

BETONIRAKENTEIDEN MÄÄRÄ -LOPPURAPORTTI

Betoniteollisuus ry

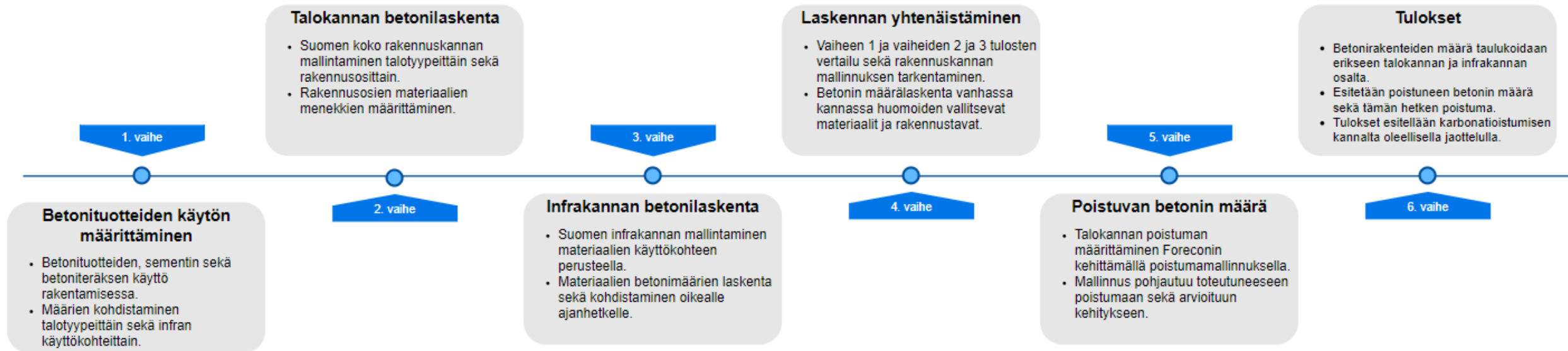
2.9.2020

Forecon Oy

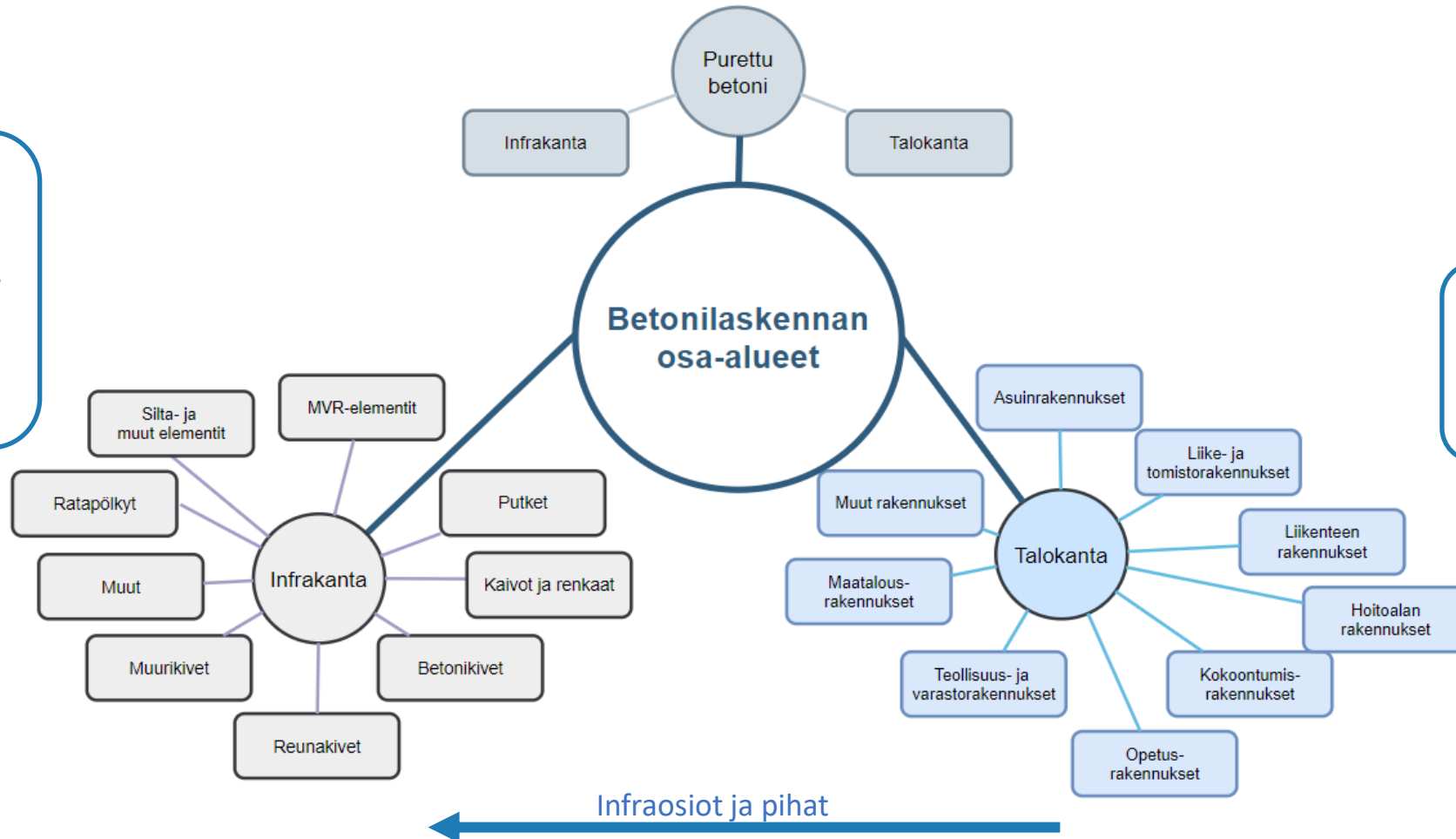
Betonirakenteiden määrä

- Työn tavoitteena oli selvittää betonirakenteiden määrä Suomen rakennuskannassa sekä jaotella betonirakenteet eri luokkiin ominaisuus ja altistumisympäristön perusteella.
- Forecon laski Suomen rakennuskannassa olevan betonin määrän kahdella eri tavalla. Arvioimme betonin menekkiä sementin käytön pohjalta sekä Suomen rakennuskannan ominaisuustietojen pohjalta. Tällä tavalla pystyimme kohdistamaan betonin käytön Suomen rakennuskannassa rakennuksiin ja rakennusosiin. Olemme vertailleet betonin määriä betonituotteiden käytön sekä rakenneosakohtaisen kantalaskennan välillä.
- Vuotuisen betonimenekin määrittämisen jälkeen huomioimme rakennuskannasta poistuneiden rakennusten osuuden, jolloin saimme tulokseksi tällä hetkellä Suomen rakennuskannassa olevan betonin määrän.
 - Rakennuskantatietojen avulla olemme jakaneet vuotuisen, tuotetun betonin määrän sekä tällä hetkellä rakennuskannassa olevan betonin eri betonirakenteisiin, jonka avulla olemme jakaneet rakenteet hiilidioksidin sidonnan kannalta samankaltaisiin osakokonaisuuksiin.
 - Pääjaotteluna on käytetty tarjouksen mukaista menettelyä:
 - Ulkoilman kanssa kosketuksissa oleva betoni
 - Suojattu ja suojaamaton
 - Sisäilman kanssa kosketuksissa oleva betoni
 - Pinnoitettu ja pinnoittamaton
 - Betoni, joka ei ole kosketuksissa ilman kanssa

Betonin määrän mallintaminen Suomen rakennuskannassa



Betonin määrän mallintaminen Suomen rakennuskannassa



Laskenta on tehty betonituotteittain.

Muut on iso ryhmä, mikä on pääosin valmisbetonista tehtyjä infrarakenteita.

Laskenta on tehty talotypeittäin.

Vain rakennukseen kytkeytyvät.

Prosessikaavio (talonrakentaminen)

Rakennuskanta
-Pilkottu eri ominaisuuksiin ja eri ominaisuuskombinaatioihin

Dynaaminen / rakennuskohtainen määrän laskenta



Sementin käyttö rakentamisessa

- Talotyypeittäin
- Infra
- Rakennusosittain

+

Laastin käyttö

- Talotyypeittäin
- Infra
- Rakennusosittain

Betonituotteiden määrä

- RT tilastot
- Forecon tilastot



Perustukset

- Antura
- Sokkeli (Erotellaan maanpäällinen osuus)

Alapohja

- Betoninen alapohjalaatta
- Huomioidaan rossipohjat ja mm. varastoista ja muista osa ilman laattaa ja varsinaista lattiaa

Kellaritilat

Hissikuilut

Porraselementit tai paikalla valetut

Välipohjat

Yläpohja

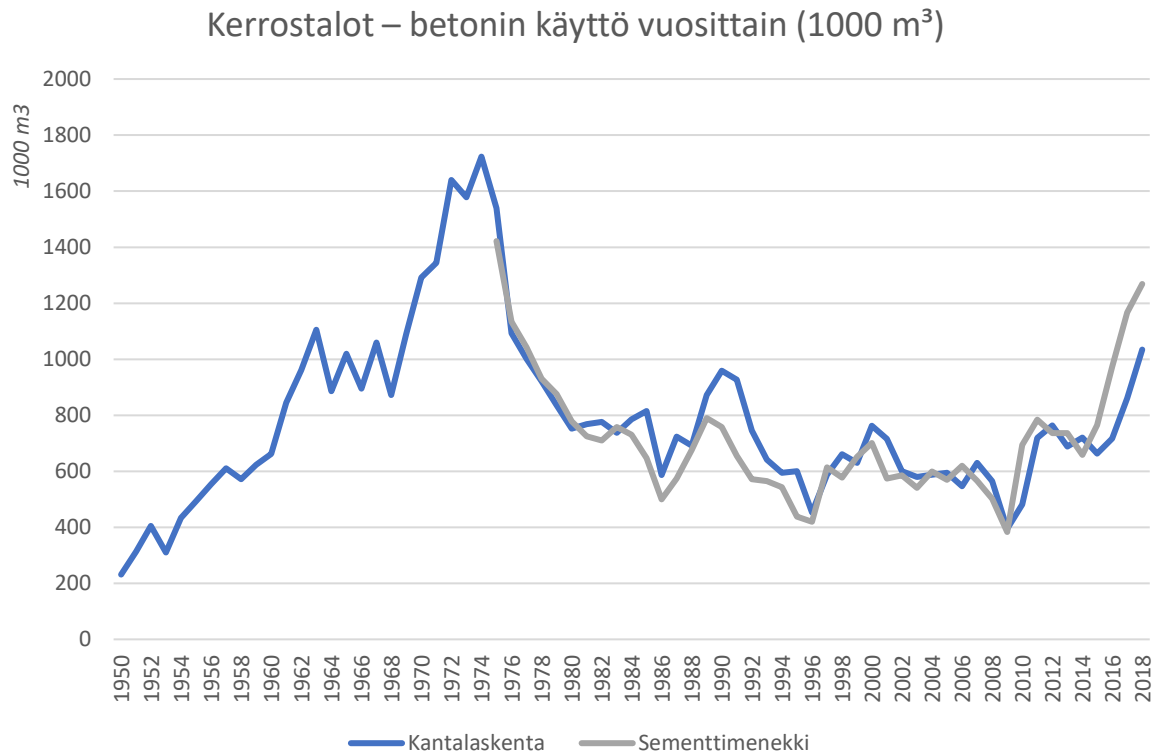
Ulkoseinät / julkisivut

- Paljon variaatioita
- Betoni runko+betoni julkisivu
- Betoni runko+tiili julkisivu tai joku muu julkisivu
- Betonipilarit ja -palkit

Väliseinät

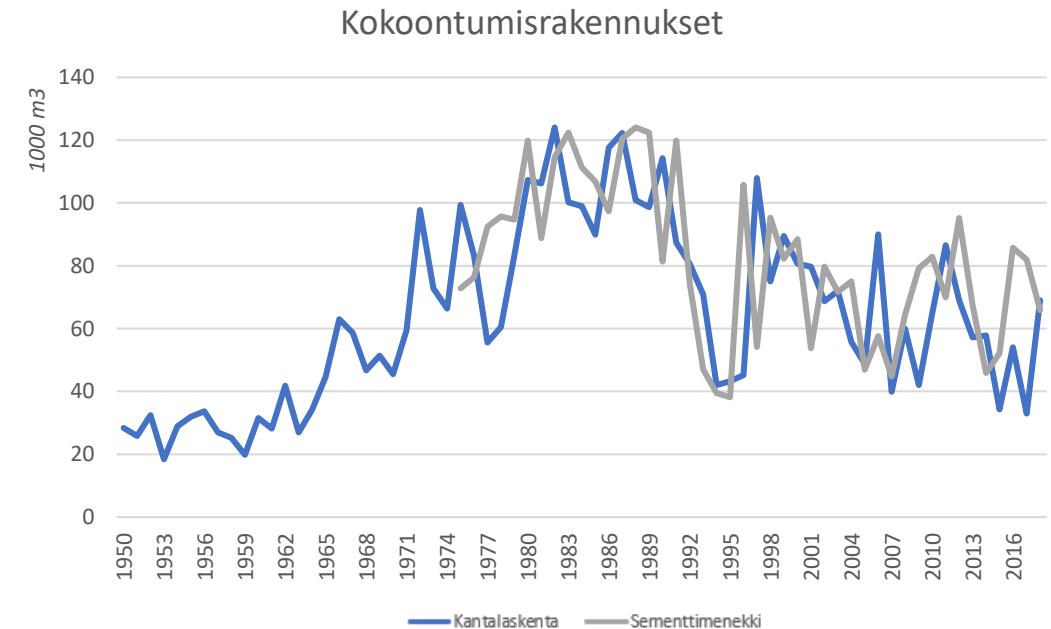
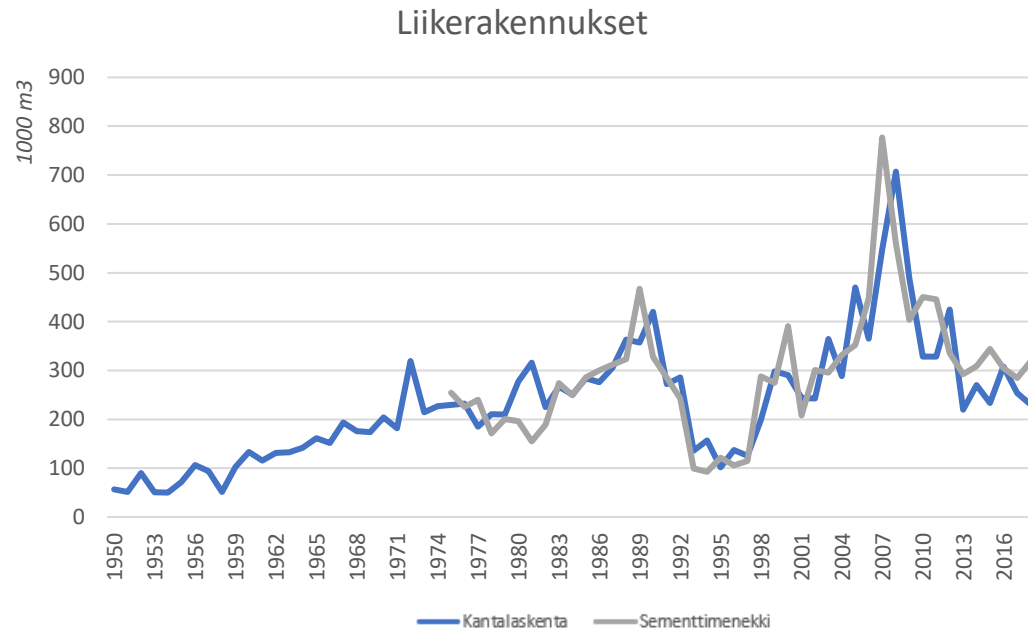
BETONI TALO- JA INFRAKANNASSA

Esimerkki: Betonin käyttö kerrostaloissa



- **Kuvassa** tuloksia asuinkerrostaloissa käytetyn betonin määrästä laskettuna sementtilaskenta avulla sekä rakennuskannan rakennusosakohtaisen laskennan kautta. Kuten kuvasta nähdään, luvut korreloivat erinomaisesti keskenään, mutta kuitenkin joitain eroavaisuuksia on esimerkiksi 90-luvun betonimäärissä.
 - Kantalaskennan kautta tuleva betonin määrä tulee hieman sementtilaskentaa perässä, sillä sementtilaskenta on tehty rakentamisen aloitusten ja tuotannon mukaan, mutta kantalaskenta valmistuneiden rakennusten kautta (valmistumisvuoden mukaan).
- Kantalaskenta toimii erinomaisesti esimerkiksi kerrostalo- ja rivitalokohteille, jotka noudattelevat melko tarkasti samoja rakenneperiaatteita eikä suuria eroavaisuuksia eri kohteiden välillä ole. Rakennukset ovat varsin heterogeenisiä
- Onnistuneen kantalaskennan ansiosta pystymme mallintamaan betonin käyttöä pidemmälle menneisyyteen jopa rakennusosakohtaisesti. Tämä myös mahdollistaa karbonatisaatio-laskennan, jossa on huomioitu betonin sijainti ja pinta-ala rakennuksessa.
- Forecon on tehnyt määrälaskennat betonirakenteiden määrälle työssä käytettävän pääjaottelun mukaisesti. Määrät ovat esitetty excelissä neliömäärinä sekä kuutiomäärinä vuosikohtaisesti.
- Infrakannan betonilaskenta on tehty erikseen.
- Raportin liitteenä olevassa excelissä on raportoitu tulokset edellä mainittua jaottelua noudattaen.

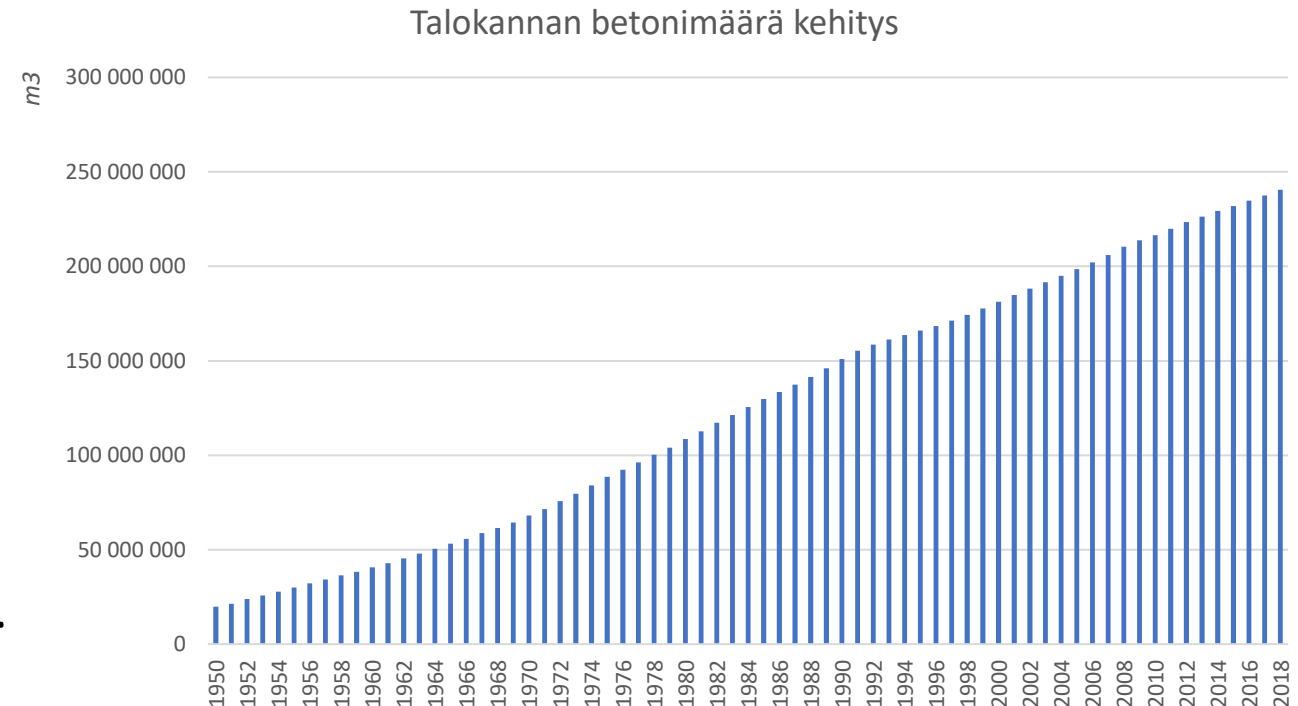
Esimerkki: Betonin käyttö liike- ja kokoontumisrakennuksissa



- Kantalaskenta toimi myös monimuotoisempien talotyyppien osalta hyvin. Etenkin liikerakennusten osalta tarkkuustaso sementtilaskennan suhteen oli erinomainen.
- Kokoontumisrakennuksissa vuosikohtaiset erot betonimäärissä olivat suurimpia ja yksittäisten kohteiden välillä saattoi olla valtavia eroja betonimenekin suhteen. Kun kohteet poikkeavat paljon toisistaan tulee keskimääräisessä käytön mallinnuksessa poikkeavuutta.
- Kantalaskennan ja sementtilaskennan kautta tehtävissä betonimäärissä on kuitenkin havaittavissa selvä korrelaatio. Betonimäärän ero sementtilaskennan ja kantalaskennan välillä jäi noin 7 %:iin.

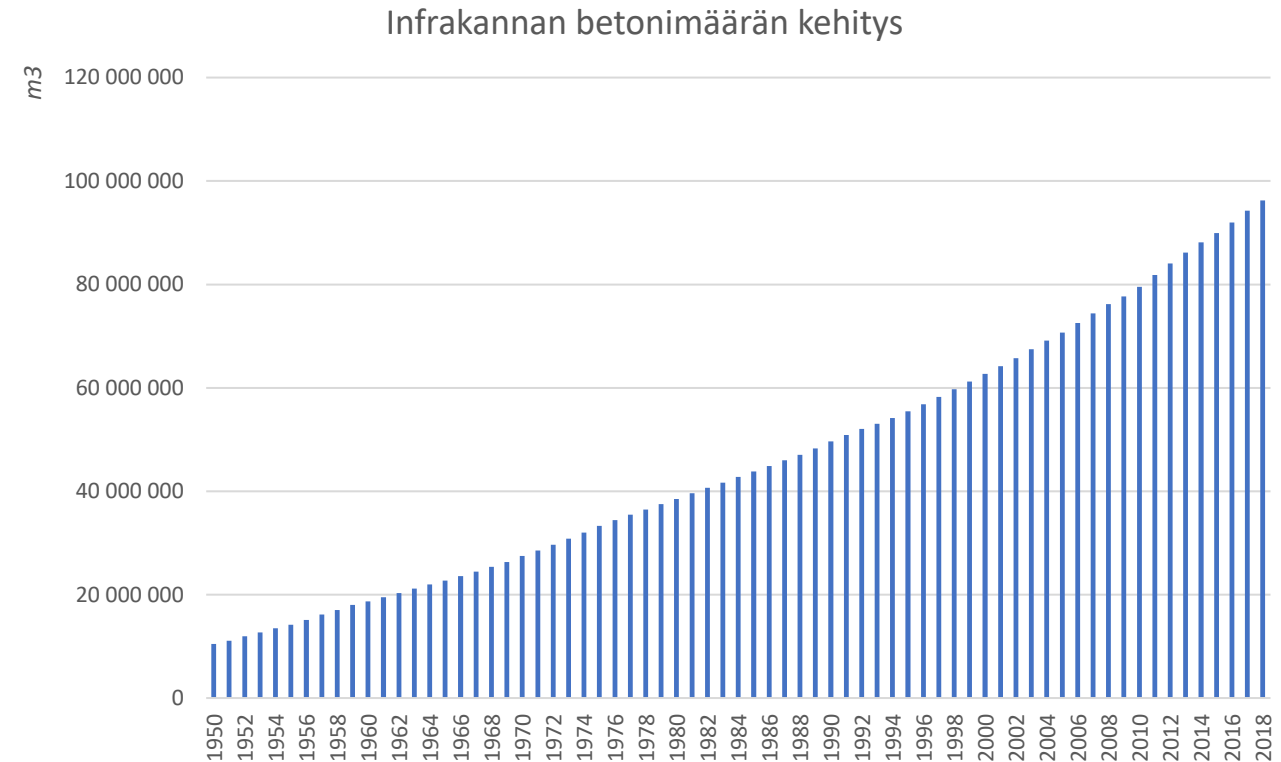
Betonin määrä talokannassa vuonna 2018 rakennusvuosien mukaan

- Kuvassa betonin määrän kehitys Suomen talokannassa ajalta 1950-2018. Vuonna 2018 Suomen talokannassa on betonia noin 241 miljoonaa kuutiota.
- Betonin määrä on arvioitu myös ajalle ennen vuotta 1950. 1950-2018 aikana valmistuneiden talojen betonimäärä kattaa noin 93 % koko kannan betonimäärästä.
- Kuvaajassa on huomioitu rakennusten poistuma.
 - Rakennuskanta sisältää poistuneet rakennukset, jonka avulla poistuma on laskettu
- Betonimäärä on siis tällä hetkellä kannassa oleva betoni.

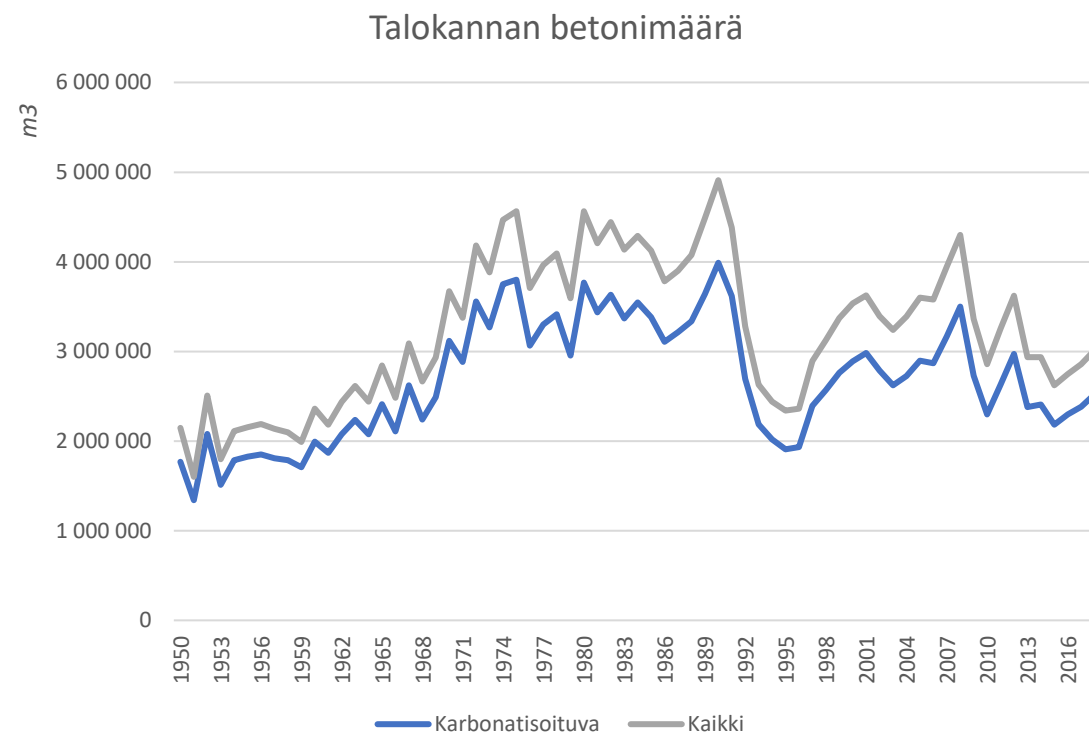
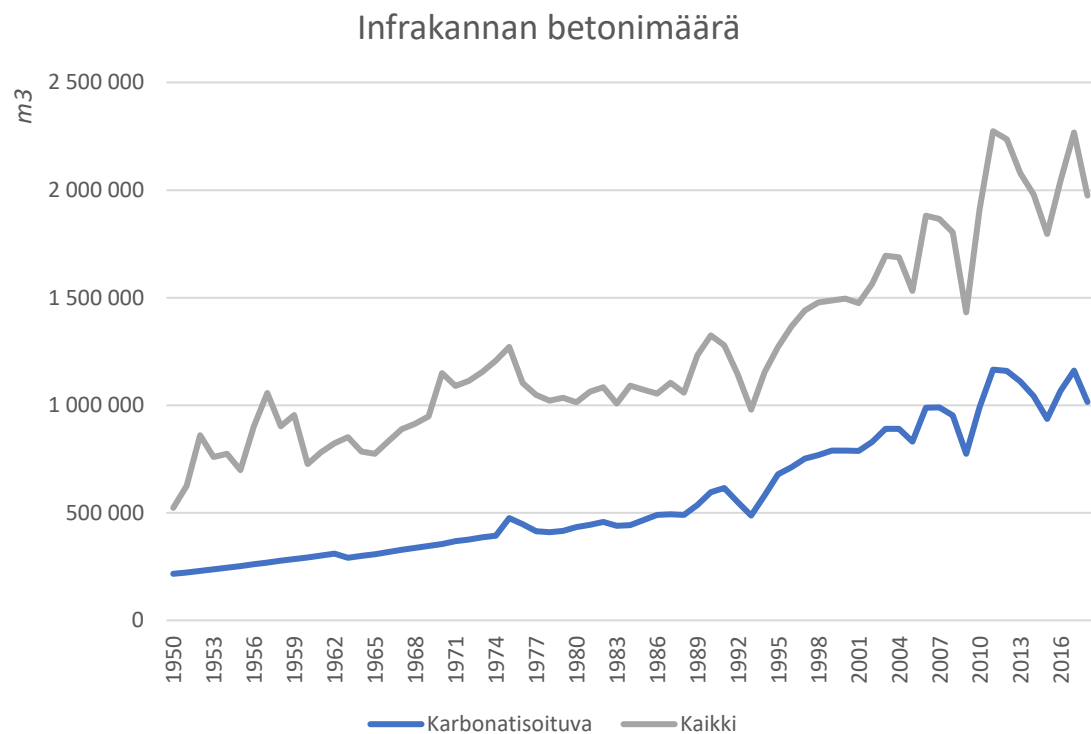


Betonin määrä infrakannassa vuonna 2018 rakennusvuosien mukaan

- Infrakannassa on paljon betonituotteita, mutta iso osa maa- ja vesirakentamisen betonin käytöstä on valmisbetonin käyttöä, jonka kohdistaminen tiettyyn rakenteeseen on hankalaa/mahdotonta.
- Tuotteina on erikseen käsitelty
 - Ratapölkyt
 - Infraelementit
 - Paalut, putket, kaivot, renkaat
 - Betonilaatat, pihakivet, muurikivet, reunakivet
 - Siltojen betoni (kansi ja tukirakenteet)
 - Loput on betonin muuta käyttöä (2/3 osaa infran betonista)
- Kuvassa vastaavasti infrakannan betonin määrän kehitys vuosina 1950-2018. Vuonna 2018 Suomen infrakannassa oli betonia yhteensä noin 96 miljoonaa kuutiota.
- Betonin määrää on arvioitu myös ajalle ennen vuotta 1950, ja se on arviolta noin 10 miljoonaa kuutiota.
- Vuosien 1950-2018 välisenä aikana käytetty betoni kanttaa noin 92 % koko infrakannan betonimäärästä.
- Kuvaajassa on huomioitu infrarakenteiden poistuma. Poistuma on mallinnettu

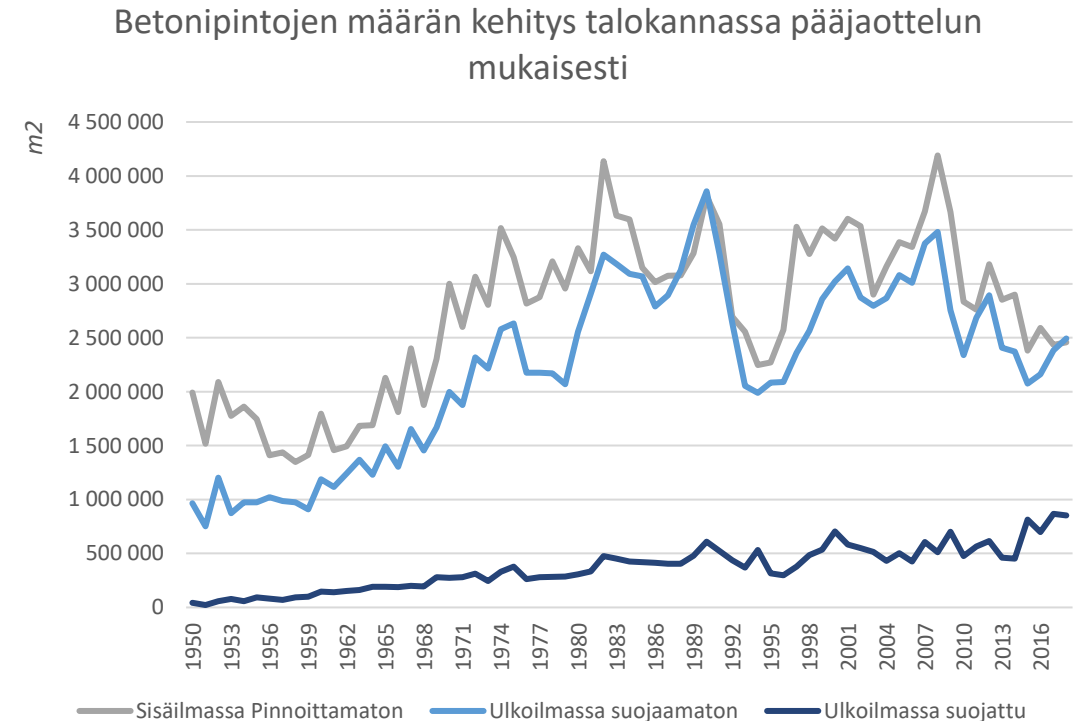
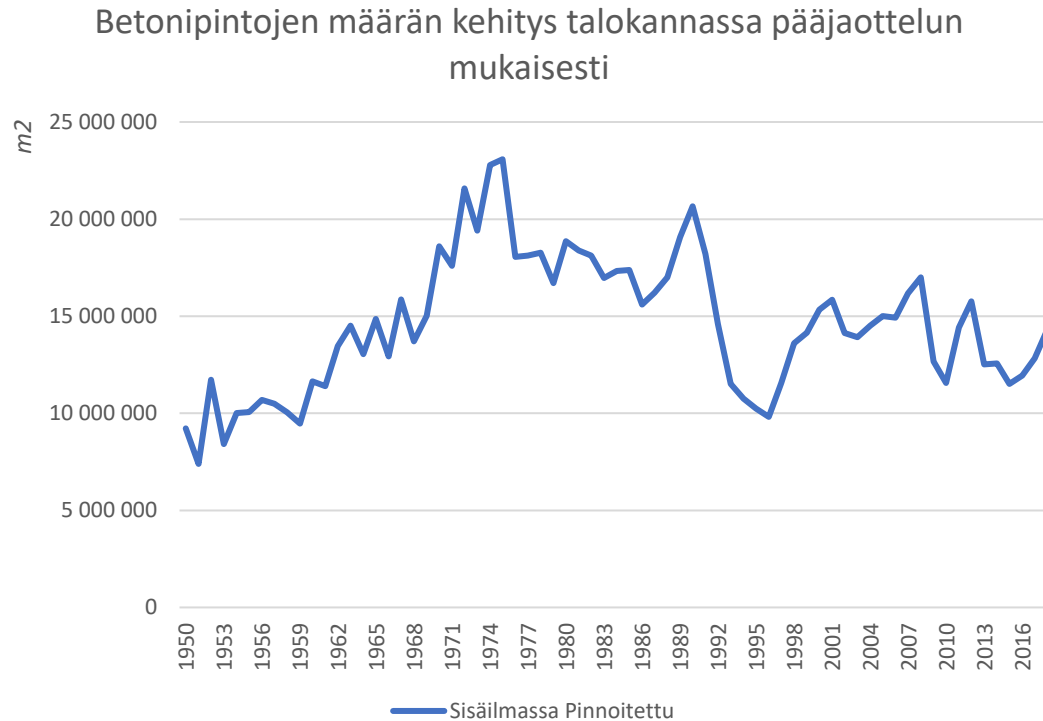


Karbonatsoituvan betonin määrä



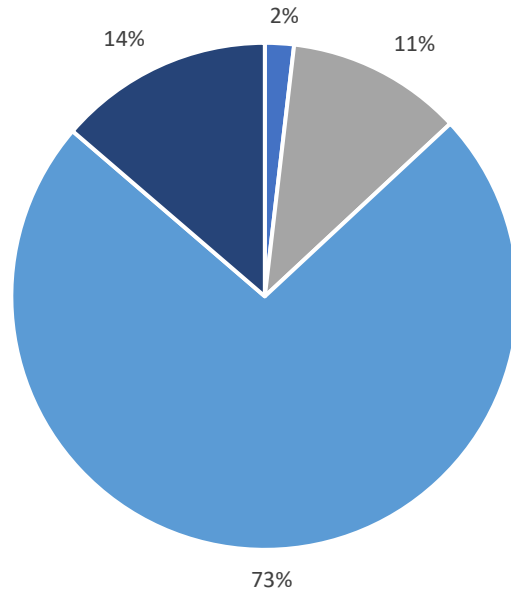
BETONIPINTOJEN MÄÄRÄT

Betonipintojen määrät pääjaottelun mukaisesti

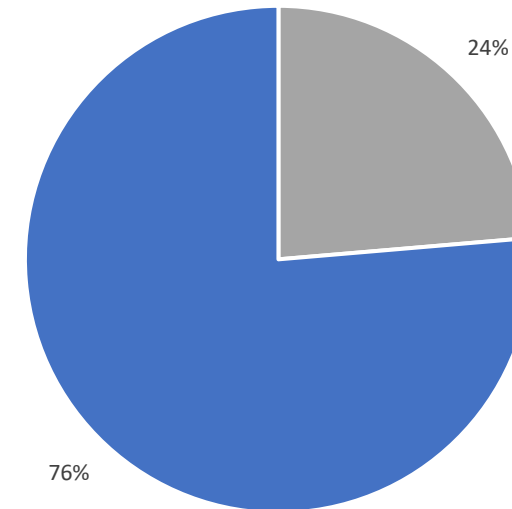


Tarkasteltavien betonipintojen osuus

Betonipintojen osuus talokannassa pääjaottelun mukaisesti



Betonipintojen osuus infrakannassa pääjaottelun mukaisesti



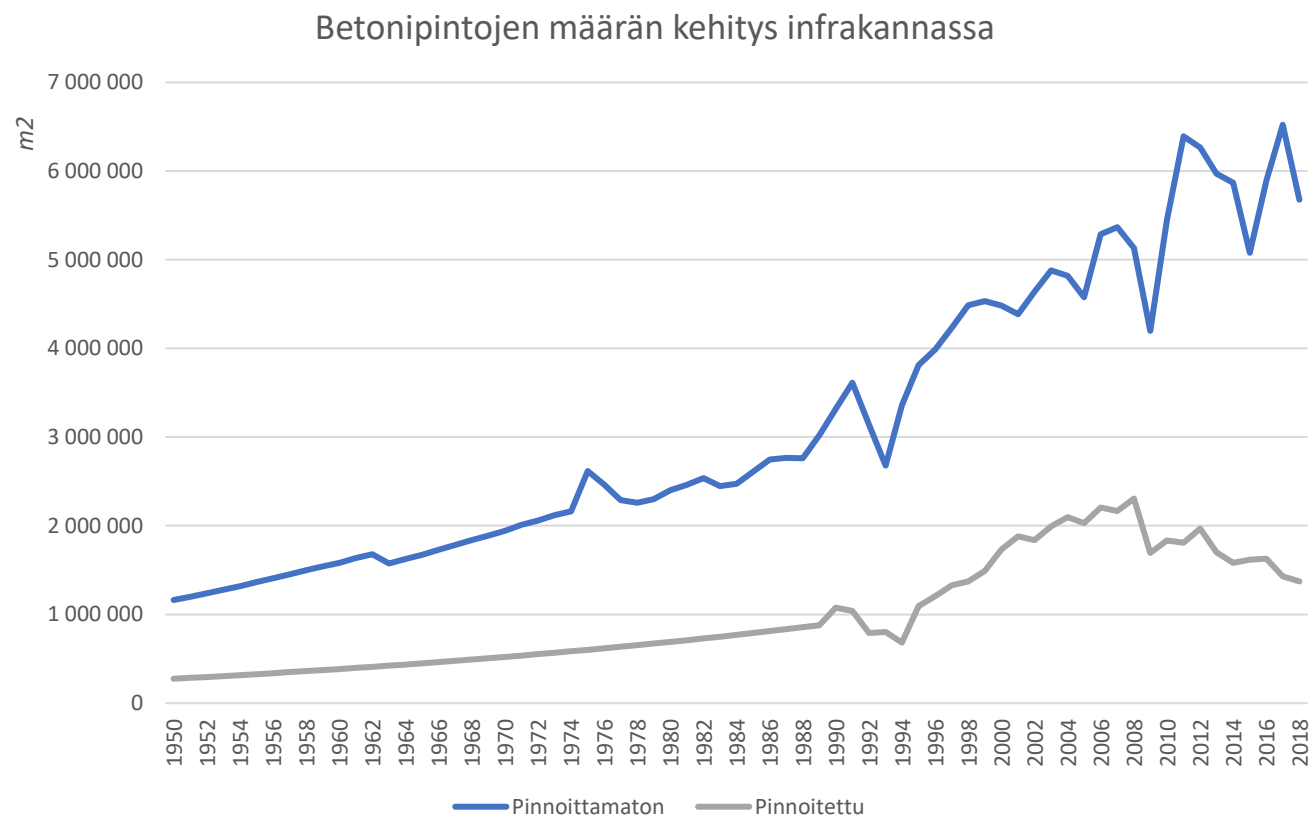
■ Suojattu ulkona ■ Suojaamaton ulkona ■ Pinnoitettu sisällä ■ Pinnoittamaton sisällä

■ Pinnoitettu ■ Pinnoittamaton

- Betonipinnat on jaoteltu pääjaottelun mukaisesti hiilidioksidin sidonnan kannalta samankaltaisiin kokonaisuuksiin.
- Ylivoimaisesti suurin osuus talokannan betonipinnasta on sisätiloissa olevaa pinnoitettua betonia.
- Pinnoittamatonta betonia kertyy lähinnä teollisuuden, varastojen sekä liikenteen rakennuksista. Lisäksi myös suojaamatonta betonia on merkittävä määrä esimerkiksi julkisivuissa, sokkeleissa ja osittain parvekelaatoissa.
- Infrakannan betoni on jaettu karbonatisoitumisen osalta pinnoitettuun ja pinnoittamattomaan betoniin.

Infrakannan betonipintojen määrä

- Infrakannassa on paljon betonituotteita, mutta iso osa maa- ja vesirakentamisen betonin käytöstä on valmisbetonin käyttöä, jonka kohdistaminen tiettyyn rakenteeseen on hankalaa/mahdotonta.
- Pinnoittamaton
 - Ratapölkyt
 - Infraelementit
 - Betonilaatat
 - Siltojen alapinta ja pilarit
 - Osa betonin muusta käytöstä
- Pinnoitettu
 - Pihakivet, muurikivet, reunakivet
 - Siltojen yläpinta
- Mukana ei ole
 - Paalut, putket, kaivot, renkaat
 - Osa betonin muusta käytöstä



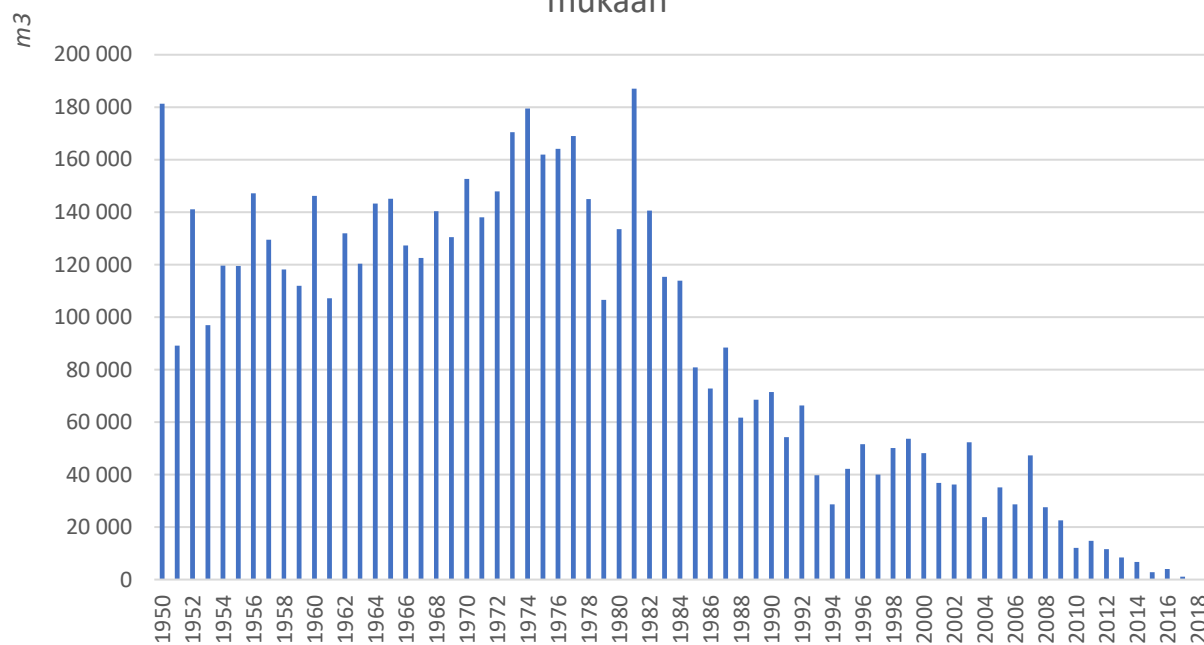
Rajaukset ja huomiot

- Betonille, joka ei ole karbonatisoitumiselle alttiina ei ole laskettu pinta-alaa. Esimerkiksi maanalainen betoni ei ole pinta-alassa
- Betonille on esitetty kokonaismäärä sekä karbonatisoitumiselle alttiina oleva määrä, jolle on laskettu pinta-ala.
- Samalle betonimäärälle voi olla kaksi pinta-alaa, esimerkiksi alapuoli ja yläpuoli.
 - Sama pinta-ala ei ole kahteen kertaan
- Rakenteen sisällä, tuuletusrakoa vasten olevaa pinta-alaa ei ole laskettu mukaan
- Pinnoitettavat on jaettu pääsääntöisesti talotyypeittäin, esimerkiksi liikennetilojen sisäpintoja on tulkittu pinnottamattomiksi

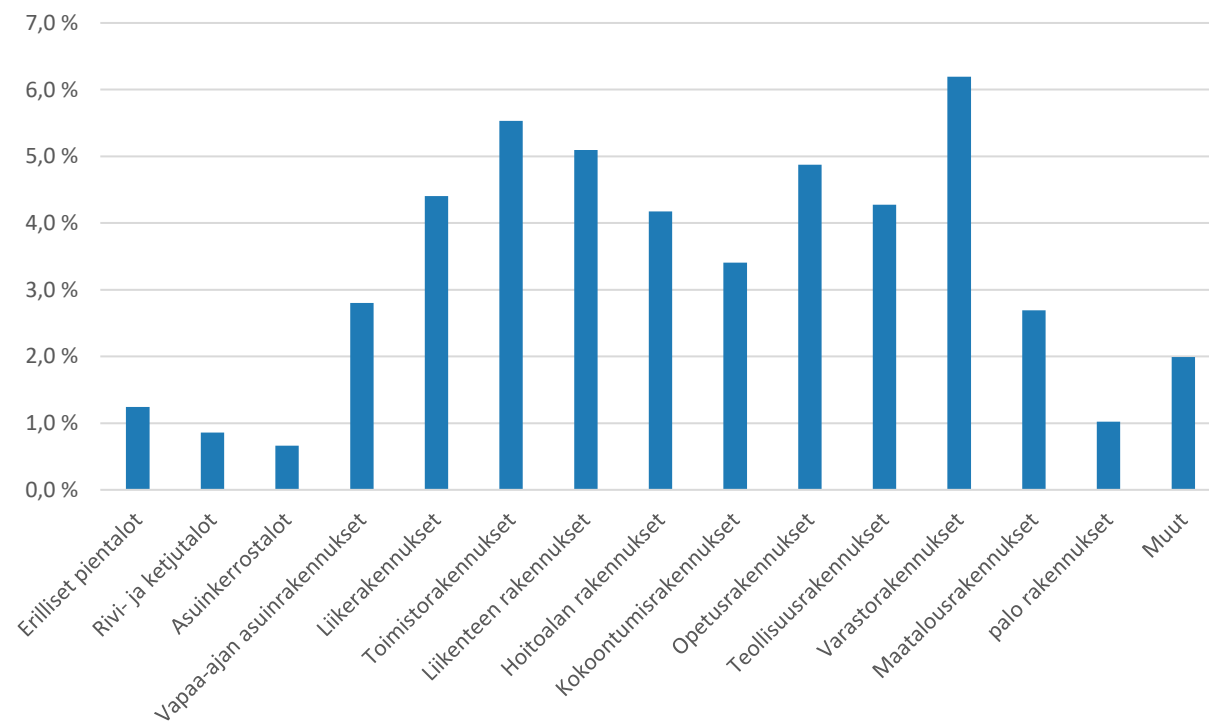
POISTUMA

Talokannan poistuma

Talokannasta poistuneen betonin määrä valmistumisvuoden mukaan



Kumulatiivinen poistuma 1950-2018 valmistuneissa taloissa



- Vuosina 1950-2018 valmistuneista taloista on purettu noin 6 miljoonaa kuutiota betonia.

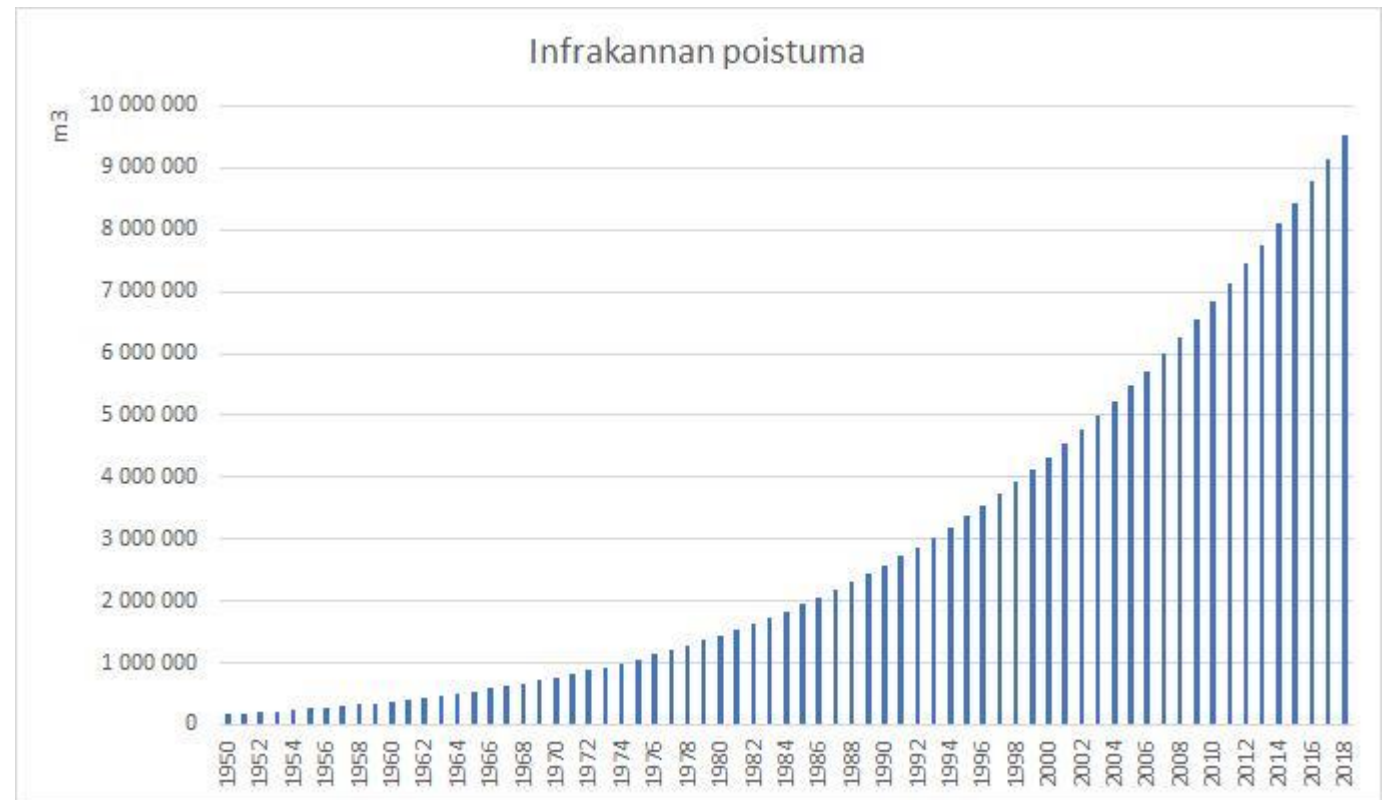
Talokannan poistuma

- Talokannan poistuma on määritetty rakennuskohtaisen rakennuskanta-aineiston pohjalta. Kanta-aineiston tarkkuustaso on heikkoa ennen vuotta 1995 tapahtuneiden purkujen osalta, joten vuotuinen poistuma esitetään aikavälille 1995-2018.
- Talokannan poistuma on kasvanut voimakkaasti viimeisten vuosien aikana johtuen muun muassa purkavasta uudisrakentamisesta.
- Vuonna 2018 talokannasta purettiin betonia noin 1,1 miljoonaa kuutiota, mikä on selvästi pitkän ajan keskiarvoa enemmän.
- Kaupungistuminen ja keskusta-alueiden tiivistyminen pitää talokannan poistuman korkealla tasolla myös tulevaisuudessa.



Infran poistuma

- Infrakannalle ei ole saatavissa poistuvien rakenteiden määrää. Infrakannan poistuma on mallinnettu poistuma-arvion mukaan.
- Betonin poistuma kasvaa, kun infrakanta vanhenee ja betonin määrä vanhemmassa infrakannassa kasvaa.
- Poistuvan betonin määrä infrakannassa oli arviolta 370 000 m³ vuonna 2018.
- Poistumassa oletuksena on, että kun rakenne poistuu, niin kaikki siinä oleva betoni poistuu, vaikka esim. maanalaisia osia jätettäisiin paikoilleen.



YHTEENVETO

Betonin laadun ja lujuusarvon kehitys

- Betonin lujuusominaisuuksien kehitys on ollut ajansaatossa merkittävää. Vielä 1900-luvun alussa betoni saavutti ainoastaan noin 15 MPa puristuslujuuden. Lisäksi säästöbetonin käyttö heikensi betonin ominaisuuksia kun valun joukkoon lisättiin kiviä, jotta sementin menekkiä saatiin pienemmäksi. Säästöbetonia käytettiin aina 1960-luvulle asti lähinnä raskaissa rakenteissa, kuten perusmuureissa, anturoissa sekä sokkeleissa.
 - 1960-luvulle tultaessa betonin ominaisuudet paranivat entisestään ja betonin valmistuksessa saavutettiin 30-35 MPa puristuslujuudet, jotka vastaavat edelleen käytössä olevia betonilaatuja. Tämän lujuuden saavuttavia betoneita ei kuitenkaan käytetty laajasti kaikissa rakenteissa ja vielä 60-luvulla käytettiin paljon K15 ja K20 betoneita.
 - Betonin lujuuksien kehittymistä voidaan tutkia tarkemmin aikavälillä 1976-1998.
 - Vielä vuonna 1976 valmistettiin lujuusluokan K15 betonia, joka nykyään on poistunut markkinoilta. 70-luvulla K15 ja K20 lujuuden valmisbetonia tuotettiin 25 % kaikesta betonista. Vuonna 1998 alimman lujuusluokan eli K20 betonin markkinaosuus oli alle 3 %.
 - 1970-luvulla K25 ja K30 betonit olivat laajasti käytössä ja niiden markkinaosuus vastasi noin 50 % kaikesta betonista. Vastaavien betonilaatujen markkinaosuus 2000-luvun taitteessa oli noin 70 %.
 - Lujuusluokiltaan K34 ja K40 betonia valmistettiin runsaat 5 % 1970-luvulla ja vastaavasti käyttö oli kasvanut 25 %:iin 2000-luvulla tultaessa.
- Lähteet:*
Seppänen. 2008.
Hellebois ym. 2013.
- Sementin käyttö betonissa ei ole merkittävästi lisääntynyt viime vuosikymmeninä Foreconin sementin käyttömallinnuksen perusteella. Sementin käyttöä sideaineena lisättiin vuonna 2017 betonointiongelmien takia, mutta sen jälkeen on palattu aiempiin käyttömääriin.

Yhteenveto ja arvionti tuloksista: Betonin määrä

- Betonilaskennan tarkkuustaso on erittäin hyvä ja kohdistus erityisesti talokannassa on kauttaaltaan hyvä
 - Infrakannan valmisbetonin muu käyttö ja siitä johdettu betonin karbonatisoitumiselle altis määrä ja pinta-ala sisältää paljon epävarmuutta, muiden käsiteltyjen infratuotteiden osaltbetonin määrän tarkkuustaso on hyvä
- Betonin määrä vuonna 2018 on
 - talokannassa 241 milj. m³
 - Infrakannassa 98 milj. m³
- Betonin vuosittainen poistuma tällä hetkellä (2018) on
 - Talokannassa 1 100 000 m³
 - Infrakannassa 370 000 m³

Yhteenveto ja arvionti tuloksista: Karbonatisoitumiselle alttiin betonin määrä ja pinta-ala

- Karbonatisoitumiselle altista betonipinta-alaa vuosina 1950-2018 valmistuneissa rakenteissa on
 - talokannassa 1 370 milj. m²
 - infrakannassa 280 milj. m²
- Jaottelu ulkoilmassa olevan talokannan betonipinta-alan tarkkuustaso on hyvä ja jako suojaamattomaan ja suojattuun on riittävän hyvä ja selkeä
 - Ulkoilmassa olevan suojatun betonin määrä on 25 milj. m²
 - Ulkoilmassa olevan suojaamaatoman betonin määrä on 155 milj. m²
- Jaottelu sisäilmassa olevan talokannan betonipinta-alan tarkkuustaso on hyvä ja jako pinnoitettuun ja pinnoittamattomaan pääosin selkeä, joiltain osin jaottelussa on tehty talotyyppikohtaisia oletuksia
 - Sisäilmassa olevan pinnoitetun betonin määrä on 1 000 milj. m²
 - Sisäilmassa olevan pinnoittamattoman betonin määrä on 190 milj. m²
- Infrakannan betonin pinta-alan epävarmuus liittyy muuhun betonin käyttöön, joka on iso. Osa tästä betonista on karbonatisoitumiselle alttiina ja sisältyy pinnoittamattomiin. Muilta osin infratuotteiden pinta-alat ovat selkeät

TÄSMÄTIEDOLLA TULOSSIIN

Forecon

Forecon