

Puurakentaminen lisääntyy, riittääkö osaaminen?

Työpaja 3.3.2011 Helsingissä

Ammatissa toimivien jatkokoulutustarve

Professori Ralf Lindberg, Tampereen teknillinen yliopisto

1. Taustaa
2. Perusasiat ovat tärkeitä kaikessa koulutuksessa
3. Asiat voidaan oppia myös yksinkertaisesti, kun sen on oppinut, voi helposti laajentaa osaamistaan.
4. Koulutusajatuksia

Opettajat, oppikirjat ja opetusmenetelmät ovat keskeisiä. Kaikissa on kehitettävää.

Suunnittelua tehdään ohjelmistoilla, mutta niiden käytön opettelu ei ole pääasia, ymmärtäminen on.

Osaaminen ratkaisee.

Puurakentaminen kehittyi parhaiten, kun mahdollisimman moni osaa suunnitella rakenteita puusta.

Naulalevyristikko on esimerkki puualan huipputuotteesta, josta tavallinen suunnittelija ymmärtää hyvin vähän. Muitakin esimerkkejä on.

Puurakenteista ja puurakentamisesta tulisi käydä paljon nykyistä enemmän suunnittelijoiden välistä keskustelua. Se veisi asioita eteenpäin. Kilpailun seurauksena monet tärkeät rakenteelliset näkökohdat jäävät ”salaisuuksiksi”.

”Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty”

Sananlasku pitää paikkansa myös rakentamisessa, mutta se ei ole läheskään riittävä.

Koko rakennushankkeen kaikkien ketjun lenkkien on huolehdittava omasta osuudestaan ja liittymistä eri rajapintoihin. Vain näin voidaan saavuttaa laadukas lopputulos.

Mikä tahansa osapuoli voi aiheuttaa toimillaan huonolaatuisen lopputuloksen.

Vaikka jokin osapuoli hoitaisi osansa täydellisesti, lopputuloksen laatu voi kuitenkin olla huono. Kaikkien osapuolten on onnistuttava.

Rakentaminen on kokonaisuuden hallintaa.

Tavoitteena on muodostaa monista vaikuttavista tekijöistä mahdollisimman toimiva kokonaisuus.

Rakennuksen on oltava käyttökelpoinen, rakenteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä. Energiaa tulee säästää ja rakenteiden tulee olla ekologisia, jne. Lisää uusia huomioon otettavia näkökulmia tulee esiin jatkuvasti.

On täysin selvää, että monista vaikuttavista osa-alueista voidaan ottaa huomioon vain perustason tietämys. Vaikeus liittyy toimivan kokonaisuuden löytämiseen. Se on aina eräänlainen kompromissi.

Yleinen kehitys kulkee täysin päinvastaiseen suuntaan. Kaikki osa-alueet tulevat monimutkaisemmiksi ja vaikeammin hallittaviksi. Monissa tapauksissa kokonaisuuden hallinta on ”karannut käsistä”.

Rakennesuunnittelussakin riittää suunniteltavaa

Rakenteet ja elementit (valmisosat), erityisesti jäykistys puukerrostaloissa

Lämmöneristys

Kosteudenhallinta

Vedeneristykset

Palo

Ääneneristykset, jne.

Euroopan yhdentymisen myötä suunnittelunormisto laajenee ja monimutkaistuu ennen kokemattomalla vauhdilla.

Noin 30 vuoden aikana rakennesuunnittelijan normisto on kasvanut laajuudeltaan noin satakertaiseksi.

## Koulutus

Perusosaaminen on rakentajien yhteinen kieli. Monen sortuman jälkeen on kuulunut selityksiä: ”Jo otsalla näkee, että rakenne ei ollut toimiva”. Miksi kukaan rakentamisen aikana ei huomannut tätä?

20/80 säännöt ovat voimassa kaikessa rakentamisessa, myös koulutuksessa. 20 % ydinasioilla pärjää 80 % tapauksista. Samalla tulee kokemusta siitä, että tämä tapaus ei kuulu osaamisen piiriin, jolloin voi etsiä asiantuntija-apua.

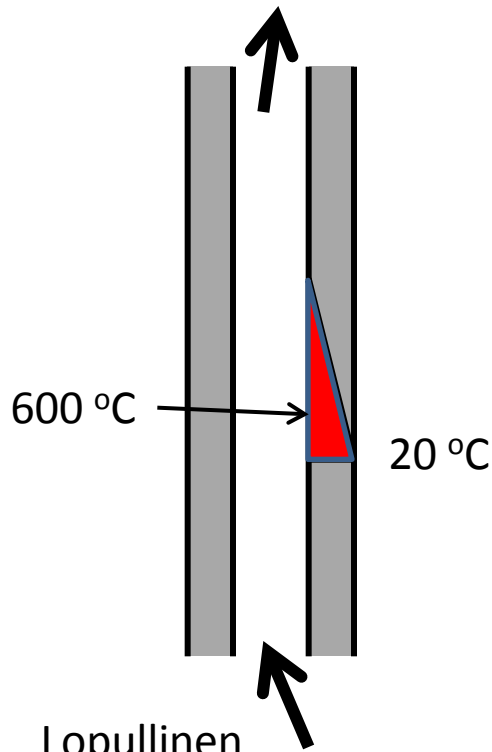
Koulutuksessa tulee keskittyä perusosaamisen oppimiseen ja rakenteiden toiminnan käsittelyyn. Asian ymmärtäminen on välttämätöntä oppimisessa.

Normiston paisumisen myötä opetettavien asioiden huima määrä sekoittaa oleellisen ja epäoleellisen niin oppilaan kuin opettajankin päässä.

Ihminen oppii eniten asioita omassa päässään kehittelemällä, ei lukemalla tai kuuntelemalla. Tämä on haaste ja mahdollisuus opettajille.

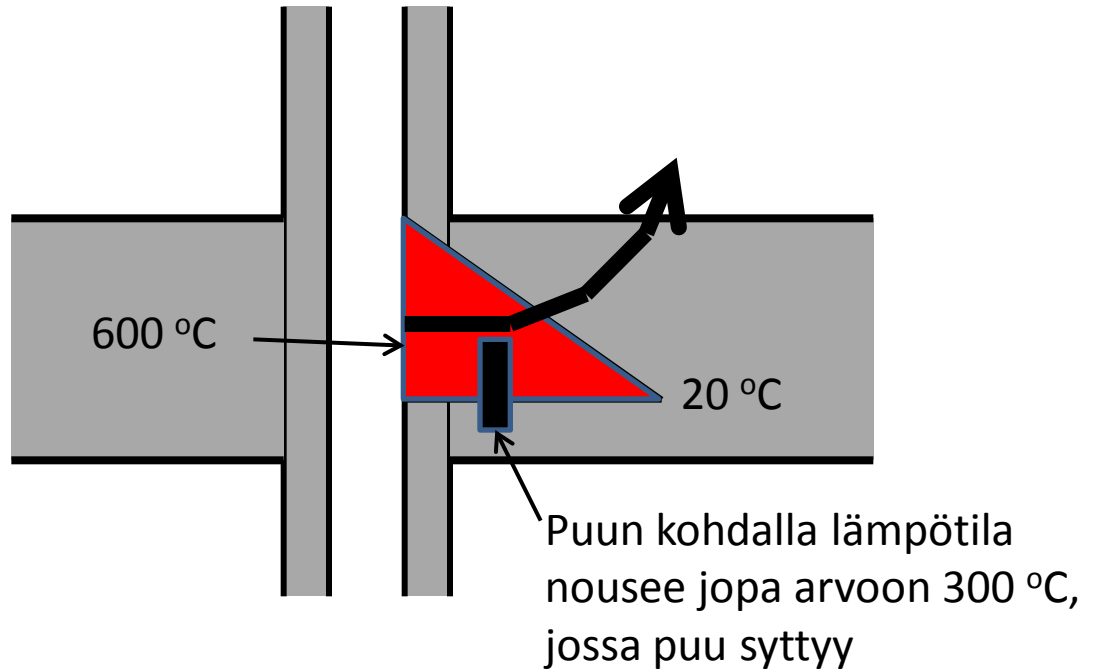
# Kevythormin käyttäytyminen yläpohjan eristeen kohdalla

Hormin sisällä lämpötila voi olla 600 °C, mutta ulkopinnassa noin 20 °C.



Lopullinen lämpötilakenttä syntyy 1...2 h kuluessa lämmityksen aloittamisesta

Yläpohjan läpimenon kohdalla eristettä on paljon enemmän kuin hormin 50 mm. Lämpötilakenttä tasoittuu pidemmällä eristeen paksuuden matkalla.



Lopullinen lämpötilakenttä syntyy 2...3 h kuluessa lämmityksen aloittamisesta. Ongelma pahenee eristemäärän kasvaessa.

Tietotekniikka on hyvä renki, mutta todella huono isäntä.

Rakenteiden suunnittelussa voi tietotekniikkaa hyödyntää vain se, jolla on korkeatasoinen ja syvällinen asiantuntemus rakenteiden toiminnasta.

Tämän tulee olla itsestään selvää.

Monimutkaista normistoa ei voida sivuuttaa käyttämällä tietotekniikkaa apuna.

On mahdollista suunnitella ja kehittää rakenteiden ”formula 1” käyttäen hyväksi normiston ja tietotekniikan mahdollisuuksia. Ongelma liittyy siihen, että rakentajaa voi verrata formulakuljettajaan, jolla ei ole ajokorttia.

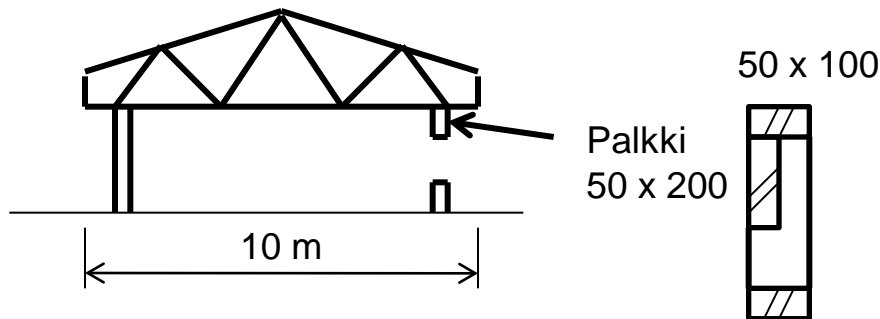
Menestyvällä rakennesuunnittelijalla tulee olla seuraavat asiat filosofisella tasolla selkäytimessä

		Karkea	Tarkka	Tiede
1	Kuormat	riittävät	EC	*****
2	Rasitukset	$qL^2/8$	3D epälin	*****
3	Materiaalit	karkea	tarkka	*****
4	Mitoitus	selkeä	EC	*****
5	Stabiilisuusrakenteen estäminen	hoikkuus	2. kerta-luku	*****
6	Liitokset			*****

Eri osa-alueiden tarkka käsittely (voi) hävittää ymmärryksen kokonaisuudesta.

Rakentamiseen liittyy lukuisia joukko myös muita näkökulmia. Matriisin laatikoita on lopulta tuhansia.

## Omakotitalon ikkunapalkki



Ikkunapalkin L 1900. Kestääkö poikkileikkaus 50 x 200?

### Materiaaliominaisuudet

Kun jälkikäteen arvioidaan puurakenteiden kantavuuksia, on materiaaliominaisuudet otaksuttava "varman päälle".

Seuraavia arvoja voidaan käyttää (noin lujuusluokka T30 tai C30).

$\sigma = 10$  MPa, taivutus, puristus

$\tau = 1$  MPa, leikkaus

$\sigma = 1,5$  MPa, leimapaine

$E = 7000$  MPa, kimmokerroin

Lujuusarvoihin on sijoitettu kaikki tarvittava varmuus (nk. sallittu jännitys), kuormat otetaan suunnittelussa huomioon ominaisarvoina.

Palkin sallitut rasitukset

Taivutusmomentti:

$$W = b \cdot h^2 / 6 = 50 \cdot 200^2 / 6 = 0,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_s = \sigma \cdot W = 10 \cdot 0,33 = 3,3 \text{ kNm}$$

Leikkausvoima:

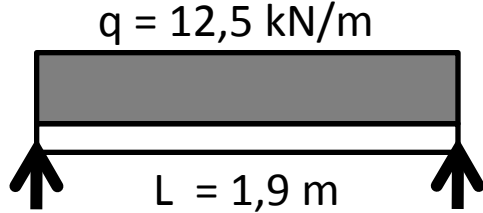
$$A = b \cdot h = 50 \cdot 200 = 10 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$Q_s = \frac{2}{3} \tau \cdot A = 0,67 \cdot 10 = 6,7 \text{ kN}$$

Taivutusjäykkyys EI:

$$I = b \cdot h^3 / 12 = 50 \cdot 200^3 / 12 = 0,033 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$EI = 7000 \cdot 0,033 = 233 \text{ kNm}^2$$



### Kuormitus

Katon paino ja lumikuorma ovat yhteensä noin  $2,5 \text{ kN/m}^2$ . Tästä saadaan palkin kuormaksi  $2,5 \times 5 = 12,5 \text{ kN/m}$ , kun ikkunapakin kuorma otaksutaan tasaiseksi, mikä yleensä on melko hyvä arvio (tarkista).

$$M = q \cdot L^2 / 8 = 12,5 \cdot 1,9^2 / 8 = 5,6 \text{ kNm} \geq M_s = 3,3 \text{ kNm}$$

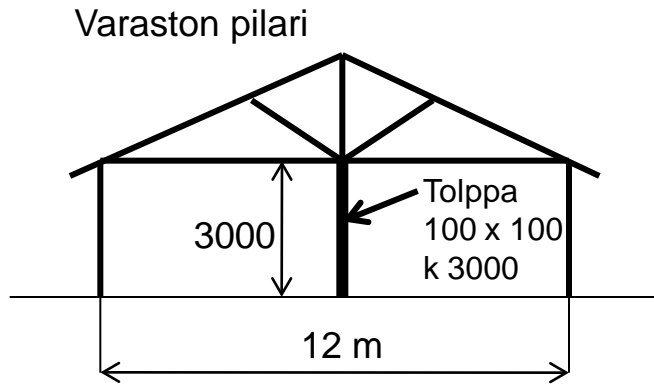
$$Q = q \cdot L / 2 = 12,5 \cdot 1,9 / 2 = 11,7 \text{ kN} \geq Q_s = 6,7 \text{ kN}$$

$$v \approx \frac{M \cdot L^2}{10 \cdot EI} = \frac{5,6 \cdot 1,9^2}{10 \cdot 233} \cdot 10^3 \approx 9 \text{ mm}$$

Selvitä, mistä taipuman kaava tulee.

Lopputulos on, että palkki on alimittainen, tarvittaisiin toinen palkki  $50 \times 200$  sen rinnalle.

Palkki kuitenkin kestää myös tällaisena, koska puun lujuudessa on paljon varmuutta. Jos oksaa ei ole pahassa paikassa, puu kestää taivutusta hyvinkin  $30 \text{ MPa}$ . Tällaisen rakenteen varmuus ei kuitenkaan ole riittävä.



Katon kuorma lumineen on noin 2,3 kN/m<sup>2</sup>.

Tolpan kuorma on siten:

$$N = 6 \times 3 \times 2,3 = 41 \text{ kN} \gg N_s = 20 \text{ kN}.$$

Tolppa on alimittainen.

Se kestää kuitenkin, koska

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \cdot 70000}{104^2} \approx 6,5 \text{ MPa}$$

$$N_{cr} = 100 \cdot 100 \cdot 6,5 = 65 \text{ kN}$$

Varmuus ei kuitenkaan ole riittävä.

Puupilarin kantavuus

Tolppa 100 x 100, nurjahduspituus 3 m.

Hoikkuus:

$$\lambda = \sqrt{12} \cdot \frac{L_c}{b} = 3,46 \cdot \frac{3000}{100} = 104$$

$$N_{\max} = 100 \cdot 100 \cdot 10 = 100 \text{ kN}$$

$$\lambda = 104 \Rightarrow N_s = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ kN}$$

## Koulutusajatuksia

Keskimääräisessä suunnittelutoimistossa on edelleen alle kaksi suunnittelijaa. Valtaosa puurakenteiden suunnittelusta tapahtuu näissä toimistoissa.

Puurakenteiden suunnittelun perusasiat opitaan parhaiten yksinkertaisten esimerkkien kautta. Esimerkkien tulee johtaa sellaisiin rakenteisiin, jotka onnistuvat myös normien tarkoilla ratkaisuilla, vaikka tietokoneohjelmien avulla.

Perusosaamiseen liittyvä kurssi voisi hyvin toimia myös verkossa.

Rakennesuunnittelijat tarvitsevat lisäkoulutusta kaikissa keskeisissä rakentamisen osa-alueissa. Näitä ovat

Rakenteiden suunnittelu EC5:n periaatteilla

Energiatehokkuus (lämmöneristys)

Kosteudenhallinta

Vedeneristys

Palo

Ääneneristys

Puurakenteiden tuotantotekniikka

Suunnitteluohjelmistot

Opetus tulee tehdä 20/80 periaatteella keskittyen vain tärkeimpiin asioihin.

Kuhunkin osa-alueeseen tarvitaan vain perusteisiin keskittyvät oppikirjat.

Hyvien opettajien löytäminen on todennäköisesti vaikeaa.

Ammattikorkeakoulut, yms. ovat hyviä koulutusorganisaatioita.