

Rakennusten betonirunkojen kierrättämisestä

11.10.2024

Suunnittelu purettavaksi ja muunneltavaksi

Rakennusten elinkaari voidaan maksimoida vain niiden hyvällä suunnittelulla. Standardin ‘ISO 20887 Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance’ mukaan rakennusten suunnittelussa tulisi noudattaa seuraavia tärkeitä periaatteita: monikäyttöisyys (versatility), muunneltavuus (convertibility), laajennettavuus (expandability) ja purettavuus (disassembly). Näihin tavoitteisiin päästään noudattaen seuraavia suunnittelustrategioita:

- Järjestelmien sisäisten ja välisten vuorovaikutusten vähentämisellä.
- Vaihdettavien komponenttien käyttämisellä järjestelmissä ja vaiheittaisen purkamisen mahdollistamisella.
- Fyysisen pääsyn parantamisella kohteisiin ja järjestelmien vyöhykkeistämisellä.
- Joidenkin järjestelmien ylikapasiteetin suunnittelulla siten, että muutoksia voidaan tehdä muuttamatta suorituskykyä jälkeenpäin.

Standardin periaatteet on mietitty hyvin yleispätevästi. Kuten huomataan, ne pätevät lukemattomiin muihinkin ihmisen suunnittelemiin monimutkaisiin järjestelmiin, mainitaan nyt vaikka yhtenä esimerkkinä lentokoneiden suunnittelu. Rakentamisessa näitä periaatteita päästään toteuttamaan parhaiten, kun käytetään pitkiä jännevälejä ja pilarirakenteita. Ne sallivat vaihtelua sisätilasuunnitelmien sekä tilajaon että järjestelmien, varusteiden ja kalusteiden sijoitteluiden suhteen.

Helpon purettavuuden periaatteita korjaus- ja purkutilanteissa suunniteltaessa on syytä muistaa seuraavat ohjenuorat:

- Komponenttien ja järjestelmien helppo saavutettavuus, osien riippumattomuus, yksinkertaisuus ja standardinmukaisuus.
- Tarpeettomien pintakäsittelyiden ja pinnoittamisten välttäminen.
- Purkamisen turvallisuus.

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että edellä esitettyjä suunnittelukriteereitä erityisesti vaihdettavuuden ja purettavuuden suhteen voidaan toteuttaa lähinnä elementtirakentamisessa. Paikallavalettavien rakenteiden kierrätettävyys osina on heikkoa, ja se johtaa yleensä rakenteiden murskaukseen, ja murskeen kierrätykseen esimerkiksi teiden kantavaksi kerrokseksi. Aitoa betonirungon kierrätystä voidaan toteuttaa siis vain elementtirakenteisille rakennuksille. Niiden kierrätyksen suhteen on vielä paljon matkaa työn teknisesti sujuvaan ja taloudelliseen toteutukseen.

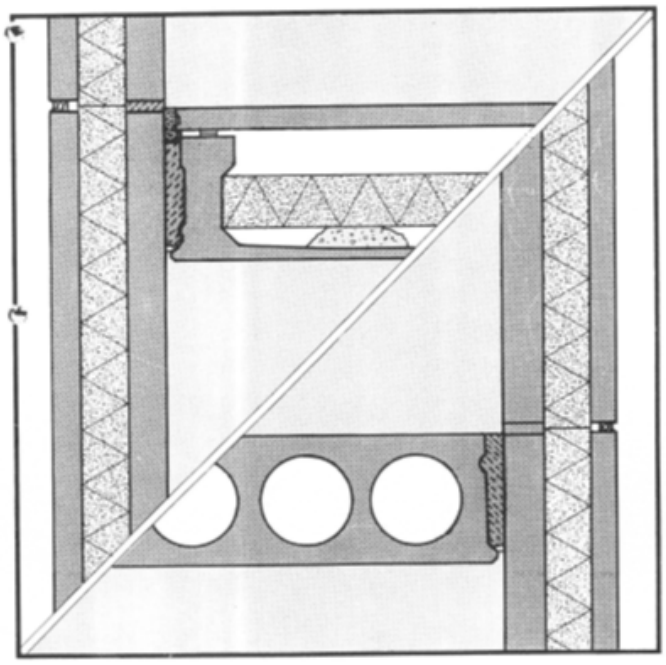
Runko-BES -järjestelmä

Suomessa jo 1970-luvulla käyttöönotettu Runko-BES järjestelmän (kuva 1) mukainen rakennusten moduulimitoitus luo erinomaisen hyvän perustan elementtien kierrätykselle, koska se toteuttaa hyvin vaatimuksen elementtien standardinmukaisuudesta. Tampereen yliopistolla tehdyt kokeet näyttävät alustavasti siltä, että rakennusten runkoelementit, kuten pilarit, palkit, laatat ja väliseinät ovat hyvinkin säilyttäneet lujuusominaisuutensa muuttumattomina useiden kymmenien vuosien vanhoissa rakennuksissa. Kyse on vain siitä, saadaanko elementit irrotetuksi, kuljetetuksi, siistityksi ja uudelleenasennetuksi niin, että ne eivät vaurioidu ja että toiminta saadaan hiotuksi taloudellisesti kannattavaksi. Poikkeuksena näihin elementteihin ovat säälle alttiina olleet elementit, kuten ulkoseinäelementit tai siltaelementit, jotka ovat olleet monenlaisille ympäristörasituksille altistuneita. Vastaavasti erilaisissa teollisuus- tai maatalouskäytössä olevat elementit, jotka ovat altistuneet monenlaisille kemikaaleille, eivät välttämättä ole kierrätyskelpoisia elementteinä. Ne voidaan joutua murskaamaan ja käyttämään murskeena edellä kuvatulla tavalla.

SBK SUOMEN BETONITEOLLISUUDEN KESKUSJÄRJESTÖ

JULKAISU n:o 15

BES-järjestelmän rakenteita koskeva suositus 1979

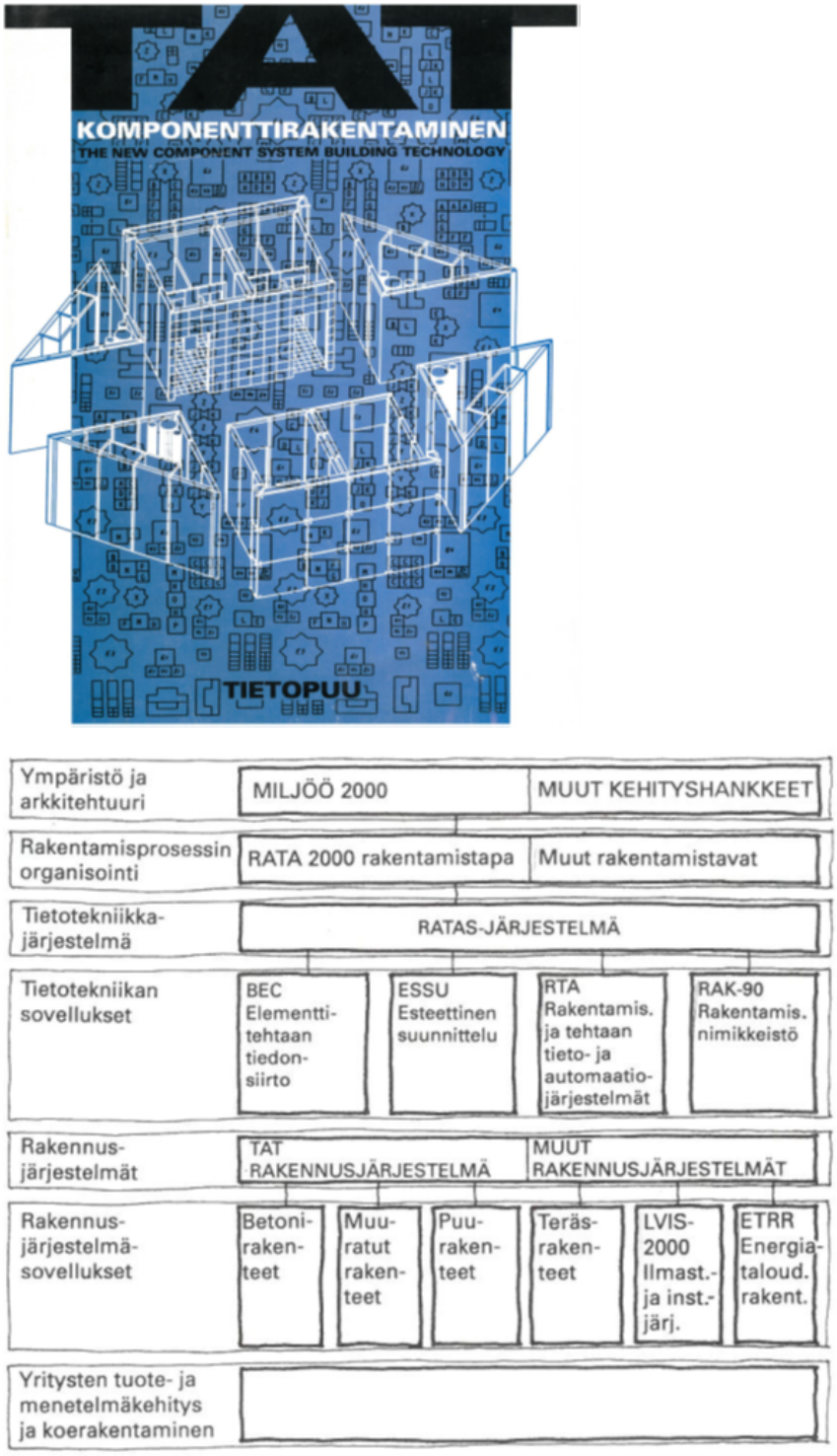




Kuva 1. BES-järjestelmän rakenteita koskeva suositus 1979 (Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö SBK, 1979) ja Betonielementtien liitokset ja saumat (VTT, 1984).

PLS 80 -järjestelmä ja TAT komponenttirakentaminen

Runko-BES -järjestelmän kehityksen seuraava askel oli 1980-luvun lopulla kehitetty PLS 80 -järjestelmä. Siinä käytettiin paljolti kahdennettuja pilareita ja palkkeja, jotka mahdollistivat rakennusten joustavamman muuntelun ja osittaisen purun. Tämä järjestelmä ei kuitenkaan saavuttanut laajempaa suosiota lähinnä kai kalleutensa vuoksi, ja se jäi kehityksen sivuraiteille jo melko alkumetreillään. Betonirakenteisten runkojen järjestelmien kehityksen jatkeeksi Tekes toteutti useasta eri osaprojektista koostuvan, 1990 valmistuneen ’TAT Toimisto- ja asuinrakennusten kehitysprojektin’, jossa tarkasteltiin rakennusten kaikkia erilaisia järjestelmiä kokonaisuutena (kuva 2).



Kuva 2. TAT-komponenttirakentaminen (Tietopuu, 1990).

Piilokonsolit

Rakennusrunkojen kierrätettävyys on ollut luontaisempaa teräsrakenteissa, joissa on perinteisesti käytetty erilaisia pulttiliitosversioita, jotka on ollut helppo purkaa ja koota uudelleen. Hieman siltä suunnalta mallia katsoen 1990-luvulla lähdettiin kehittämään teräsbetoni- ja jännebetonirakenteille sopivia piilokonsolirakenteita. Välittömänä kehityksen tavoitteena oli rakenteiden saaminen piiloon ja pois vaikkapa LVIS-asennuksia ja alakattoasennuksia haittaamasta sekä tietenkin ulkonäöllisten seikkojen vuoksi. Niissä

tehtävissä ne pitkälti saavuttivatkin tavoitteensa. Piilokonsolien kehityksestä syntyi myös uusi tuotekehityksen haara, nimittäin integoidut teräspalkki/betonivälipohja -rakenteet, joilla saatetaan jopa kasvattaa kerrosten hyötykerroskorkeutta varsinaisen kerroskorkeuden säilyessä samana. Alan merkittäviä kehittäjiä ovat olleet lahtelainen Peikko Oy ja villähteläinen Anstar Oy, joista edellisestä on kehittynyt kansainvälinen toimija kattaen valmistusta kahdessatoista maassa.

Liitosten asennus

Runko-BES -järjestelmässä pilarien ja palkkien liitoksissa on tyypillisesti käytetty konsoleissa olevia teräspultteja ja palkin päässä olevaa reikää. Palkki ujutetaan paikalleen niin, että teräspultti osuu reikään ja pultin yläpäähän asennetaan tukeva aluslevy ja mutteri lukitsemaan komponentit toisiinsa, liitoksen väliin asennetaan 10 mm vahva neopreenikumi, joka tasaa ja ohjaa jännityksiä edullisemmin kohdistuvaksi. Pultin alapäähän asennetaan kieppi vaahtomuovia mahdollisesti betonin kutistumisesta syntyvien pakkovoimien ehkäisemiseksi. Tappiliitoksen ympärille jäävä kolo valetaan yleensä umpeen. Lujuusteknisesti se ei olisi välttämätöntä, mutta se estää veden kertymistä rakenteen sisään rakennustyön aikana, ja tätä myöten se ehkäisee pakkasvaurioiden syntyä. Pultti voidaan haluttaessa myös esijännittää, jos halutaan varmistaa vaakavoimien siirtyminen kitkan avulla.

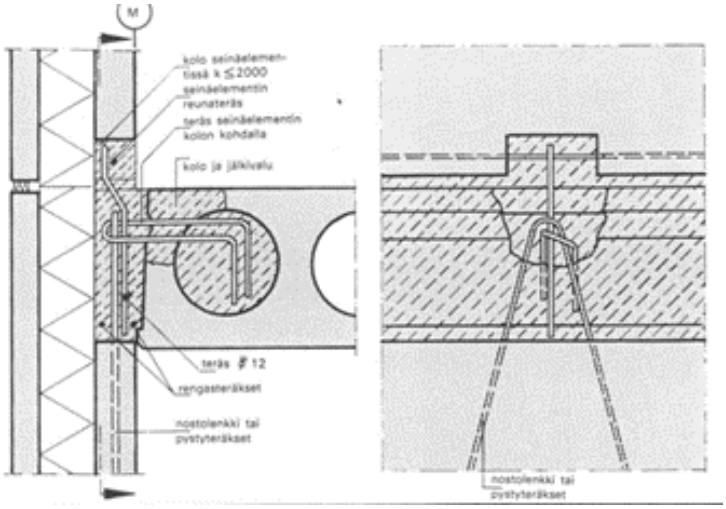
Teräksisten piilokonsolien avulla elementtien asennus käy melko näpsäkästi, kun liitokset napsahtavat kätevästi kohdalleen. Purettavaksi niitä ei kuitenkaan ole alun perin suunniteltu, mutta tuotekehitystyötä siihen suuntaan tehdään kovasti. Peikko Oy on toteuttanut useita pilotteja kehitysversioista ja teknisesti toteutus alkaakin toimia jo runkorakenteille. Seuraavia vaiheita kehityksessä on ottaa mukaan pintarakenteet ja julkisivut. Ne vaikuttavat oleellisesti elementtikierron kokonaistaloudellisuuteen.

Liitosten purku

Tappivalun purku hankaloittaa huomattavasti liitoksen purkua, sillä purussa on helppo saada palkki rikkoutumaan liitoksen kohdalta. Koepuruissa on kuitenkin onnistuttu sekin vaihe toteuttamaan ilman palkin vaurioita, mutta erikoisosaamista ja harjaannusta se vaatii — ja hitaampaa se on aina kuin pelkkä mutterin avaaminen ja palkin pois nostaminen.

Perusmuotoisia piilokonsoleita ei ole alun perin tarkoitettu purettaviksi, vaan niiden pääasiallinen tavoite on ollut siis edellä mainittu kerrostilan parempi hallinta sen yläreunasta ja osittain myös materiaalin säästö matalampien palkkirakenteiden muodossa. Niiden asennuksessa rakenteissa on käytetty pieniä jälkivaluja syistä, jotka johtuvat paloneristyksestä, ääneneristyksestä ja ilmatiiviydestä. Niitäkin on siis ollut hankala purkaa rikkomatta rakenteita. Pilarielementtien tai väliseinäelementtien ja julkisivuelementtien välisissä liitoksissa on suosittu niin sanottuja puukkoliitoksia. Niissä ulkoseinän sisäkuori loppuu esimerkiksi väliseinän kylkeen. Väliseinän kulmassa on kolo, ja julkisivuelementin sisäkuoren yläkulmasta pistää esiin syrjällään oleva teräslevy, joka asettuu seinän kolon päälle, jossa käytetään teräksisiä asennuspaloja korkeuden hienosäätöön. Jälkivalu lukitsee liitoksen paikoilleen. Julkisivuelementit ja ontelolaatat puolestaan lukitaan toisiinsa pistemäisillä, reunimmaiseen ontelolaatan onteloon tehtävällä jälkivalulla. joka lopuksi takaa

seinäelementin sivuttaistuennan. Runko-BES -järjestelmä perustuu kauttaaltaan sellaisiin elementtiliitoksiin, joissa on käytetty juotosvaluja ja useimmat olemassa olevat elementtirakennukset perustuvat tähän järjestelmään. Ohessa kuva tyypillisestä jälkijuotosliitoksesta (kuva 3). Jo kauan käytössä olleet pilarien pulttiliitokset ovat juotosvaluistaan helposti purettavissa ja kierrätettävissä



Kuva 3. Tyypillisiä Runko-BES -järjestelmän jälkijuotosliitoksia (Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö SBK, 1979).

Ennakkotoimet

Rakennusten runkojen kierrätyksessä korostuvat hyvä ennakkosuunnittelu ennakkotutkimuksineen ja -selvityksineen eli purkukartoitus, sekä purkusuunnittelu. Purkukartoitus koostuu purettavaa kohdetta koskevaan aineistoon tutustumisesta sekä kenttätutkimuksesta. Jotta vältyttäisiin aikaa ja kustannuksia vievältä välivarastoinnilta, tulisi kierrätettävän rakennuksen rungolle olla valmiiksi suunniteltu seuraava käyttökohde ja -tarkoitus. Siksi elementtien lukumäärän ja teknisen soveltuvuuden uuteen käyttökohteeseen tulee olla selvitettynä ennen toimeen ryhtymistä.

Elementtien kelpoistaminen on ratkaisevan tärkeää. Yleensä kuivissa sisätiloissa olleet betonirakenteet, joihin ei muutenkaan ole kohdistunut esimerkiksi kemiallisia rasituksia (-> haitta-ainekartoitus), säilyttävät lujuustekniset ominaisuutensa. Julkisivuelementtien ulkokuoren ja yleensäkin ulkorakenteiden osalta asia on toisin. Niiden ulkopinta karbonatisoituu ilman hiilidioksidipitoisuuden vaikutuksesta, ja kun ilmiö etenee teräksiin asti, alkaa raudoituksen korroosio. Ruostuva rauta korkkaa betonin ympäriltään ja pakkasvauriot tulevat samalla mukaan kuvaan.

Rakenteiden kuntotutkimuksella pystytään selvittämään helposti muun muassa karbonatisoitumissyvyys ja sitä myöten ulkokuoren jäljellä oleva käyttöikä. Jos elementtien rakennepiirustuksia ei ole enää tallessa, voidaan peitekerrosmittarilla määrittää rakenteen pääteräkset, joista takaperin mitoittamalla voidaan selvittää rakenteen kantavuus. Uudessa paikassa rakenteisiin voi kohdistua suurempia kuormituksia kuin niihin on aiemmin kohdistunut. Syynä voi olla esimerkiksi se, että katolle joudutaan rakentamaan nykymääräysten mukainen IV-konehuone, joka on huomattavasti suurempi kuin alkuperäinen. Rakenteita joudutaan sitten vahvistamaan tavalla tai toisella. Jos raskaammat vahvistusmenetelmät eivät innosta, niin tässä voisi olla

sopiva paikka betonipalkkien pintaan liimattaville hiilikuituvahvisteille. Ne voivat kuitenkin vaatia erillistä palosuojausta.

Työkalut ja -menetelmät

Rakennusten purku vaatii tietynlaiset omat työkalunsa. Pääsääntönä voidaan sanoa, että pienet henkilökohtaiset työkalut toimivat paremmin kuin suuret. Esimerkiksi ontelolaattojen saumauksia sahataan auki käsikäyttöisellä puoliautomaattisella linjasahalla hyvin läheltä saumaa, jolloin jäljelle jäävä saumausbetoni voidaan helposti naputella irti pajavasaralla tai rautakangella. Sahauksessa voidaan myös hyödyntää robotiikkaa. Perinteisille porakoneille ja piikkausvasaroille riittää silti kuitenkin työtä. Ennen varsinaista purkua on suunniteltava elementtien nosto ja varmistuttava siitä, että rakenne ei sorru. Tarpeen vaatiessa lisätään rakenteisiin ankkuripultteja tartunnoiksi. Työsuojelunäkökohtien hallinta on hyvin keskeisessä osassa purkutöissä. Normaalit ontelolaattojen nostosakset eivät toimi näissä yhteyksissä, kun laatan saumoissa on jälkivaluja tai kun tartuntauran läheisyydessä on lohkeamia. Ontelolaattojen nostamiseen voidaan käyttää Skanskan, Umaconin ja Rambollin yhdessä ideoimaa sekä Peikon valmistamaa, testaamaa ja hyväksyttämää nostoapuvälinettä.

Uusi business-alue

Vaikka uuden tuotekehityksen myötä saataisiin aikaiseksi kokonaistaloudellisesti kannattava runkojärjestelmä, totuus on kuitenkin se, että olemassa oleva rakennuskanta on toteutettu aiemmalla ’Runko-BES’ -tekniikalla, ja senkin kierrätys tulee oppia hallitsemaan. Kokonaisten elementtien kierrätyksestä on muodostumassa uusi business-alue. Vielä se ei kuitenkaan ole sitä, vaan se edellyttää monenlaisten prosessin vaiheitten hiomista kohdalleen. Tässä korostuvat kunnollinen ennakkosuunnittelu ennakkotutkimuksineen ja -selvityksineen, purkusuunnittelu, jatkojalostaminen, tuotehyväksyntä ja kelpoistaminen sekä välivarastointi, markkinointi ja uudelleen kokoaminen. Viimeksi mainittuun liittyy myös lopullisten pintojen teko, joka vaatii vielä työpanosta.

Alalle tarvitaan täysin uudenlaisia toimijoita, jotka hallitsevat kaikki nämä vaiheet. Yritykset, jotka tähän asti ovat valmistaneet ja asentaneet uusia elementtejä ovat lähtökohtaisesti etulyöntiasemassa muihin toimijoihin nähden. Myös toiminnan talouden kannalta yhteiskunnan myötävaikutus on monella tapaa edellytys toiminnan kannattavuudelle. Pohjoismaiden Ministerineuvoston eri maissa organisoimissa ideariihissä monelta taholta on esitetty ehdotus kierrätysmateriaalien ja -komponenttien alemmasta arvonlisäverosta. Jos ostat käytetyn, niin on tavallaan perusteltua maksaakin siitä vähemmän. Samassa ideariihessä peräänkuulutetaan myös kiertotalouden koulutusta koskien rakennusten runkoja. Sen suhteen voimmekin todeta, että SeAMKissa ollaan järjestämässä vuoden 2025 alussa KOTU-hanke ja siihen liittyen kurssi ’Kiertotalous korjausrakentamisessa, 2 op’, joten kannattaa pysyä kuulolla.

Jätelain mukainen etusijajärjestyksen noudattaminen tulee pakottamaan kokonaisten rakennusten runkojen kierrättämisen ensisijaiseksi toimintatavaksi tulevina vuosina. EU:n sisämarkkinoille kertaalleen saatetut rakennustuotteet, jotka käytetään uudelleen, kuuluvat pääosin kansallisen sääntelyn piiriin, mikä tarkoittaa

sitä, että niiden kelpoisuuden osoittamisessa tukeudutaan pakollisen CE-merkinnän ja suoritustasoilmoituksen sijaan kansalliseen tuotehyväksyntämenettelyyn. Tässä riittää haasteita myös rakennustarkastuksen sektorille. Yhtenäiset toimintatavat valtakunnan tasolla olisivat tervetulleita.

Artikkeli on osa Kiertotalouden monet mahdollisuudet rakentamisessa (KIMORA) -hanketta, joka on Euroopan unionin osarahoittama.

Tutustu KIMORA-hankkeeseen.

Jorma Tuomisto
TKI-asiantuntija, Digitaaliset ja älykkäät teknologiat
SeAMK

Kirjoittaja on tehnyt pitkän työuran SeAMKin rakennustekniikan laboratoriossa muun muassa akkreditoidun betoninkoetuksen parissa ja betonitekniikan opetuksessa. Aiemmin hän on toiminut betonielementtiteollisuudessa tuotekehitysinsinöörinä. Tällä hetkellä hän työskentelee SeAMKissa rakentamisen kiertotaloutta tutkivassa KIMORA-hankkeessa yhteistyössä Tampereen Yliopiston kanssa. Hanke on Euroopan unionin osarahoittama.

Lähteet

Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö SBK. (1979) *BES-järjestelmän rakenteita koskeva suositus 1979. Julkaisu n:o 15*

Teknologian tutkimuskeskus (VTT). (1984). *Betonielementtien liitokset ja saumat. VTT Tutkimuksia 316.*

Kustannusosakeyhtiö Tietopuu (1990). *TAT-komponenttirakentaminen. The new component system building technology.*https://www.buildingsocialecology.org/projects/circle-house-lisbjerg/https://projektit.app-staging.seamk.hion.dev/alykkaat-teknologiat/kotu-korjausrakentamisen-tulevaisuus-rakentamislaki-kiertotalous-ja-digitalisaatio/https://projektit.app-staging.seamk.hion.dev/alykkaat-teknologiat/kotu-korjausrakentamisen-tulevaisuus-rakentamislaki-kiertotalous-ja-digitalisaatio/kiertotalous-korjausrakentamisessa-2-op-kevat-2025/https://www.peikko.fi/blogi/pilottihanke-osoitti-etta-betonielementtien-purkaminen-ja-uudelleenkayttaminen-on-realistista-
ja-
kannattavaa/https://www.norden.org/en/publication/accelerate-circular-constructionhttps://projektiuutiset.fi/teema-artikkeli-recreate-opettaa-irrottamaan-elementin-kokonaisena/