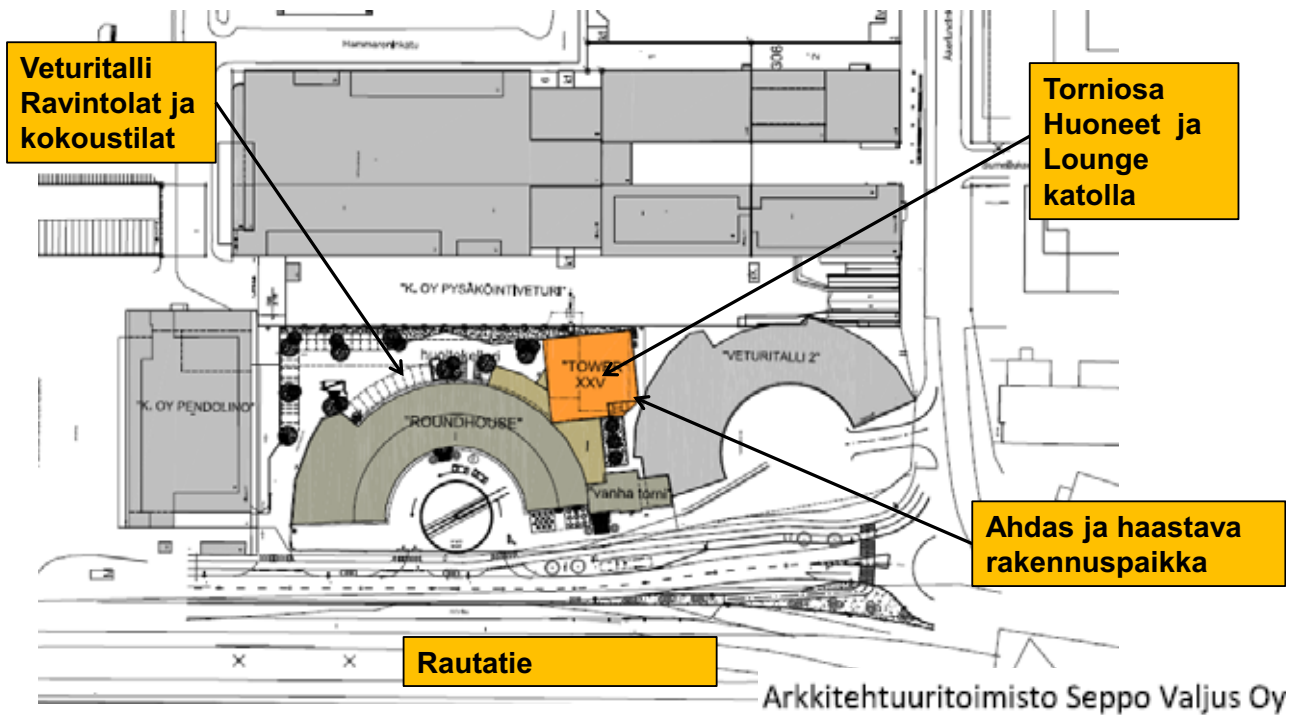
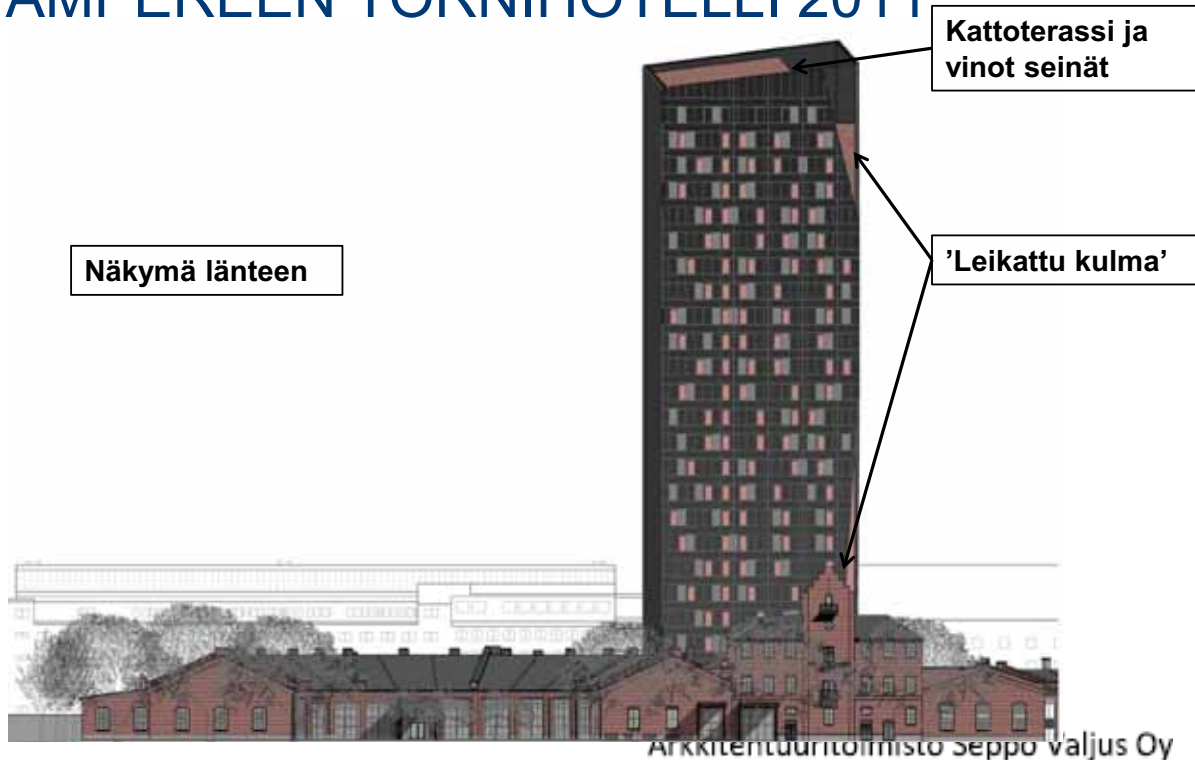

TAMPEREEN TORNIHOTELLI 2011



TAMPEREEN TORNIHOTELLI 2011

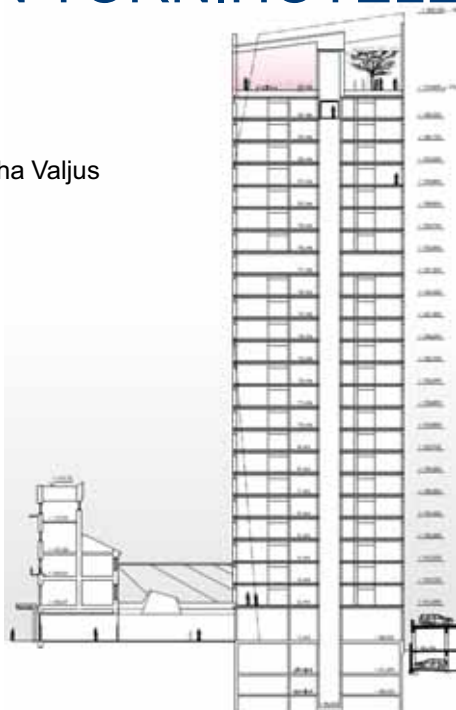


TAMPEREEN TORNIHOTELLI 2011



TAMPEREEN TORNIHOTELLI 2011

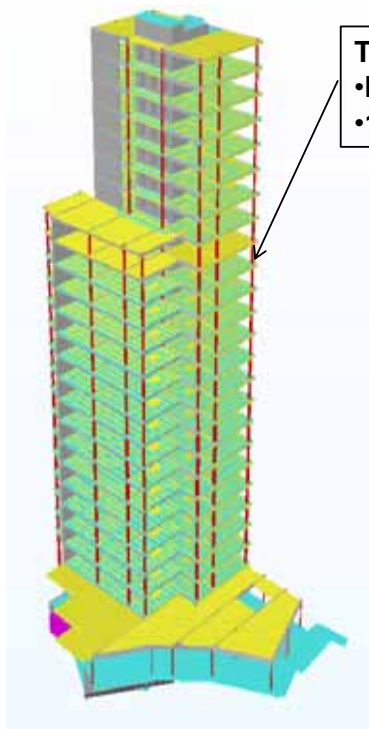
Pinta-ala noin 19 000m²
Arkkihti Sampo Valjus
Vastaava rakennesuunnittelija Juha Valjus
Rakennuttaja SOK Jyrki Antinkari



25 kerrosta + 2 kellaria

Arkkihtuuri-toimisto Seppo Valjus Oy

2008-2009 VAIHEET

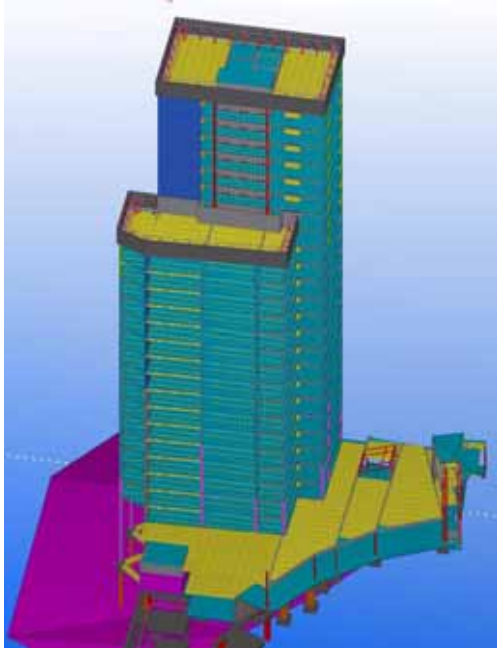


Torniosan malli 2009,
•Matalampi 17.krs osa ja korkeampi osa
•17.Krs ' tekniikkakerros'



Jäykistävä kuilu ja kaksi leikkausseinää

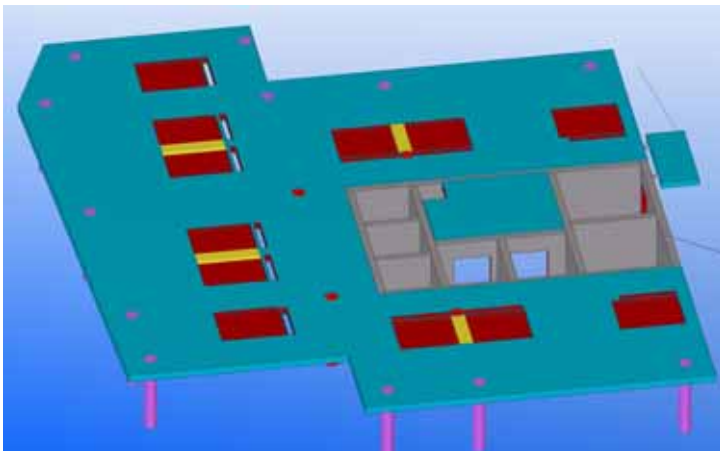
2008-2009 TUTKITUT RAKENNEVAIHTOEHDOT



Teräsrunkoinen pilari-palkkivaihtoehto:

- Ontelolaatat ja WQ-palkit
- Liittopilarit

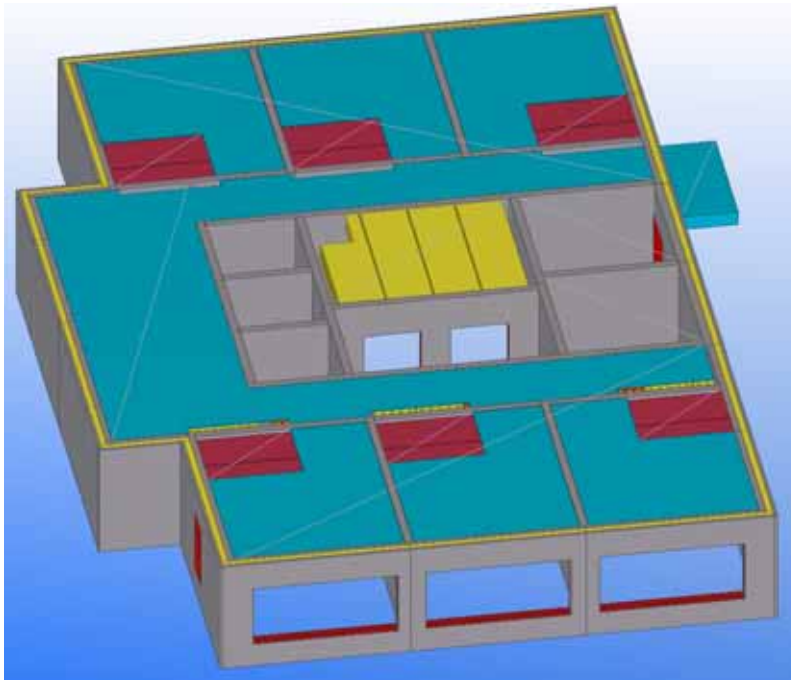
2008-2009 TUTKITUT RAKENNEVAIHTOEHDOT



Pilarilaattavaihtoehto

- 300mm pv-laatta
- Betonipilarit

2008-2009 TUTKITUT RAKENNEVAIHTOEHDOT



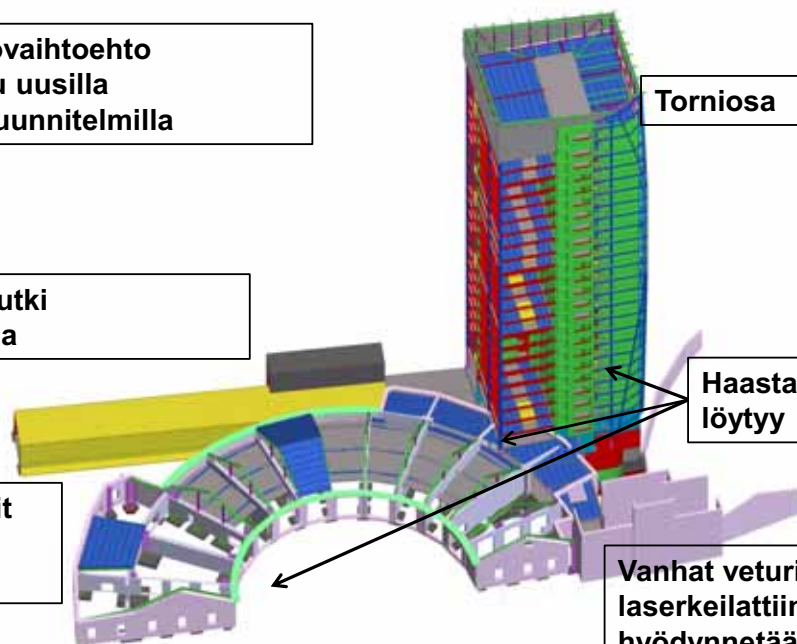
Kantavat seinät elementeistä
Ontelolaatat

2011 VAIHTOEHDOT

Teräsrunkovaihtoehto
Suunnittelu uusilla
arkkitehtisuunnitelmilla

Logistiikkaputki
maalaisena

Vanhat veturitallit
ovat
suojelukohteita

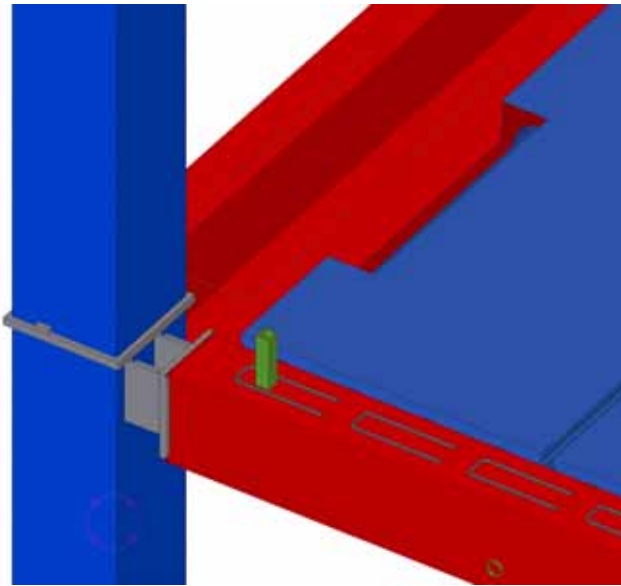


Torniosa

Haastavia kohtia
löytyy

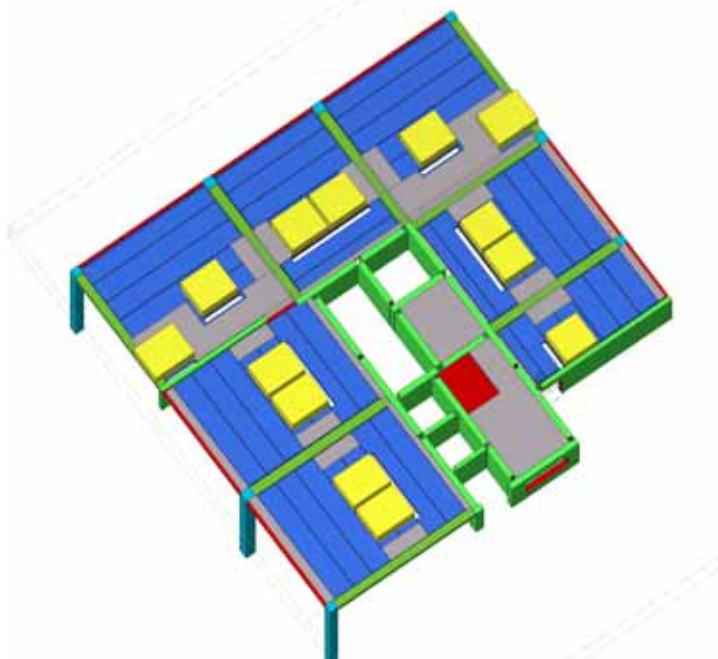
Vanhat veturitallit
laserkeilattiin ja malleja
hyödynnetään
suunnittelussa

2011 VAIHTOEHDOT



Suunnittelu on viety detaljitasolle. Onnettomuuskuormitukset on otettu huomioon liitoksissa ja rengasraudoituksissa. Korvaava kuormien siirtyminen.

2011 VAIHTOEHDOT



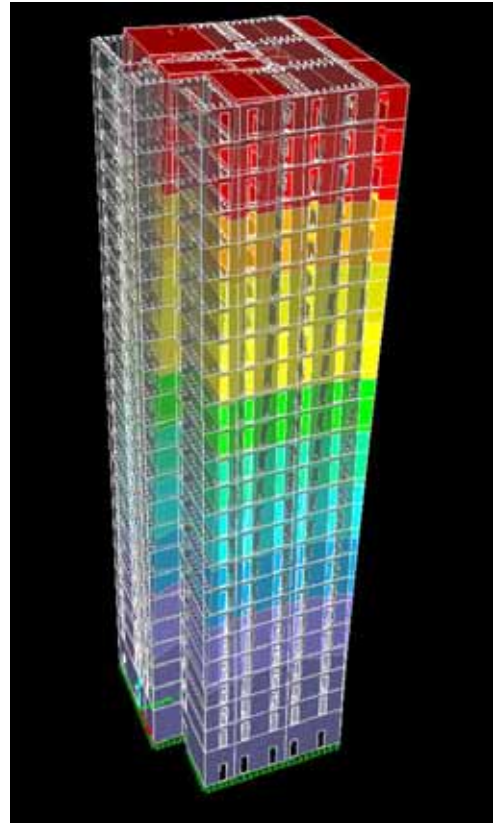
Tutkittiin betonirunko pilari-palkkivaihtoehtona

2011 VAIHTOEHDOT

Nykyisessä tilanteessa edulliseksi vaihtoehdoksi tuli betonirunkoinen kantavat seinä – laatta rakenne.

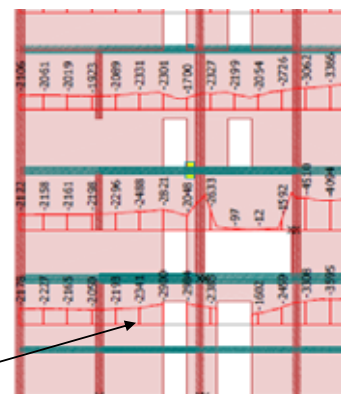
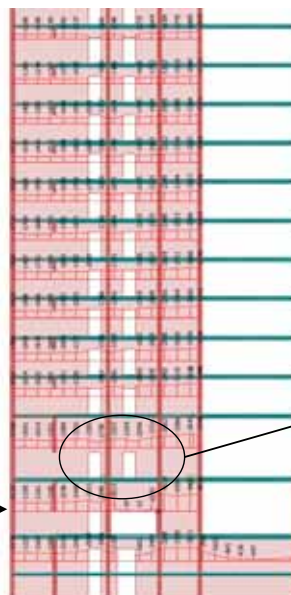
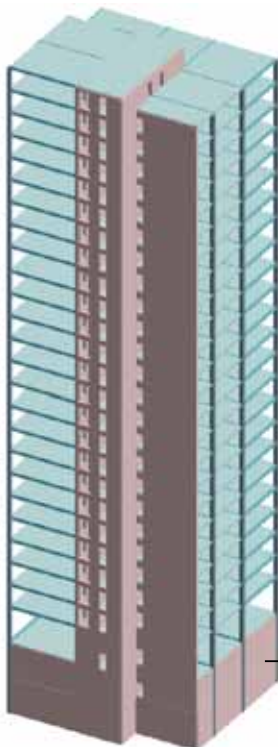
- Seinät betonielementtejä
- Laatat ontelolaattoja

Rakenne on mallinnettu RFEM – ohjelmalla. Ohessa on tuloste yhden kuormitusyhdistelmän aiheuttamista koko rakenteen siirtymistä.



MURTORAJATILAMITOITUS

Murtorajatilamitoitus ei oleellisesti poikkea matalampien rakennusten mitoituksesta. Poikkeuksena on suurempien kimmoisten muodonmuutosten huomioiminen. Rakenteet mitoitetaan kaikille normien mukaisille kuormitustapauksille ja haetaan kunkin rakenteen maksimirasitus.



FEM -laskennasta saadaan kunkin seinän maksimirasitukset ja mitoitus tehdään joko FEM-ohjelmassa tai muulla mitoitusohjelmalla

MURTORAJATILAMITOITUS



Tornihotellissa mitoitus on aiemmin tehty erillisillä mitoitushjelmilla, ei suoraan FEM-mallissa. 2008-2009 käytettiin Strusoftin ohjelmaa FEM-laskennassa.

Tärkeimmät tulokset (esim. stabiiliteetti) varmennettiin myös toisella laskentamenetelmällä.

2011 rakenteita mitoitetaan myös suoraan FEM ohjelmassa. Kaikki tärkeimmät tarkistetaan edelleen lisäksi toisella menetelmällä.

MURTORAJATILAMITOITUS, MUISTA

Mikäli rakenneosan jännitystasot jäävät betonin vetolujuuden alapuolelle, katsotaan se halkeilemattomaksi. Rakennuksen kokonaistaipumaa laskettaessa voidaan rakenteiden halkeilu ottaa huomioon esimerkiksi käyttäen redusoitua jäykkyyttä laskentamallissa.

Redusoitu jäykkyys voidaan laskea soveltaen SFS-EN 1992-1-1 kaavaa 7.18, kun tiedetään rakenteiden rauditusmäärät. Laskenta on varsin työläs ja sitä ei voi helposti soveltaa alustavaan laskentaan.

Mikäli jäykistävien rakenteiden betonin vetolujuus ylitetään, voidaan alustavassa rakenteen laskennassa käyttää redusoitua jäykkyyttä seuraavasti:

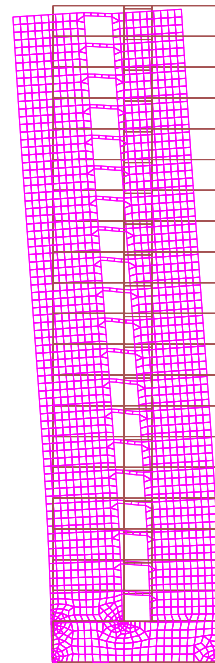
- Laatat 0,35...0,5
- Palkit 0,35 (esim. jäykistävien seinien aukkopalkit)
- Pilarit 0,7
- Seinät 0,7

Näitä arvoja käytetään niissä kerroksissa missä betonin vetolujuus ylitetään.

Em. menettelyillä saadaan ala- ja yläraja-arviot (halkeilematon ja halkeillut rakenne) siirtymille sekä alimmille ominaistuuksille, joita käytetään laskettaessa rakennuksen värähtelyyn liittyviä kiihtyvyyksiä.

FEM LASKENTA, MUISTA

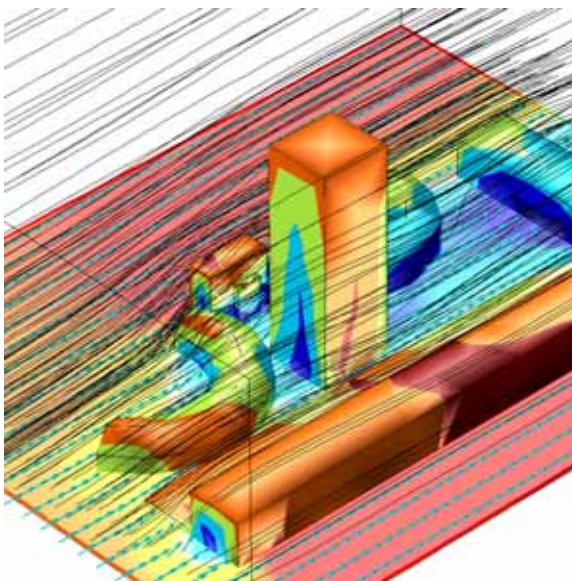
- Fem- mallin rakentaminen oikein on ensiarvoisen tärkeää
- Olemme teettäneet diplomi- ja insinööritöitä, joissa on selvitetty erilaisten mallintamisvirheiden vaikutusta lopputulokseen
- Kohtuullisen pienienkin virheiden vaikutus voi olla merkittävä
- Eri ohjelmilla saatavat tulokset poikkeavat jonkin verran toisistaan
- Elementtiverkon rakentaminen oikein ja ortorooppisten rakenteiden määritykset ovat tärkeitä
- Ortotrooppisuuden määritysmahdollisuudet ovat erilaisia eri ohjelmissa, SINUN PITÄÄ TIETÄÄ MITÄ OLET TEKEMÄSSÄ
- Tarkista tärkeimmät laskelmat toisella menetelmällä. Tornihotellissa esim. stabiiliteettilaskelmat ja pilarikuormat on laskettu 2 eri menetelmällä



Tuuli

Harvalla elementtiverkolla voit tarkistaa esim. stabiiliteettia alustavasti, mutta lopullisessa mitoituksessa tarvitaan tiheämpää verkotusta => eri ohjelmien laskentateho tulee esille.

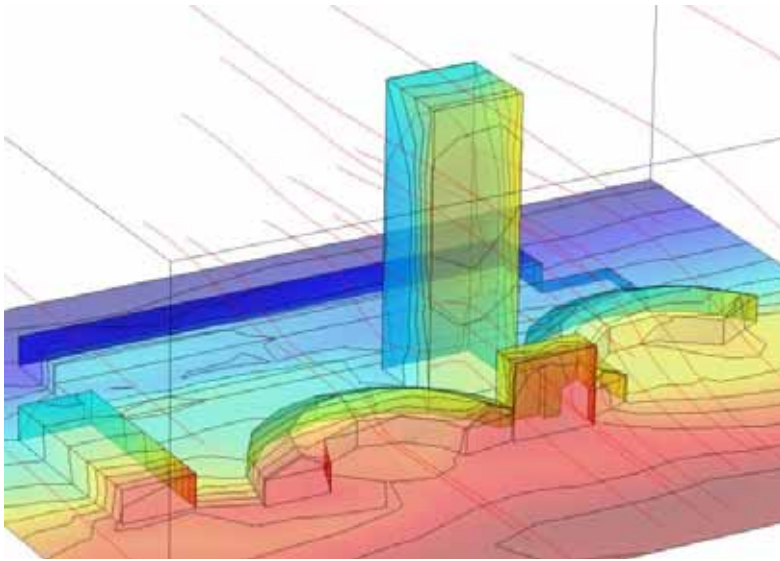
VIRTAUSLASKENTAA TORNIHOTELLISSA



Tornihotellissa CFD ohjelmilla (ANSYS ja COMSOL) laskettiin mm.

- Virtausnopeuksia rakennuksen pinnoilla ja pihalla eri tuulennopeuksilla ja suunnilla
- Tuulen aiheuttamia painekuormia vaikeissa paikoissa mm. avoin kattoterassi
- Pitää muistaa virhelaskennan mahdollisuus!
- Ohjelmat eivät ole mitään joka käyttäjän 'avaa ja laske' versioita => käyttö vaatii tietoa ja ilmiöiden ymmärrystä

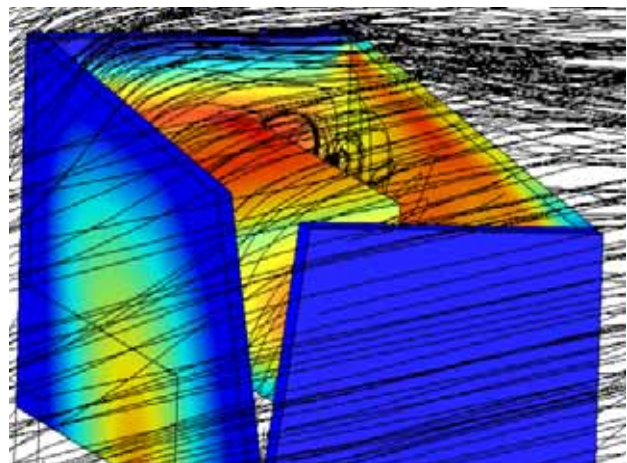
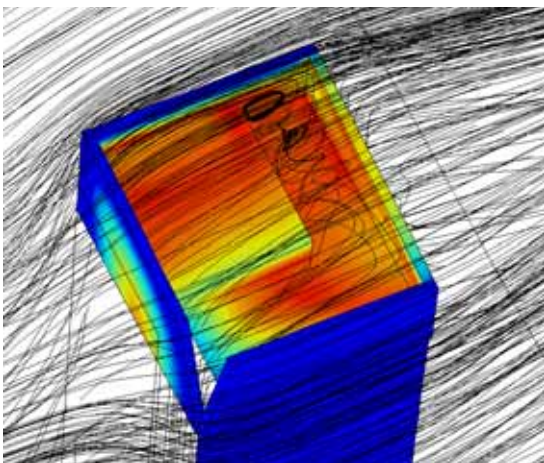
VIRTAUSLASKENTAA TORNIHOTELLISSA



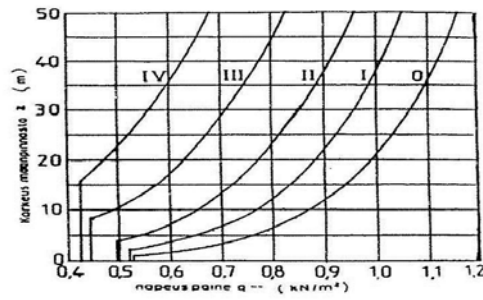
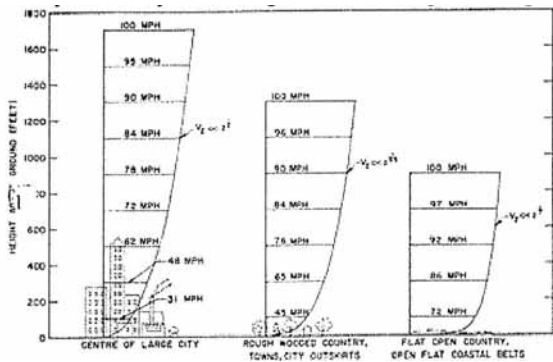
Esimerkki virtausnopeuskentästä. Tulostusparametrien laaja vaihtelu on mahdollista => saadaan ulos halutun näköinen tulostus, jota pystytään hyödyntämään.

VIRTAUSLASKENTAA TORNIHOTELLISSA

25.Krs katolla olevan kattoterassin virtausviivoja ja virtausnopeuksia pinnoilla.



MITOITUS TUULENPAINEELE



Kuva 4.22e. Nopeuspaine q eri maastoluokissa.

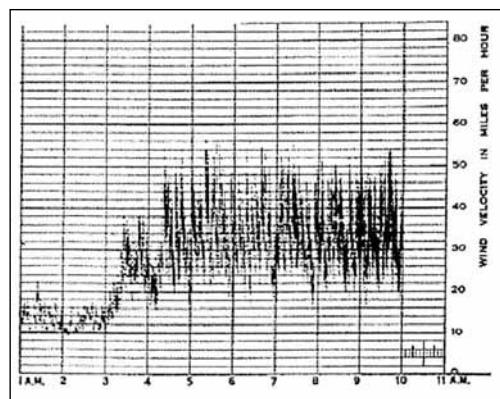
Mitoitustuulen nopeus eri korkeuksissa riippuu rakennetta ympäröivän maaston muodosta ja pinnan ”karkeudesta”. Kuvassa on semanttisesti esitetty 3 erilaista maastoluokkaa.

Tuulen liike-energiaa kuvaavan nopeuspaineen q ja tuulen nopeuden välinen yhteys on muotoa

$$q = v^2 / 1600 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

MITOITUS TUULEN DYNAAMISUUDELLE

Korkeille rakennuksille muodostaa tuulikuorman dynaamisuus vaikean mitoitustehtävän. Tuuli ei ole tasaista vaan vaihtelee tyypillisesti esim. alla olevan kuvan mukaisesti ajan funktiona.



Esimerkki mitatusta tuulen ajasta riippuvasta nopeudesta

Tämä tuulikuorman dynaamisuus saattaa aiheuttaa useita odottamattomiakin kuormitustilanteita, mikäli tuulenpuuskien nopeudenvaihtelu osuu yksiin rakennuksen ominaisvärähtelyajan f_0 (Hz) kanssa.

Tuulen
suunta



Tuuli aiheuttaa
rakennuksen
tuulensuuntaista
värähtelyä

Tuuli aiheuttaa
rakennukseen
poikittaisvärähtelyä
ja/tai kiertymiä

Värähtelyt voidaan kokea
epämiellyttävinä ja voidaan
havaita esim. tavaroiden
heilumisena

MITOITUSKRITEEREJÄ VÄRÄHTELYN AIHEUTTAMALLE KIIHTYVYYDELLE

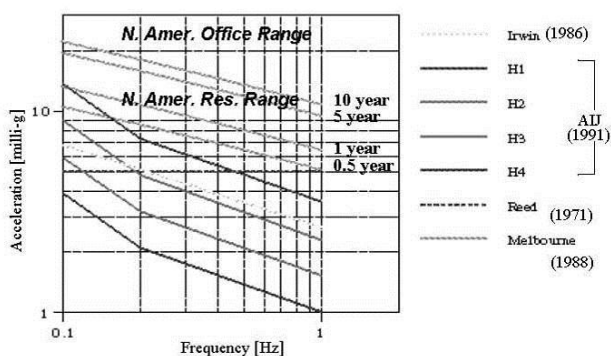
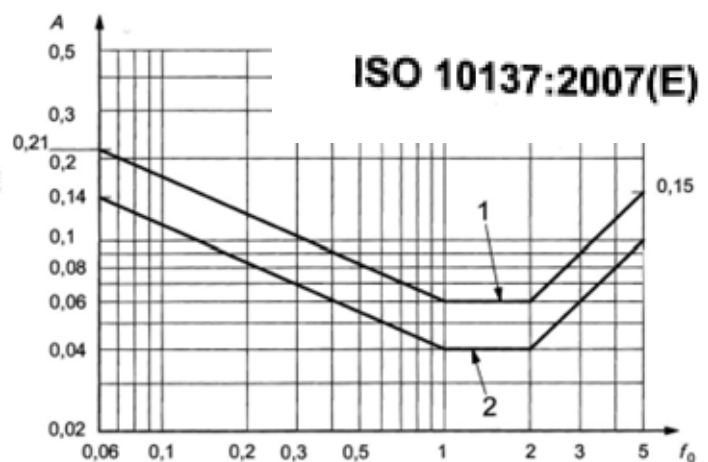


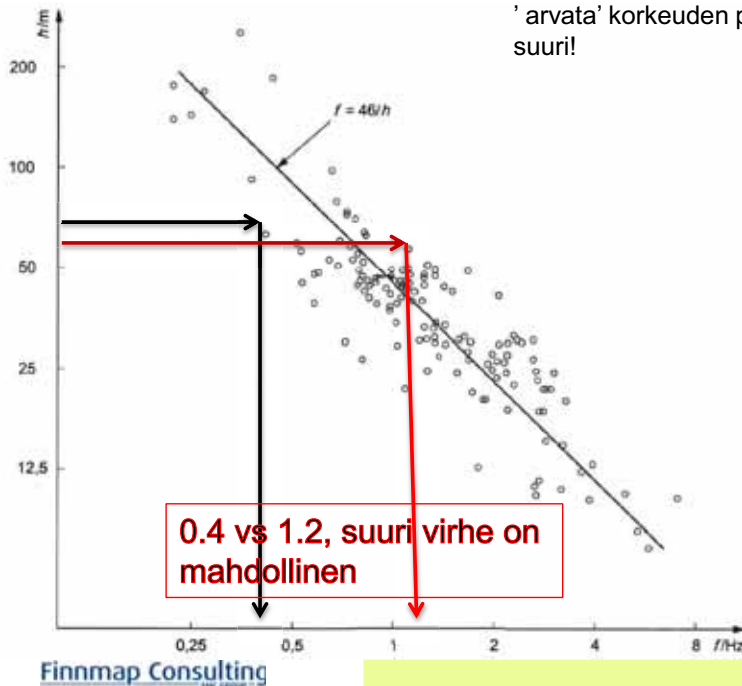
Figure 1. Various perception criteria for occupant comfort.



Esimerkkejä kriteereistä kiihtyvyydelle. Muista varmistaa tarkoitetaanko huippuarvoja vai tehollisia arvoja.

OMINAISTAAJUUS VÄRÄHTELYLLE

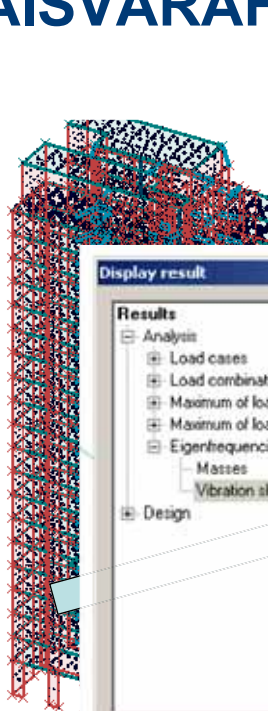
Likimääräinen arvo ominaistajuudelle voidaan alustavasti 'arvata' korkeuden perusteella. Virhe voi olla hyvinkin suuri!



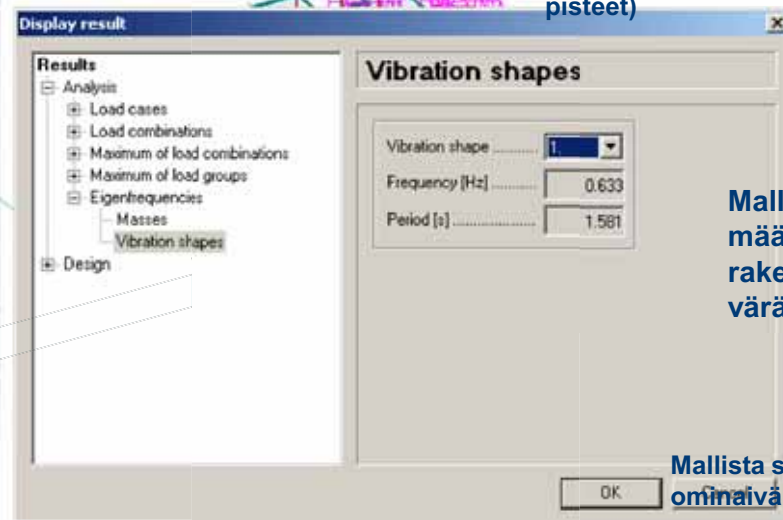
ISO 4866:2010(E)

25

OMINAISVÄRÄHTELYTAAJUUS TARKEMMIN



FEM-laskennalla saadaan määritettyä tarkemmin rakennuksen massa ja massajakauma. Laskenta joka solmupisteessä (mustat pisteet)



Mallista voidaan määrittää rakennuksen värähtelymuodot

Mallista saadaan ominaivärähdystaajuus

OMINAISVÄRÄHTELYTAAJUUS

Ominaisvärähtelytaajuudella tarkoitetaan taajuutta, jolla rakennus vapaassa värähtelyliikkeessä värähtelee. Ominaisheilhdusaika on ominaistaajuuden käänteisluku. Ominaistaajuus voidaan määrittää likimäärin normeista ja kirjallisuudesta löytyvillä yksinkertaistetuilla kaavoilla tai tarkalla laskennallisella mitoituksella, mikäli on käytetty esim. FEM - pohjaista laskentaa.

$$T = \sqrt{\frac{(G + 4,1 \cdot F) \cdot h^3}{3,1 \cdot EI}} \quad (1)$$

jossa
 G se osa rakenteen painosta, joka on jakautunut tasaisesti rakenteen korkeudelle ($G = m \cdot h$) (MN)
 m rakenteen paino (MN/m)
 F ulkoiseen kirjossa oleva pistemäinen kuorma (MN)
 h rakenteen korkeus (m)
 E rakenteen kimmomoduuli (MN/m²)
 I poikkileikkauksen jäyhyysmomentti (m⁴)

Teräsrakenteisille savupiipuille soveltuu kaava (2)

$$T = 1,79 \cdot h^2 \cdot \sqrt{\frac{m}{EI \cdot g}} \quad (2)$$

jossa
 m rakenteen paino (kN/m)
 E rakenteen kimmomoduuli (kN/m²)
 I poikkileikkauksen jäyhyysmomentti (m⁴)
 g maan vetovoiman kiihtyvyyden 9,8 (m/s²)
 h rakenteen korkeus (m)

Kerrostalojen ominaisheilhdusaika voidaan arvioida likimäärin seuraavilla kaavoilla.

a. Kantavat tälli- tai betoniväliseinät jäykisteenä

$$T = 0,06 \cdot \frac{h}{\sqrt{b}} \cdot \sqrt{\frac{h}{2b + h}} \quad (3)$$

$$T = 0,1 \cdot \frac{n}{\sqrt{b}}$$

jossa
 h rakennuksen korkeus
 b rakennuksen syvyys heilhdussuunnassa.

RIL 144-2002 LIKIARVOKAAVOJA

Tornihotellissa arvoja on tarkasteltu useammalla tavalla. Kiihtyvyydet eivät ole muodostuneet kriittisiksi.

KIITOKSIA, EHKÄ JOSKUS NÄITÄKIN

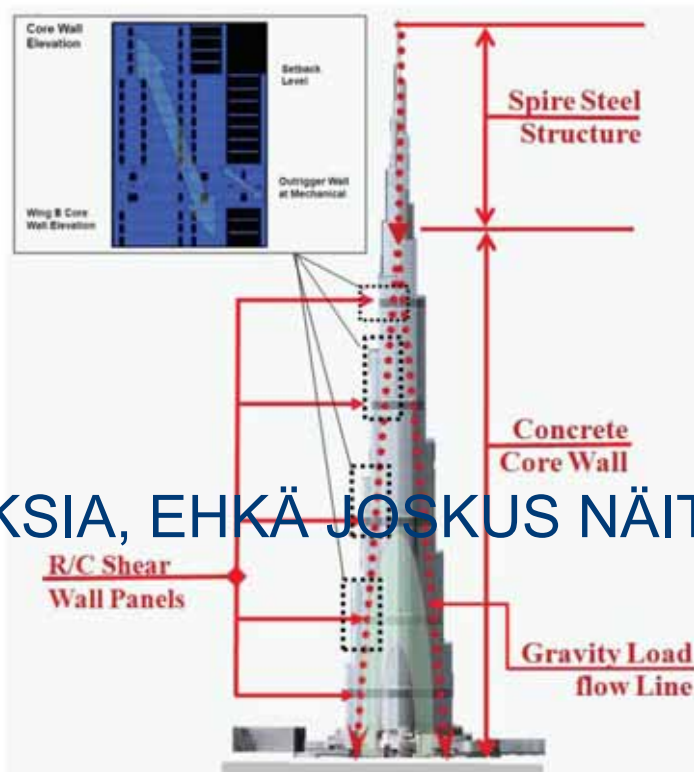


Figure 3. Lateral Load Resisting System © Samsung C&T