet tehdään eurooppalaisten standardien mukaisesti**
 - Hyväksi havaitut kokemusperäiset paalutusta koskevat asiat, joita on ”nykyisissä” paalutusohjeissa säilytetään uudessa ohjeessa, mikäli eivät ole ristiriidassa eurooppalaisten standardien kanssa

Mitä on muuttunut?

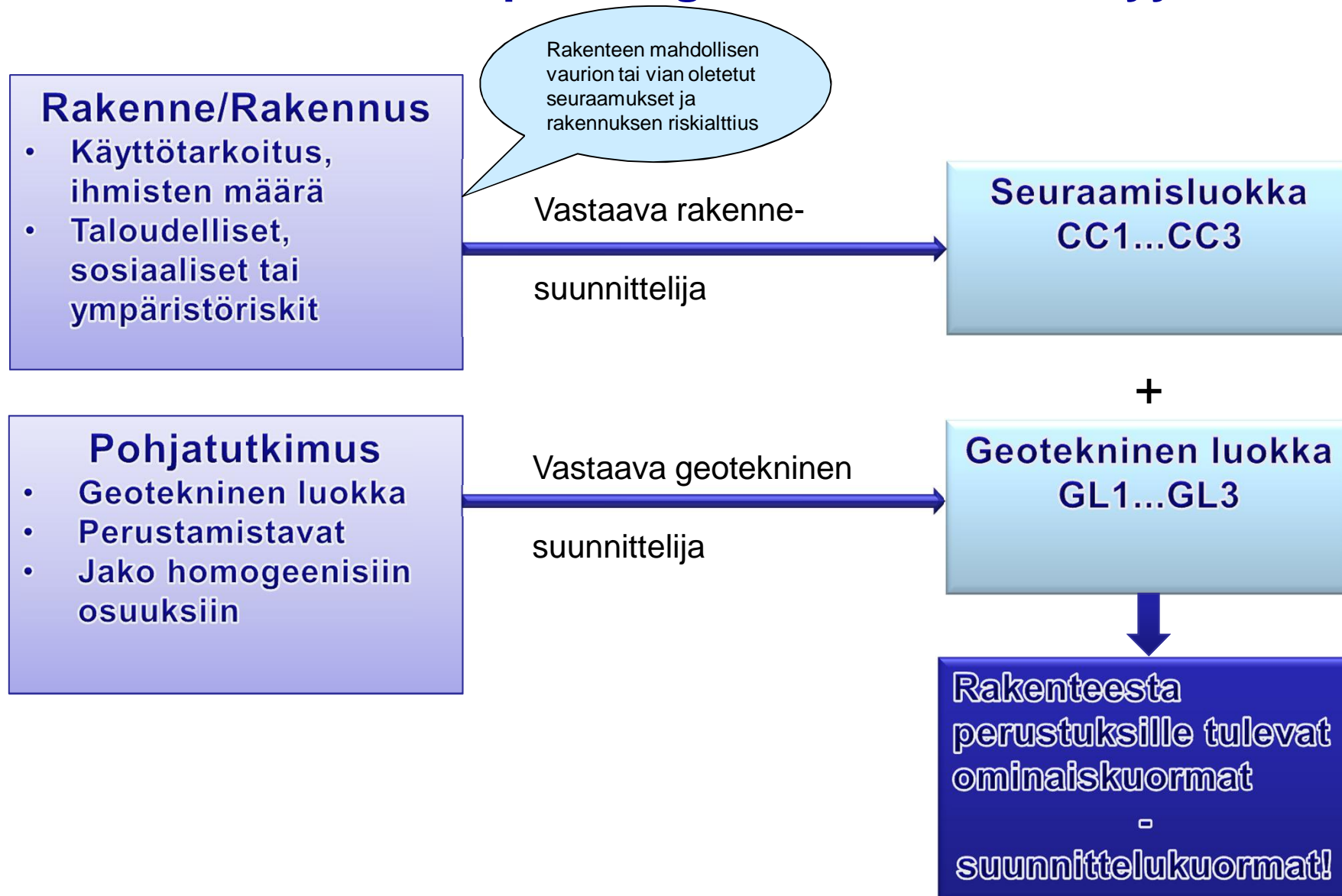
- Paalutusohjeessa esitellään paalutustyöluokat PTL1-3. Paalutustyönluokka on paalutustyön toteutuksen huomioiva luokitus.
 - Luokituksella on pyritty varmistamaan se, paalutuksessa käytetään asianmukaista kalustoa, paalutustyön suorittaja on riittävän perehtynyt paalutustyöhön ja että kohteen laatuvaatimukset täyttyvät .

- Paalutusohjeessa ei esitetä lyöntipaaluille lopetuslyöntiohjeita
 - Ohjeessa annetaan lopetuslyönneille laadintaohjeet, joiden perusteella paaluvalmistajat laativat ohjeet eri paalutyypeille ja lyöntikalustoille.
 - Loppulyöntien laskennassa on siirrytty 2000- luvulle ja laskenta perustuu iskuaaltoanalyysiin (aikaisemmissa ohjeissa loppulyöntien laskenta on perustunut dynaamisiin paalutuskaavoihin).

Paalulta tavoiteltava geotekninen kestävyys määräytyy tuotteen ja työn perusteella



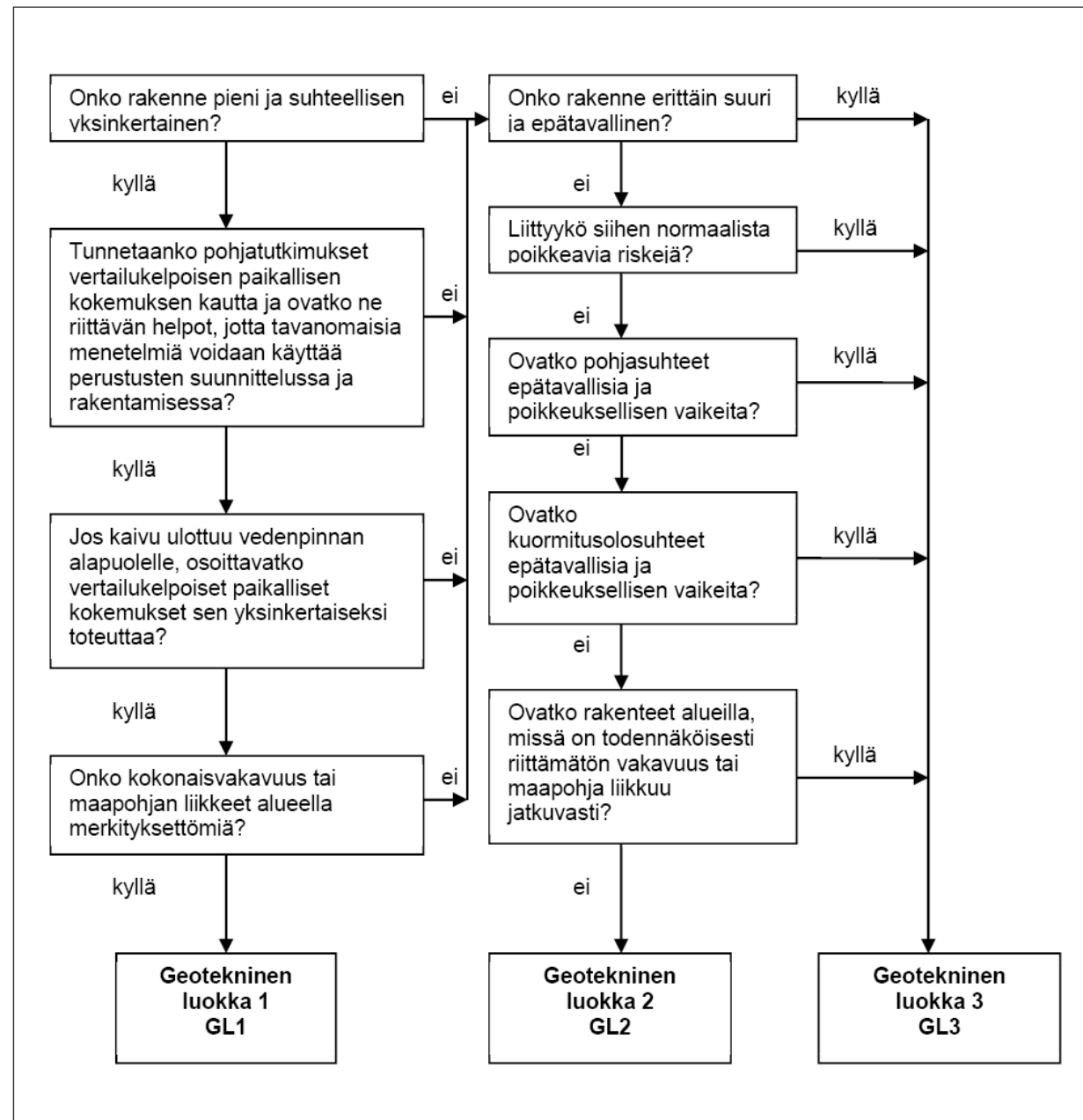
Miten ennakoin paalun geoteknisen kestävyys



Geotekninen luokka

- Geotekniset luokat
GL1, GL2 ja GL3
- Helpot kohteet GL1
- Vaativat kohteet GL2
- Erittäin vaativat GL3

- Vrt ent. RakMK B, A, AA



Paalutustyöluokka

- Esivalmisteisten paalujen ja paaluvarusteiden **valmistajat osoittavat paalun rakenteen täyttävän paalutustyöluokan vaatimukset.**
- Suomen Geoteknillinen Yhdistys ry pitää vaatimukset täyttävistä paaluista ajantasaista luetteloa internetissä sivuilla www.sgy.fi.
- Paalujen käsittelyyn, asennukseen ja muiden paalujen käyttöön liittyvistä asioista **valmistaja tai toimittaja antaa erityisohjeet** Paalutusohjeen PO2011yleisperiaatteita noudattaen.

Taulukko 4.18. Paalutustyöluokat PTL1, PTL2 ja PTL3 tavanomaisessa rakentamisessa.

	Seuraamusluokka, ks. SFS-EN 1990		
<u>Geotekninen luokka</u> , ks. kohta 2.3	CC1	CC2	CC3
GL1*	PTL1...PTL3	PTL2...PTL3	PTL2...PTL3
GL2	PTL1...PTL3	PTL2...PTL3	PTL3
GL3	PTL2...PTL3	PTL2...PTL3	PTL3

*ei ole yleensä paaluttamista edellyttävä kohde

Eurokoodi 7 mukainen geotekninen mitoitus

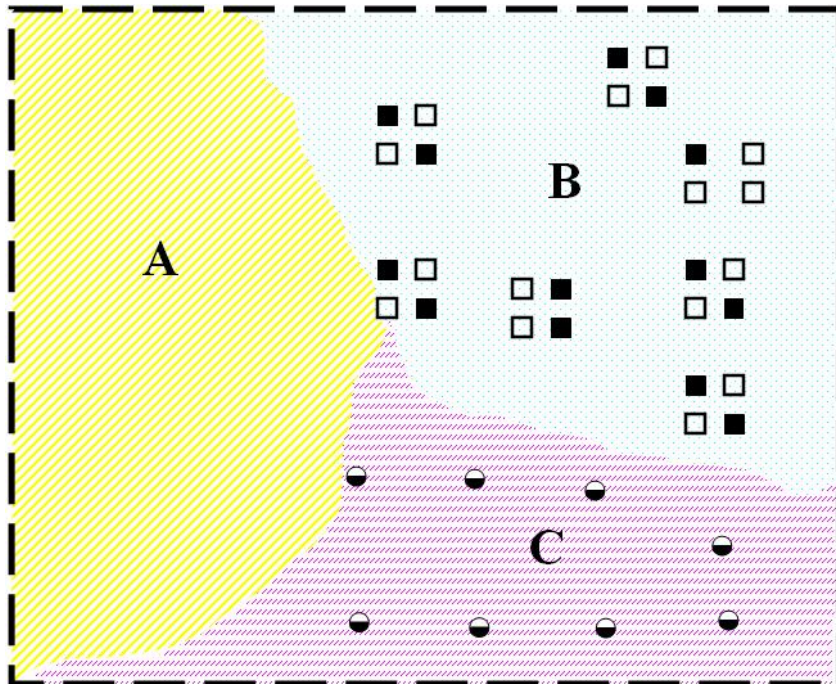
SFS-EN 1997-1:n mukaan paalun geoteknisen mitoituksen tulee perustua johonkin seuraavista menettelyistä:

- **staattisten koekuormitusten** tuloksiin, joiden on laskelmin tai muulla tavoin osoitettu vastaavan muita kyseeseen tulevia kokemuksia
- **kokemusperäisiin tai analyttisiin laskentamenetelmiin**, joiden paikkansapitävyys on osoitettu staattisilla koekuormituksilla vastaavissa olosuhteissa
- **dynaamisten koekuormitusten tuloksiin**, joiden paikkansapitävyys on osoitettu staattisilla koekuormituksilla vastaavissa olosuhteissa
- **vastaavanlaisen paaluperustuksen havaittuun käyttäytymiseen** edellyttäen, että pohjatutkimusten ja muiden kokeiden tulokset tukevat tätä menettelyä.

- Eurokoodin mukainen paalun geoteknisen kestävyuden määrittäminen perustuu keskieuropalaiseen geologiaan, jossa pohjoismaissa useimmiten käytetty tukipaalu harvoin tulee käyttöön. Tämän vuoksi eurokoodi korostaa staattista koekuormitusta referenssimenettelynä.

Paalutusohje 2011: Suomessa käytetyt paalut ovat suurimmaksi osaksi tukipaaluja, jolloin [referenssimenettelynä voidaan käyttää luotettavasti dynaamisia koekuormituksia](#).

Jako homogeenisiin alueisiin – geosuunnittelija/pohjatutkija



Mitä paaluja käyttäisin?

Paljonko paaluille
sallitaan kuormitusta?

Teräsbetonipaalu?

Teräslyöntipaalu?

Porapaalu?

Toimitusaika?

Kaivinpaalu?

€?

Asentaminen

Paalutusluokka
?

Missä tässä €©®## ohjeessa on sanottu paljonko paalu ottaa kuormaa vastaan!!!
Miten saan paalukartan piirretyksi tarjouspyyntöäkään varten?

ξ:llä ponnistetaan geotekniseen kestävyteen...

$$F_{c;d} \leq R_{c;d}$$

Mitoituskuorma
pienempi kuin
kestävyyden
mitoitusarvo

$$R_{c;d} = R_{c;k}/\gamma_t$$

$$F_{\text{kuorma}} \leq P_{\text{sall}} \equiv \frac{P_m}{F}$$

Ominaiskuorma
pienempi kuin sallittu
paalukuorma

Kestävyden mitoitusarvo on
kestävyyden ominaisarvo
jaettuna kestävyden
ominaisvarmuusluvulla

Kestävyys	Merkintä	
Kärki	γ_b	1,20
Vaippa	γ_s	1,20
Kokonais-/yhdistetty	γ_t	1,20

Osavarmuusmenetelmä - Pelkistys

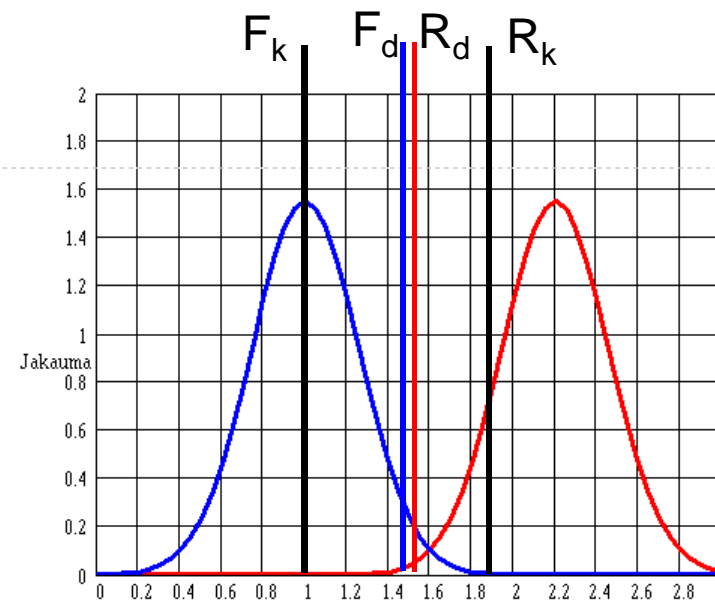
- luotettavuusluokassa RC3 - 50 vuoden jaksolla luotettavuusindeksi $\beta > 4,3$
- luotettavuusluokassa RC2 - 50 vuoden jaksolla luotettavuusindeksi $\beta > 3,8$
- luotettavuusluokassa RC1 - 50 vuoden jaksolla luotettavuusindeksi $\beta > 3,3$

$$F_{c;d} \leq R_{c;d}$$

$F_{c;d}$ mitoituskuorma

$R_{c;d}$ kestävyuden mitoitusarvo

Pohjatutkimusparametreja koskevia ominaisarvojen standarditaulukoita käytettäessä, ominaisarvo R_k tulee valita hyvin varovaisena arvona.



$$F_d = F_k \cdot \gamma_F \quad R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$$

....ξ:llä ponnistetaan geotekniseen kestävyteen

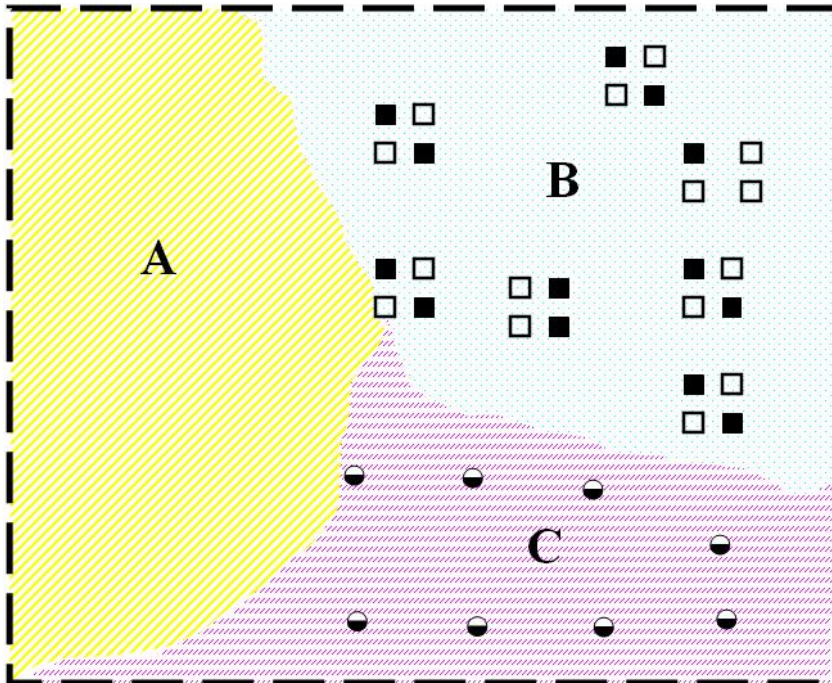
$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;m})_{\text{mean}}}{\xi_1}, \frac{(R_{c;m})_{\text{min}}}{\xi_2} \right\}$$

Korrelaatiokertoimet ξ ominaisarvon johtamiseksi **staattisista koekuormituksista** (n = koekuormitettujen paalujen lukumäärä)

n^*	1 / 2 %	2 / 10 %	3 / 50 %	4 / 75 %	5 / 100 %
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

* Lukumäärällä n tarkoitetaan geoteknisen kestävyden kannalta samanlaisissa pohjasuhteissa tehtyjen samanlaisten paalujen mittausten lukumäärää tai osuutta paalujen kokonaismäärästä. Kappalemäärän tai prosenttiosuuden mukaan valitaan se, jonka perusteella saadaan pienempi korrelaatiokerroin.

Takaisin samanlaisten pohjasuhteiden käsitteeseen



Lukumäärällä n tarkoitetaan **geoteknisen kestävyden kannalta samanlaisissa pohjasuhteissa** tehtyjen samanlaisten paalujen mittausten lukumäärää tai osuutta paalujen kokonaismäärästä (50 %, 100 %). Kappalemäärän tai prosenttiosuuden mukaan valitaan se, jonka perusteella saadaan pienempi korrelaatiokerroin.

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;m})_{\text{mean}}}{\xi_1}, \frac{(R_{c;m})_{\text{min}}}{\xi_2} \right\}$$

n^*	1 / 2 %	2 / 10 %	3 / 50 %	4 / 75 %	5 / 100 %
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

Se, miten määritän kestävyys on sovittava ennen tarjouspyyntöä

Hyötykuorman osuus 40 %

Seuraamusluokka CC2

Paaluja likimäärin 100 kpl

Kestävyys ominaisarvo
1000 kN

Kuormaa jakava liityntä ylärakenteisiin

	n			n	
Staatinnen koekuormitus	5	613 kN	+35 %		
Dynaaminen koekuormitus - ei signaalin sovitus	5	526 kN	+16 %	20	546 kN 20 %
Dynaaminen koekuormitus - signaalin sovitus	5	585 kN	+29 %	20	606 kN 33 %
Paalutuskaava - jouston mittaus	5	478 kN	+5 %		
Paalutuskaava - ei jouston mittaus	100	455 kN	0 %		
Paalutuskaava - jouston mittaus	100	498 kN	+9 %	20	498 kN +9 %

Näin, jos minimikestävyys ei ole enempää kuin n. 15 % keskiarvokestävyyttä pienempi

Esimerkki dynaaminen koekuormitus vs. loppulyöntipainuma

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;m})_{\text{mean}}}{\xi_5}; \frac{(R_{c;m})_{\text{min}}}{\xi_6} \right\}$$

10 paalua

Dynaaminen koekuormitus

n^*	2–4/1–4 %	5–9/5–39 %	10–14/40–64 %	15–19/65–89 %	$\geq 20/90–100$ %
ξ_5	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
ξ_6	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

Paalutuskaava; ellei joustoa mitata, kerrotaan 1,09:llä

n	≥ 2	≥ 5	$\geq 10/50$ %	≥ 15	$\geq 20/100$ %
ξ_5	1,76	1,65	1,60	1,56	1,54
ξ_6	1,65	1,49	1,43	1,38	1,38

$$1,09 \cdot 1,60 = 1,74$$

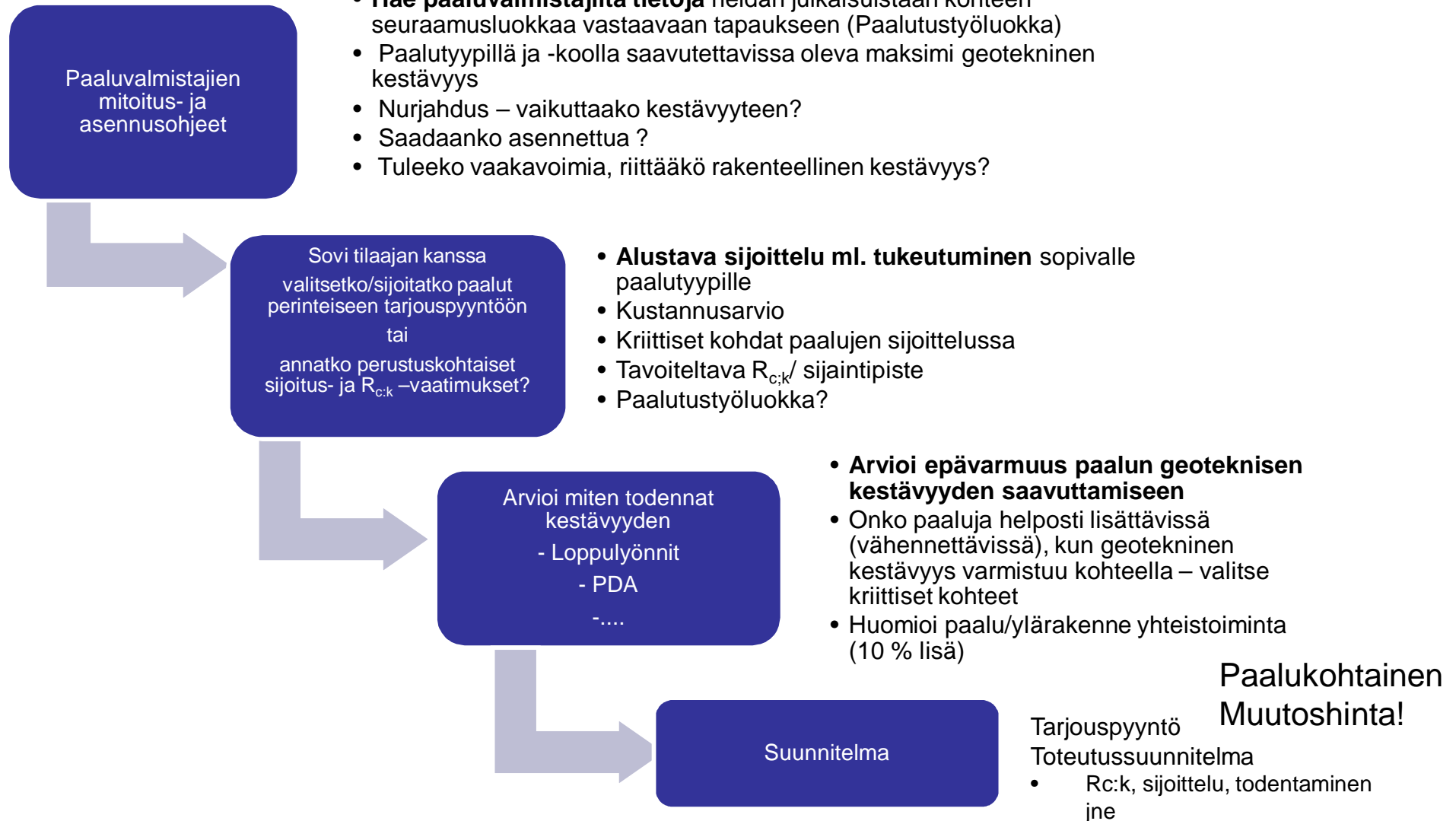
$$1,09 \cdot 1,43 = 1,56$$

Geoteknisen kestävyuden määrittäminen

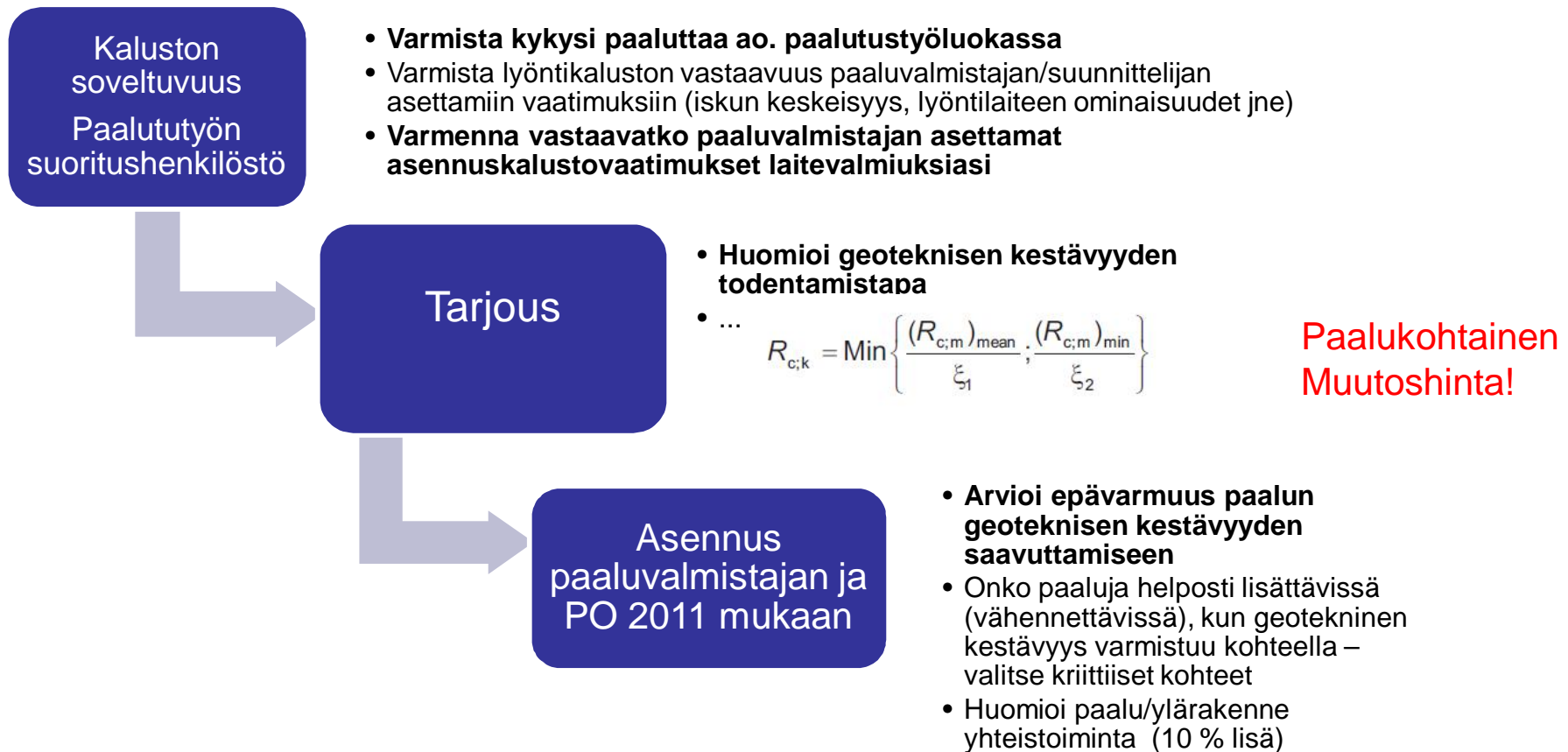
		PDA1	PDA2	Paalutuskaava/lopetuslyönnit
		$R_{c:m}$	$R_{c:m}$	$R_{c:m}$
	ID			
	1	1000	1000	1000
	2	1020	1020	1000
	3	970	970	1000
	4	980	980	1000
	5	970	770	1000
	6	1030	1030	1000
	7	1015	1015	1000
	8	1050	1050	1000
	9	985	985	1000
	10	975	975	1000
	$(R_{c:m})_{\text{mean}}$	1000	980	1000
	$(R_{c:m})_{\text{min}}$	970	770	1000
ξ_5	1.45	689	676	ξ_5 1.74 575
ξ_6	1.3	746	592	ξ_6 1.56 641
		$R_{c:k}$		

Kun käytetään paalutuskaavoja, maakerrosrajat tulee olla määritetty.

Arviointiprosessi, suunnittelija



Urakoitsija, perinteinen työprosessi



Paalutuskoneen vaatimusten asetanta jää paalutuottajalle

Paalutustyöluokissa PTL2 ja PTL3 lyöntilaitteen valmistajan, maahantuojaan tai käyttäjän on selvitettävä **paalutukseen olennaisesti vaikuttavat erilaiset tekijät**. Näitä ovat mm. lyönnin kokonaistehokkuus, soveltuvat iskusuojat eri paalujen lyöntiin, iskusuojiin vaikutus paaluun välittyviin jännityksiin eri paalutypeilla.

Lyöntilaitteen olennaisten muutostöiden yhteydessä ja uusia paalutyyppisiä asianomaisella lyöntilaitteella asennettaessa, tiedot päivitetään.

Paalutustyön suorittajalle pätevyysvaatimuksia

Paalutuskoneen kuljettajan on tunnettava paalutusprosessi:

- paalutuksen syy rakennuskohteessa
- perusteet valitun paalutustyömenetelmän käytöstä
- työn laadun vaikutukset seuraaviin työvaiheisiin ja lopulliseen rakenteeseen

Paalutustyöluokan 3 työssä paalutuskoneen käyttäjän **tulee osoittaa pätevyytensä tarkoitukseen sopivalla näyttötutkinnolla tai koulutuksesta saadulla todistuksella**. Lisäksi käyttäjällä tulee olla vähintään viiden vuoden kokemus paalutustyöstä, josta vähintään kolme vuotta paalutuskoneen käyttäjänä.

Paalutustyöluokan 2 työssä paalutuskoneen käyttäjällä tulee olla vähintään vuoden kokemus paalutustyöstä ja riittävät tiedot paalutuskoneesta ja sen käytöstä ja paalutustyön laatuun vaikuttavista tekijöistä. **Kokemuksen ja tietojen riittävyys osoitetaan vastaavan paalutustyönjohtajan pätevyyden omaavan henkilön antamalla todistuksella. Vaihtoehtoisesti pätevyys voidaan osoittaa sopivalla näyttötutkinnolla tai koulutuksesta saadulla todistuksella.**

Paalutustyöluokan 1 työssä paalutuskoneen käyttäjällä tulee olla riittävät tiedot paalutuskoneesta ja sen käytöstä ja paalutustyön laatuun vaikuttavista tekijöistä.

Entä paalutuote – kestääkö se jatkossa käsittelyä?

- Paalut suunnitellaan, valmistetaan ja asennetaan siten, että asennettujen paalujen suunniteltu käyttöikä on vähintään sama kuin niiden varaan rakennettujen rakenteiden käyttöikä. Suunniteltu käyttöikä merkitään suunnitelmissa.
- Paalun on kestettävä riittävästi käyttöikänsä aikana kaikki kuormitukset sekä käsittelemisen aiheuttamat rasitukset. Paalun on vastattava suunnitellun käyttöikänsä aikana kaikkiin suunniteltuihin kuormituksiin.
- Mitä tulee paalujen käsittelyyn, on noudatettava Eurooppalaisten standardien mukaisesti paalujen käsittelyä koskevia ohjeita. Ohjeita tulee dokumentoida.
- Paalun käsittely on toimitettava pois työmaalta.
- Paalutettujen teräsbetonipaalujen ja jännebetonipaalujen betonin valmistuksessa noudatetaan standardia SFS-EN 12794 ja sen viitestandardeja, kuten SFS-EN13369 ja SFS-EN 206-1.

Valmistaja vastaa paalusta ja sen asennettavuudesta
Paaluttaja vastaa siitä, että noudattaa valmistajan ohjeita
käsittelystä

Lyönninkestävyys

$$R_{k;geo;max} \leq R_{lyöntikestävyys}$$

Puristus

Paalun materiaali	Suurin sallittu puristusrasituksen aikaansaava keskeinen lyöntivoima asennettaessa $F_{c;lyönti}$	Suurin kestävyuden ominaisarvo $R_{k;geo;max}$
Teräspaalu	$\leq 0,9 \cdot f_{yk} \cdot A_s$	PTL3: $R_{k;geo;max} \leq F_{c;lyönti}$ PTL2: $R_{k;geo;max} \leq 0,8 \cdot F_{c;lyönti}$ PTL1: $R_{k;geo;max} \leq 0,6 \cdot F_{c;lyönti}$
Teräsbetonipaalu	$\leq 0,8 \cdot f_{ck} \cdot A_c^a$	PTL3: $R_{k;geo;max} \leq F_{c;lyönti}$ PTL2: $R_{k;geo;max} \leq 0,8 \cdot F_{c;lyönti}$ PTL1: $R_{k;geo;max} \leq 0,6 \cdot F_{c;lyönti}$
Puupaalu	$\leq 0,8 \cdot f_{c,0,k} \cdot A_{min}$	PTL3: Ei käytetä PTL2: $R_{k;geo;max} \leq 0,8 \cdot F_{c;lyönti}$ PTL1: $R_{k;geo;max} \leq 0,6 \cdot F_{c;lyönti}$

Veto

Paalun materiaali	Suurin lyöntivoima asennettaessa, vetorasitus $F_{t;lyönti}$
PTL1-3 Teräspaalu PTL1-3 Teräsbetonipaalu	$F_{t;lyönti} \leq 0,9 \cdot f_{yk} \cdot A_s$ $F_{t;lyönti} \leq 0,9 \cdot f_{yk} \cdot A_s$

Rakenteen normalisointisuurena (eri materiaalit samalle viivalle) on momentinkestävyys

Mitä suurempaa geoteknistä kestävyyttä paalurakenteella tavoitellaan sitä enemmän rakenteen on kestettävä lyönninaikaisia rasituksia (geoteknisen kestävyuden osoittaminen tapahtuu lyömällä)

Puristus- ja vetokestävyuden lisäksi rakenteen kyvykkyyden suoriutua mitataan momentinkestävyutenä

$$M_k \geq R_{k;gec} \cdot i_{red}$$

Valittu siten, ettei muutos nykyisiin rakenteisiin olisi suuri

Tuotestandardeja joudutaan noudattamaan...

Betonipaalut tuotestandardi SFS EN 12794

(Testausvaatimukset)

EN1993-5: Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 5: Paalut.
Kansallinen liite.

-Sisältää lyönti ja porapaalujen jatkoksien kestävyys- ja jäykkyyksvaatimukset

(Kansalliset vaatimukset)

Vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen

Vuonna 2013 tuotteiden CE –merkintä on pakollinen

Varmennettu käyttöseloste siirtymäkaudella

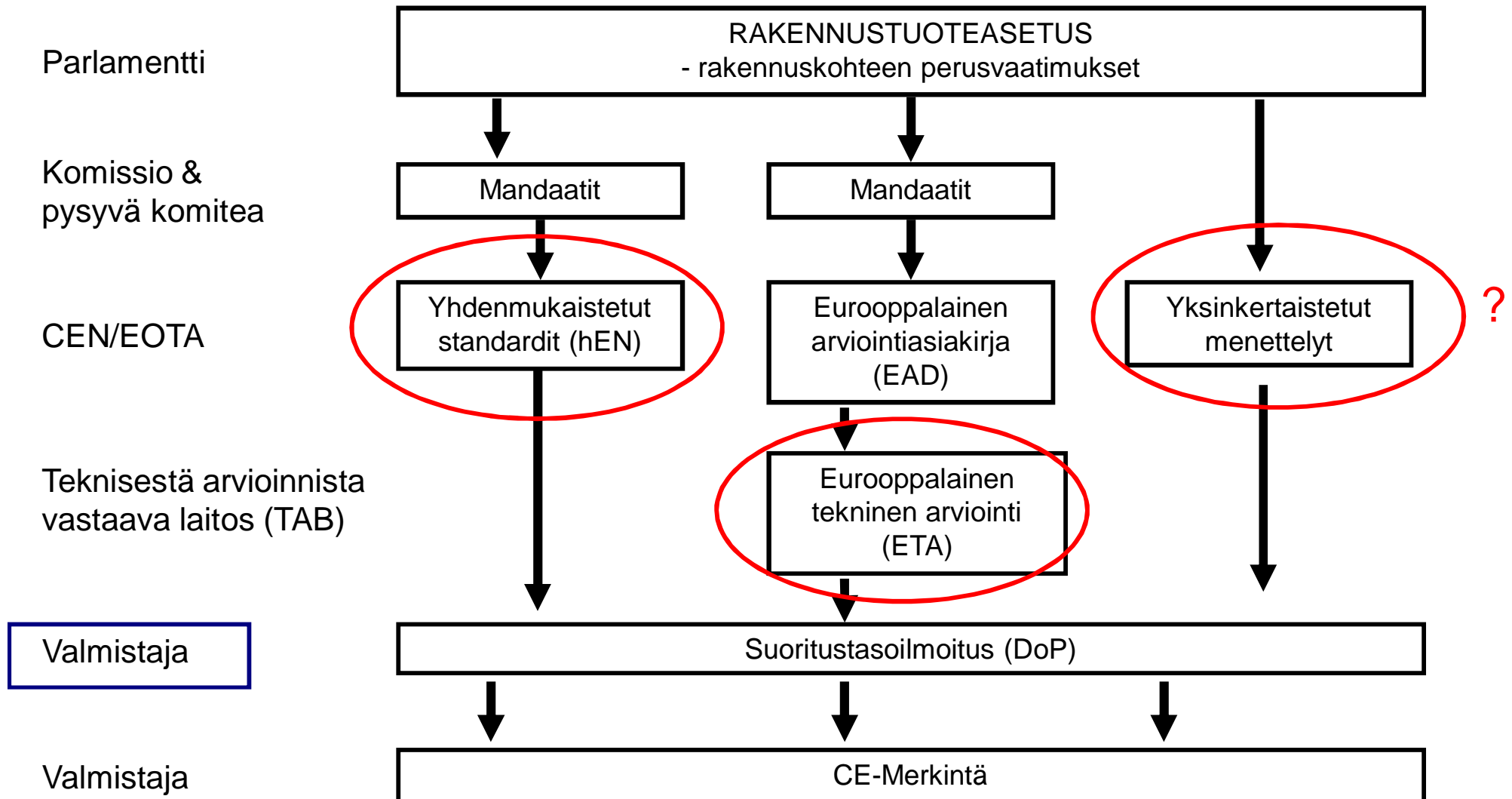
Lainsäädännön muutostarpeet

- Rakennustuoteasetus sellaisenaan voimaan, kumottava päällekkäinen lainsäädäntö
- Muutoksia Maankäyttö- ja rakennuslakiin
- Laki rakennustuotteiden hyväksynnästä (230/2003) kirjoitettava kokonaan uudelleen, samoin kuin asetus rakennustuotteiden hyväksynnästä (1245/2003)
- Laki liikenneväylien ja yleisten alueiden rakennustuotteiden hyväksynnästä (797/2007) tarkistettava

Rakennustuoteasetus

- Tarkkojen ja luotettavien tietojen saanti rakennustuotteiden suoritustasoista ja ominaisuuksista
- Tavoitteena ei ole rakennustuotteiden yhdenmukaistaminen

Rakennustuoteasetuksen järjestelmä



Uudistusten jälkeekin

...lyöntipaalu on kantava rakenne, joka asennetaan lyömällä sitä yläpäästä, jolloin alapää menee maan sisään...



**VTT luo teknologiasta
liiketoimintaa**