

Arto Suikka, dipl.ins., ohjelmapäällikkö  
Betonikeskus

Betonirakentamisen teknologiakehityksestä tehtiin esiselvitys v. 2000. Selvityksen perusteella Suomen Betonitieto Oy käynnisti toimialan kehitysohjelman vuosille 2001- 2004. Ohjelman painoalueiksi valittiin materiaalitekniikka, rakenteet, järjestelmät ja palvelut, suunnittelu- ja rakentamisprosessi sekä valmistus- ja tuotantotekniikat.

Ohjelmassa käynnistettiin yhteensä 20 yhteisprojektiä, joista 5 jatkuu edelleen. Hankkeiden yhteisarvo on noin 5,4 miljoonaa euroa, joiden rahoituksesta Betonitieto Oy:n kautta on koordinoitu n. 3,3 miljoonaa euroa. TEKES on tukenut useita ohjelman hankkeita. Samanaikaisesti alan yrityksillä on ollut omia kehityshankkeita.

Seuraavassa referoidaan lyhyesti puolet toteutetuista hankkeista. Lisätietoja löytyy osoitteesta [www.betoni.com/tietoa/betonista/kehitysprojektit/teknologiaohjelma](http://www.betoni.com/tietoa/betonista/kehitysprojektit/teknologiaohjelma).

## ITSETIIVISTYVÄ BETONI- TODELLINEN TEKNOLOGIAHARPPAUS

Itsetiivistyvä betoni (ITB) täyttää muotit ja ympäröivä raudoituksen ilman mekaanista tiivistystä. Sen kehitystyö alkoi Japanissa 1980- luvulla ja nyt se on otettu laajasti käyttöön eri maissa.

3- vuotisessa kehityshankkeessa kehitettiin betonireseptit ja suhteitusmenetelmä, tutkittiin betonin ominaisuudet tuoreena ja kovettuneena sekä laadittiin laadunvarmistus- ja käyttöohjeet.

ITB vaatii tavallista lujemmat muotit erityisesti korkeissa valuissa. Se on myös herkkä betoni, joka vaatii normaalia enemmän laadunvalvontaa. ITB kuivuu nopeammin kuin normaali K30- betoni mutta hieman hitaammin kuin nopeammin päällystettävä (NP) K40- betoni.

Elementtiteollisuudessa ITB:tä käytetään paljon raudoitukseltaan tiheissä tuotteissa. Tavanomais-sakin valukohteissa betonointikustannukset pienevät ja valu nopeutuu. Mekaaniset ominaisuudet ovat hyvät ja sillä saadaan normaalibetonia paremmat pinnat.

Materiaalikustannuksiltaan ITB on 15-20 % normaalibetonia kalliimpaa, mutta valun helpottumisen ja valuaikojen lyhenemisen myötä kokonaiskustannuksissa on tapauksesta riippuen saavutettavissa 5-20 %:n säästöt. /1/, /2/

## YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISET BETONIT

TKK:n ja VTT:n yhteishankkeessa tutkittiin betonin

kehittämistä optimoimalla samanaikaisesti sen ekologisuutta, säilyvyyttä ja taloudellisuutta. Projektissa keskityttiin lujuusluokkiin K30- K45. Betonin ympäristökuormitusta voidaan vähentää käyttämällä masuunikuonaa, lentotuhkaa, kivituhkaa tai murskattuja hiekkoja. Samalla on kuitenkin varmistettava rasitusluokan ja käyttöiän edellyttämä säilyvyys.

Betonin ympäristökuormitusta voidaan vähentää suhteituksella. Esim. K45- massassa käytettäessä 50 % masuunikuonaa betonin energiankäyttö vähenee noin kolmanneksen ja ekvivalentti-CO<sub>2</sub>- päästöt noin 45 %.

Betonista 2/3:lla ei ole erityisiä säilyvyysvaatimuksia, jolloin voidaan käyttää suurempiakin määriä seosaineita. 1/3:lla on yleensä pakkasenkestävyysvaatimus. Silloinkin tuhkaa ja kuonaa voidaan käyttää, mutta pienempiä määriä. /3/

## GRAAFINEN BETONIPINTA AVAA UUSIA MAHDOLLISUUKSIA

Graphic Concrete Oy on kehittänyt uuden tavan kuvioita betonipintoja. Kuviot painetaan kirjapainotekniikalla erikoiskalvolle. Suunniteltu kuvio muodostuu betonin pintaan puhdasvalun ja hienopesun välisenä kontrastina. Kuviointiin voidaan käyttää valmiita mallistoja tai tehdä omia suunnitelmia. Erikoiskalvon leveys on 3100 mm. Tämä mahdollistaa 3 m korkeiden elementtien valmistuksen ilman kalvosauvoja. Rakennuttajalle graafinen betoni antaa uuden mahdollisuuden saada aikaan uudenlaisia pintoja kustannustehokkaasti.

1  
Graafinen betoni -menetelmällä vaakaraitakuvioitu betonijulkisivuelementti.

Samuli Naamanka





Mikael Lindén

### VALMISOSARAKENTAMISEN ESIVALMISTUS- ASTEEN NOSTO

Teollinen rakentamistapa on todettu EU:ssakin ai-  
noaksi tavaksi kehittää rakentamista ja saada ra-  
kentamisen tuottavuutta parannettua. Esivalmis-  
tusastetta voidaan nostaa kehittämällä nykyisten  
rakennusosien jalostusastetta, kehittämällä uusia  
esivalmistettuja rakennusosia tai käyttämällä  
enemmän nykyisiä markkinoilla olevia tuoteosia.

TERA- projektissa kehitettiin valmisosien liitos-  
tekniikkaa ja selvitettiin esivalmistusasteen nosto-  
mahdollisuuksia. Hyviä esimerkkejä tästä ovat val-  
miit märkätalaelementit, kylpyhuonelaatat, joissa  
on viemärit valmiina, hissikuilu- ja hormielementit  
sekä esivalmisteiset vesikattoelementit.

Esivalmistusastetta voidaan edelleen nostaa  
helpoiten kehittämällä tuotteita asiakkaan kanssa  
yhteistyönä, tuoteosakaupan avulla, 3D- ja 4D-  
suunnittelutyökaluja hyödyntäen, parantamalla  
mittatarkkuuksia ja kyseenalaistamalla nykyiset  
urakkarajat. /4/

### PIENKERROSTALOJA VAI KERROSPIENTALOJA

TERA- projekti selvitti betonisen pienkerrostalon  
kehitystarpeita. Parhaimmillaan pienkerrostaloasu-  
misessa yhdistyvät pientalo- ja kerrostaloasumisen  
edut. Pienkerrostalon tuotantotekniikka edellyttää  
rivi- ja kerrostalorakentamisesta poikkeavia mene-  
telmiä ja logistiikkaa, koska siinä talo on toistuva  
yksikkö.

4  
Detaljit, jotka eivät riko rakenteita tai suojaus-  
keino vähentää kosteuden aiheuttamia ongelmia.

2  
Sointutie 2, Fallkulla, Helsinki. Arkkitehdit Hannunkari ja  
Mäkipaja Oy.

3  
Kylpyhuonelaatta. Työmaalla tehdään vesi- ja viemäri-  
liitokset sekä lattialämmityksen sähköliitos.



Olli Teirö



Olli Teirö



Paroc Oy

Paroc Oy



6

Arkkitehtisuunnittelun kannalta ovat tärkeitä mahdollisuus erikokoisiin päällekkäisiin asuntoihin, terassit, kaksikerroksiset asunnot, omat sisäänkäynnit varsinkin rinneratkaisuissa ja muuttuva kerroskorkeus. Rakennetekniikassa tulee edelleen kehittää välipohjarakennetta ja äänitekniisiä ratkaisuja niin, että ne sallivat erikokoisten asuntojen vapaan sijoittamisen päällekkäin. Julkisivun aukotusmahdollisuuksia ja eri materiaalien yhdistelyä tulee myös kehittää. /5/

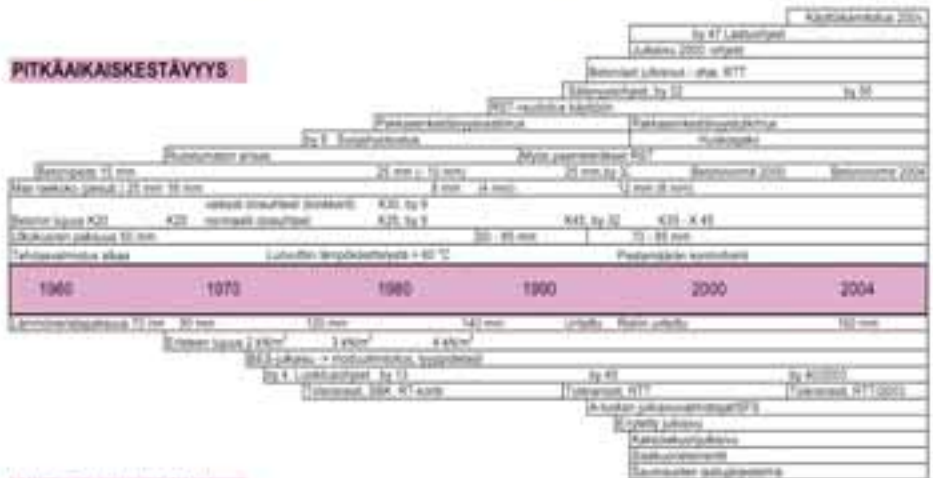
**JULKISIVUKEHITYSTÄ ON TEHTY YRITYKSISSÄ**

Betonijulkisivujen kehitystä on tehty yrityksissä. Eriytetty julkisivu, sisäkuorielementtitekniikka ja ilmaraoillinen sandwich ovat tästä hyviä esimerkkejä. Sisäkuorielementtitekniikka on saanut jo noin 30 %:n markkinaosuuden Etelä- Suomen asuntorakentamisessa. VTT tutki lämmöneristeen tuulettuvuuden eri rakennevaihtoehdoissa jo ennen uusien lämmöneristysmääräysten voimaantuloa. Nykyinen normaali eristepaksuus on 160 mm mineraalivillaa.

Viimeisin kehitys on tapahtunut rapatuissa julkisivuissa. Markkinoilla on sekä 10 mm paksu että 20 mm paksu rappausratkaisu.

Betonijulkisivun säilyvyyttä on kehitetty betoninormien uusien aiempaa tiukempien vaatimusten, pakkasenkestävyyden testausmenetelmien sekä käyttöikämitoituksen kautta.

**Betonijulkisivun kehityskaavio**



5, 6  
As. Oy Siilitie 22, Herttoniemi, Helsinki. Rapattu elementtjulkisivu.

7  
Betonijulkisivujen kehitys.



8

Laukaan asuntomessujen matalaenergiarahkotalo. Talo Sarastus. 2003. Arkkitehtitoimisto Jukka Tikkanen Oy.

### **MATALAENERGIAHARKKOTALO SÄÄSTÄÄ ENERGIAA**

Harkkotalon kehitysprojektissa oli tavoitteena kehittää eristeharkkoihin perustuvia pientalon rakennerratkaisuja, joissa lämmitysenergiatarve on parhaimmillaan 25 % nykyvaatimusten mukaan toteutettujen vastaavien talojen lämmitysenergian tarpeesta.

Kehitettävissä ratkaisuisa hyödynnettiin kivirakenteiden massiivisuuden ja tiiviiden tuomat hyödyt energiansäästöissä.

Jotta matalaan energiankulustasoon olisi mahdollista päästä, tulee myös ikkunoiden ja ovien sekä ylä- ja alapohjien lämmöneristyskyvyn ja tiiviiden vastata ulkoseinien lämmöneristyskykyä ja tiiviyttä. Valmistajat ovat kehittäneet U- arvoon 0,16 yltäviä harkkotyyppejä.

Ensimmäisiä toteutettuja kohteita oli Laukaan asuntomessujen eristeharkkotalo vuonna 2003. Matalaenergiapientalon lämpölasku voi olla yli 3000 euroa/v ns. normitaloa pienempi./6/

### **TERMISEN MASSAN HYÖDYNTÄMINEN**

Betoni- ja tiilirakennusten massiivisuuden (terminen massa) hyödyntämistä selvittäneet eurooppalaiset tutkimustulokset koottiin TTY:n toimesta.

Betonirakennus on kevytrakenteista rakennusta energiatehokkaampi keskimäärin paremman tiiveytensä ja massiivisuutensa (terminen massa) ansiosta. Kivitalon massiivisuus säästää lämmitysenergiassa 5-15 % ja alentaa kesän maksimisisälämpötiloja. Mikäli rakennuksessa tarvitaan jäähdytystä, massiivisissa rakennuksissa esim. yötuuletuksella säästetään jäähdytysenergiaa 20% ja

jäähdytystehoa suurimmillaan 40 %.

TTY:n yhteenvedon mukaan passiivinen massiivisuuden vaikutus asuinrakennusten lämmitysenergian kulutukseen on keskimäärin 5-15 %./7/

VTT:n tuoreessa selvityksessä./8/ puolestaan todetaan, että puurakenteisen pientalon lämmönkulutus on 10-20 % suurempi ja hirsitalon 40% suurempi kuin määräysten mukaisen harkkotalon. Ero johtuu mm. harkkotaloa huonommasta rakenteiden ilmanpitävyydestä ja massiivisuudesta./8/

### **IFC -STANDARDI BETONIRAKENTEILLE**

Kansainvälinen IFC -tiedonsiirron spesifikaatio kattaa nyt myös betonirakentamisen. Betonielementtien osalta määrittelytyö tehtiin Suomessa ja paikallavalurakenteiden osalta japanilais-australialaisena yhteistyönä. Standardi mahdollistaa eri osapuolten ja heidän tietokonesovellusten välisen digitaalisen tiedonsiirron läpi rakennushankkeen ja rakennuksen elinkaaren aikana. Ohjelmistotalojen tulee vain tehdä ohjelmat IFC -yhteensopiviksi./9/

### **SCALECAD JA TEKLASTRUCTURES**

Betonielementiteollisuus kehittää parhaillaan rakennesuunnitteluun ScaleCAD- seinäsuunnitteluohjelmaa, mikä valmistuu syksyllä. Ohjelman laastasto- ja runkorakenteiden osiot ovat olleet jo 1,5 vuotta käytössä. Nykyisen ohjelmaversioiden voi ladata käyttöönsä *Jidea Oy:n* kotisivuilta tai [www.betoni.com:n](http://www.betoni.com:n) kautta.

Betoniteollisuus on myös tukenut *Tekla Oy:n* uutta TeklaStructures- ohjelmistokehitystä ja hankkinut ohjelmaliisenssejä käyttöönsä.



9



10

## BETONIN JA BETONILIETTEEN KIERRÄTYS

Projektissa tutkittiin betoniteollisuuden kierrätysveden ja betonilietteen ominaisuudet ja käyttö uuden betonin valmistuksessa sekä selvitettiin käyttökelpoiset kierrätysteknologiat ja -prosessit.

Betoniasemalta tai -tehtaalta poisjohdettava vesi ei ole ympäristön kannalta ongelmallista. Kaikkien tutkittujen betonitehtaiden lietteet alittivat lannoite- ja maanparannusaineille annetut raja-arvot.

Tuore jätebetoni voidaan erotella karkeaksi kiviainekseksi ja lietteeksi erilaisilla pesureilla. Lietteestä voidaan selkeyttää altaissa kiintoaines eroon. Vesi voidaan kierrättää uudelleen prosessiin. Liete voidaan myös käyttää betonin valmistukseen tai tuotteistaa esim. maanparannusaineeksi. Karkea kiviaines voidaan käyttää betonin valmistuksessa tai maarakentamisessa.

Kovettuneen betonin kierrätysaste on kasvanut nopeasti noin 50 %:iin ja on jo valtakunnallisen rakennusjätteiden kierrätystavoitteen tasolla. Betonimurskeen potentiaalinen käyttöalue on maarakentamisessa, jossa sen käyttö on hyvin ohjeistettua ja siitä on paljon kokemusta. /10/

## TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTA

Rakennustyömaan olosuohdehallinta- projektin toteuttivat Humittest Oy, Lohja Rudus Oy ja Optiroc Oy yhdessä pilottityömaiden kanssa. /11/

Betoni sinällään kestää hyvin kosteutta. Sen sisältämä kosteus voi kuitenkin aiheuttaa vaurioita betonin kanssa kosketuksissa oleviin muihin materiaaleihin. Projektissa selvitettiin kosteuden raja-arvoja, rungon kastumisen minimointia, sääsuojausta sekä rakenteiden kuivattamista ja sen seuranta.

Tera- projektissa laadittiin julkaisu; *Betonirakentamisen kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi*. Ohje soveltuu sekä kosteusmittaajien opaskirjaksi että työmaan työnjohtoon käyttöön betonin kuivumisnopeuden arviointivälineeksi. /12/

## SUUNNITTELU- JA TOIMITUSLAADUN KEHITTÄMINEN

Bella- projektissa kehitettiin elementtirakentamisen rakennesuunnittelun ja elementtitoimitusten laadunhallinta- aineisto. Hyvän toiminnan kulmakiiviä ovat valmisosasuunnittelun sopimuksellinen sisältö, lähtötiedot ja aikataulu. Asiat tulee sopia kunnolla suunnittelukokouksissa ja tehdaskatselmuksissa. Tuotantoon menevät suunnitelmat tulee

tehdä mallipiirustusten ja -työselostusten mukaan. Tuotteilla tulee olla vastaanottotarkastus ja palaute mahdollisista puutteista tulee saada takaisin tuotantoon.

Laadittu ohjeistus löytyy Betonitiedon kotisivuilta [www.betoni.com](http://www.betoni.com).

## YHTEENVETO

Betoniteollisuus on panostanut kehitykseen runsaasti viimeiset 5 vuotta. Mm. uusia julkisivuratkaisuja ja esivalmisteisia komponentteja sekä suunniteltuohjelmia on kehitetty. Itsetiivistyvä betoni on teknologiahyppäys, joka antaa aivan uusia mahdollisuuksia kehittämään betonirakentamista.

Työtä tulee jatkaa yhteistyössä asiakkaiden kanssa esim. kumppanuussopimuksia solmien. Uusia ratkaisuja tulee hakea rohkeasti. Betonirakenteiden säilyvyydessä ei kuitenkaan pidä ottaa riskiä, koska yksi betonin vahvuus on nimenomaan hyvä kestävyys ja pitkä käyttöikä.

## KIRJALLISUUTTA

- /1/ ITB- Itsetiivistyvä betoni. Suomen Betonitieto Oy. Loviisa 2004.
- /2/ Itsetiivistyvän betonin käyttö paikallavalurakenteissa. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki 2004.
- /3/ Tulimaa, M. et al. Ympäristöystävälliset ja hyvin säilyvät betonit. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Espoo 2005.
- /4/ Teriö Olli. Betonirakentamisen esivalmistusasteen nosto. VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka. Tampere 2002. [www.betoni.com](http://www.betoni.com).
- /5/ Seppänen Matti. Pienkerrostalo- kerroskentä. Rakennustieto Oy. Vammala 2003.
- /6/ Laine Juhani & Saari Mikko. Matalaenergiaharkkotalo, yleissuunnitteluohe. VTT Tutkimusraportti nro RTE3785/02.
- /7/ Hietämäki Tuomas et al. Rakennusten massiivisuus. Keskeiset tutkimukset ja tulokset. Tampereen teknillinen yliopisto, Energia- ja prosessiteknikka. Tampere 2003. [www.betoni.com](http://www.betoni.com).
- /8/ Matalaenergiaharkkotalo. Pientalojen energiankulutuksen vertailulaskelmia. VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka. Tutkimusraportti RTE627/05. Espoo 2005.
- /9/ Implementation Guidelines for IFC 2x2. Concrete Domain. Eurostep Oy. 2004. [www.betoni.com](http://www.betoni.com)

9, 10

Rakennustyömaan olosuohdehallinta -projektissa selvitettiin kosteuden raja- arvoja, rungon kastumisen minimointia, sääsuojausta sekä rakenteiden kuivattamista ja sen seuranta.

/10/ Betonin, betonilietteen ja veden kierrätys betoniteollisuudessa. Suomen Betonitieto Oy. Maaliskuu 2005.

/11/ Merikallio Tarja. Rakennustyömaan olosuohdehallinta. Humittest Oy. Helsinki 2003.

/12/ Merikallio Tarja. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Suomen Betonitieto Oy. Jyväskylä 2002.

## TECHNOLOGY PROGRAMME FOR CONCRETE CONSTRUCTION 2001- 2004

*A preliminary study of technological development in concrete construction was conducted in 2000. On the basis of this study Suomen Betonitieto Oy started the development programme of the industry for the years 2001- 2004. The focal areas of the programme included material technology, structures, systems and services, design and building process as well as manufacturing and production technologies.*

*The programme consisted of a total of 20 joint projects, five of which still continue. The total value of the projects is ca. EUR 5.4 million, with ca. EUR 3.3 million coordinated through Betonitieto Oy. The National Technology Agency (TEKES) has supported several of the projects. Companies operating in concrete industry have simultaneously conducted their own development projects.*

*Concrete industry has focused a lot of efforts on development over the past 5 years. New façade solutions, prefabricated components and design software have been developed. Self-compacting concrete is a leap of development that opens up whole new possibilities for further development of concrete construction.*

*Work needs to be continued in collaboration with the customers, utilising e.g. partnership agreements. New solutions shall be boldly sought after. However, no risks are to be taken as far as the durability of concrete structures is concerned. After all, durability and long service life are the strengths of concrete.*

*More information is available at [www.betoni.com/tieto-betonista/kehitysohjelmat/teknologiaohjelma](http://www.betoni.com/tieto-betonista/kehitysohjelmat/teknologiaohjelma).*