

Alkalikiviainesreaktio julkisivujen ja parvekkeiden kannalta

Betoniteknologiaseminaari 14.11.2023
Stina Hyyrynen, A-Insinöörit Suunnittelu Oy



Alkali-kiviainesreaktio = AKR

- Hydratoituneen sementin ja kiviaineksen väliset reaktiot aiheuttavat paisumista betonissa
- Paine rikkoo kiviainesta, vaurioittaa betonia ja aiheuttaa halkeilua
- Alkali-kiviainesreaktio vaatii
 - Kosteutta, >80RH%
 - Reaktiivista kiviainesta
 - Korkean alkalipitoisuuden
- Lämpö nopeuttaa reaktiota



Alkalikiviainesreaktio julkisivu- ja parvekerakenteilla

- Alkalikiviainesreaktiota on raportoitu julkisivujen ja parvekkeiden osalta melko harvoin.
- A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n kuntotutkimusaineistossa vain kolmessa näytteessä kahdessa eri kohteessa oli kirjattu alkalikiviainesreaktio laboratorioanalyyseissa uudemmassa rakennuskannassa (1980-2000). Kohteita oli 33 ja näytteitä 254. (Elina Lahdensivu, diplomityö 2022)
- Parin viime vuoden aikana A-Insinöörien tutkimuksissa alkalikiviainesreaktiota tai sen potentiaalia on tullut esille 3 kohteessa, 1980-2000- luvun parvekerakenteissa, reaktiot ovat olleet vähäisiä
- Kuitenkin vuonna 2012 VTT:n tekemässä esitutkimuksessa rakennuksissa oli 34% kaikista alkalikiviainesreaktioista.
- Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n vuosina 2011-2018 tekemien kuntotutkimusten perusteella julkisivurakenteiden osuus alkali-kiviainesreaktiokohteista oli 13% (6 kpl) (betoni 4/2018)



Kiviainesten reaktiivisuusluokitus

- Luokka I AKR erittäin epätodennäköinen
- Luokka II AKR mahdollinen
- Luokka III AKR todennäköinen

Taulukko 1

Kiviainesten alkalireaktiivisuusluokitus ^[7]

Luokka I AKR erittäin epätodennäköinen	Luokka II AKR mahdollinen	Luokka III AKR todennäköinen
<p>Kiven kvartsipitoisuus on alle 15 %, esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> • gabro • dioriitti • diabaasi • emäksinen vulkaniitti <p>TAI</p> <p>Kiven kvartsin raekoko on >0,2 mm, esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> • graniitti • granodioriitti 	<p>Kivet, joissa kvartsin raekoko alle 0,2 mm</p> <p>TAI</p> <p>Kvartsi on kiderakenteeltaan heikosti kiteytynyttä tai häiriintynyttä ja määrä yli 15 %, esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> • graniitti, granodoriitti, tonaliitti, muut granitoidit • vulkaniitit • erilaiset gneissit ja liuskeet • metavulkaniitit • kvartsiitit • karsikivi • hiekkakivi, silttikivi 	<p>Kivet, jotka sisältävät hyvin hienojakoista kvartsia (pääasiassa alle 0,06 mm)</p> <p>JA</p> <p>Kvartsi on kiderakenteeltaan heikosti kiteytynyttä tai häiriintynyttä ja määrä yli 15 %, esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> • alhaisen asteen metamorfiset sedimenttikivet ja vulkaaniset kivet • fylliitti • mustaliuske • grauvakka • hapan-intermediäärinen vulkaniitti, tuffiitti • serti • myloniitti

Lähde: Betoni 1/2023

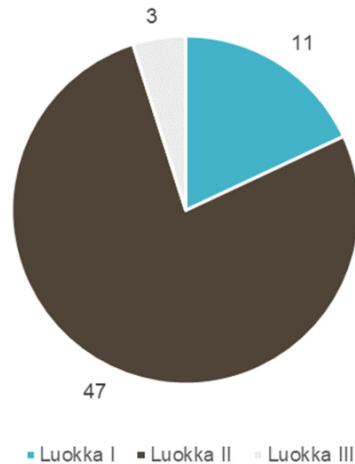
Betoniteknologiaseminaari

14.11.2023

4

AKR potentiaali julkisivu- ja parvekerakenteissa kivilajien kannalta 1990-luvun rakennuskannassa

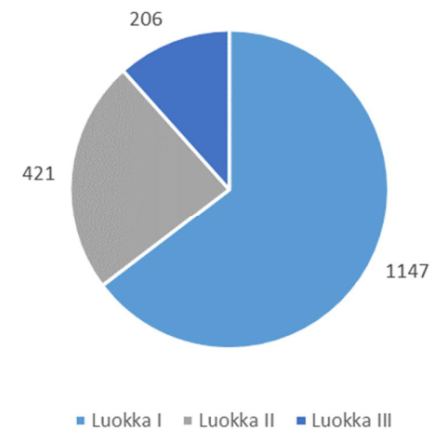
- Luokan II (mahdollista) määrä on kasvanut merkittävästi, havaituista kivilajeista 70 % kuuluu luokkaan II kohteittain jaoteltuna
- Luokan III (todennäköistä) kivilajien määrä on kuitenkin pienentynyt
- Ennen vuotta 1990 rakennetuissa julkisivuissa ja parvekkeissa suurin osa kiviaineksesta oli alkalireaktiivisuudelta erittäin epätodennäköisesti reagoivaa (Luokka I)



Kuva 50. Ohuthieraporteista havaitut kivilajit kohteittain eri luokkiin lajiteltuina (n=61).

Uudemman (1990-luvun) rakennuskannan kivilajit kohteittain

Lähde: Elina Lahdensivu, diplomityö

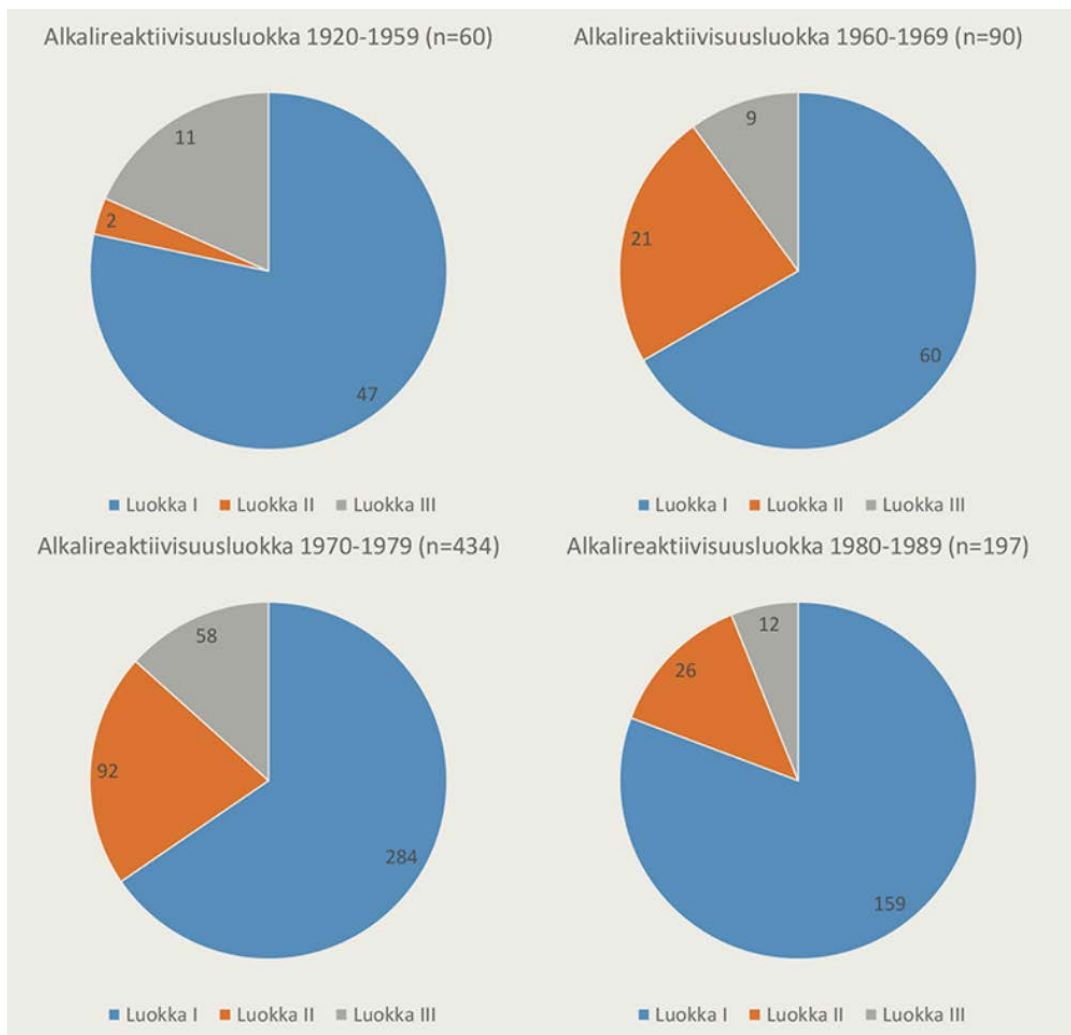


Kuva 51. Kivilajien luokitukset vanhemmassa rakennuskannassa (n=1 774).

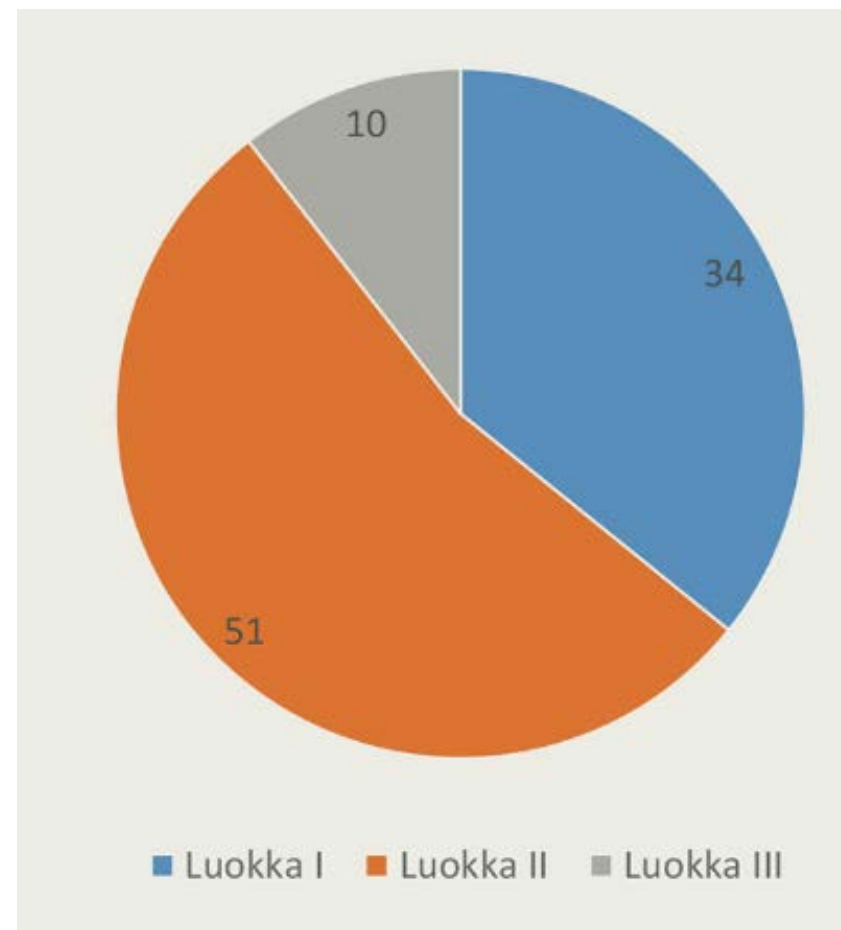
Vanhemman rakennuskannan (-1989) kivilajit kohteittain

Lähde: Elina Lahdensivu, diplomityö

Alkalireaktiivisuusluokka rakennusvuoden mukaan



Kiviaineksen alkalireaktiivisuusluokka 1920-1989 rakennetuissa asuin kerrostaloissa. Lähde: Betoni 1/2023

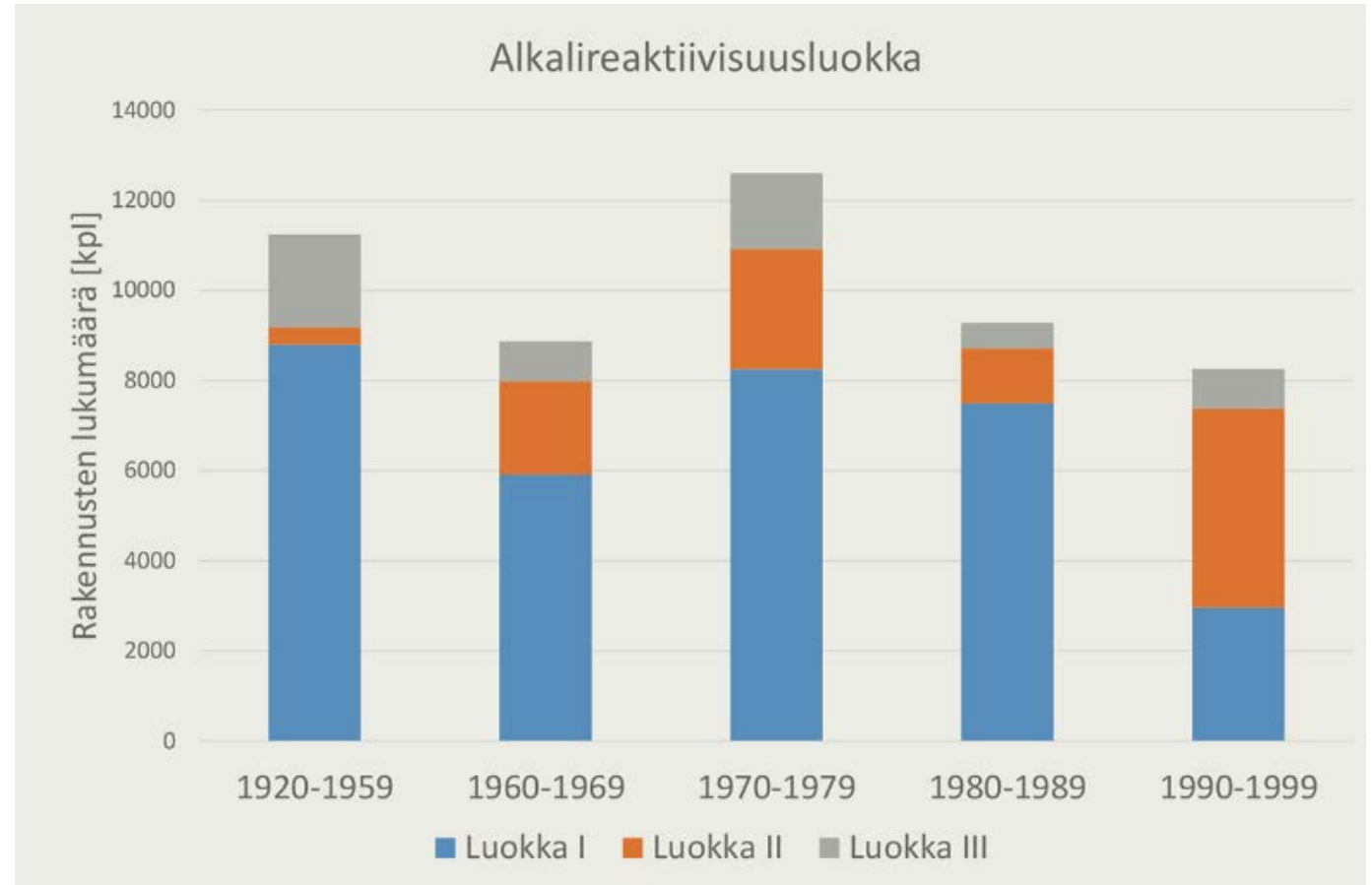


Kiviaineksen alkalireaktiivisuusluokka 1990-1999 rakennetuissa asuin kerrostaloissa.

Lähde: Betoni 1/2023

Alkalireaktiivisuus rakennuskannan mukaan

- Alkali-kiviainesreaktion potentiaali on kasvanut käytetyn kivilajin reaktiivisuuden näkökulmasta
- Luokan 1 (erittäin epätodennäköistä) määrä on pienentynyt
- Luokan 2 (mahdollista) määrä on kasvanut merkittävästi
- Luokan 3 (todennäköistä) kivilajien esiintyminen uudemmassa kannassa on pienentynyt



Kiviaineksen alkalireaktiivisuusluokka asuinrakennuslokalokannassa.

Lähde: Betoni 1/2023



Alkali-kiviainesreaktion huomiointi, kenttätutkimukset

- Silmämääräiset havainnot
 - Verkkohalkeilu
 - Geelin valuminen halkeamista
 - Rakenteiden muodonmuutokset
 - Näytteiden täyttyneet huokoset ja reaktiorenkaat sekä kosteat laikut
 - Pinnan värjäytyminen
 - Aukot, joissa geeliä
- Huom. Alkali-kiviainesreaktio ja sen potentiaali tulee aina varmistaa ohuthietutkimuksella

Alkali-kiviainesreaktion huomiointi, laboratoriotutkimukset

- Laboratoriotutkimuksissa etsittävä myös muita viitteitä kuin silikageeliä
- Kivilajin lisäksi kiinnitettävä huomiota myös rakeisuuteen / kiderakenteeseen
- Potentiaaliset kiviaineet tuotava esille
- Halkeilu ja niiden syy
 - Kaikki kiviaineen halkeilu ei ole alkali-kiviainesreaktiota
- Reaktion vaikutus betonin lujuuteen, veto- ja puristuslujuuskokeet
- Reaktiionopeuden arviointi pelkän sideaineen ja kiviaineksen perusteella on haastavaa
 - Tarvittaessa apuun esim. kiihdytetty alkali-kiviainereaktiotesti



Alkali-kiviainesreaktion huomiointi, tulosten analysointi

- Käytetty sementti ja kiviaines lähtötietojen pohjalta
- Kenttätutkimusten silmämääräiset havainnot
- Alkali-kiviainesreaktio ja sen potentiaali ohuthietutkimuksissa
- Muiden tutkimusten viitteet, esim. alhaiset vetolujuustulokset kiviainesrakeita leikaten
- Vaurioiden vaikutus rakenteen toimintaan

Alkali-kiviainesreaktion huomiointi

- Kuntotutkijan ja laborantin ammattitaidolla merkitystä
- Koulutukseen kiinnitettävä jatkossa huomiota
- Alkalikiviainesreaktiota tuotava esille myös päivityskoulutuksissa
 - Tämän hetken koulutuksissa asiaa jo jonkin verran tuotu esille
 - Korostettava pätevyyksien uusinnassa
- Kuntotutkimuksissa nostettava alkali-kiviainesreaktioita riittävästi esille, sekä laboratoriotuloksissa että niiden analysoinnissa
- Laboratoriotuloksissa tuotava esille silikageelin lisäksi myös reaktiot sekä potentiaali eli alkalireaktiiviset kivilajit

Alkali-kiviainesreaktion estäminen julkisivu- ja parvekerakenteilla

- Olemassa olevien rakenteiden betonin ominaisuuksiin ei voida vaikuttaa, ainut keino on vähentää kosteusrasitusta
- Uusissa rakenteissa kiinnitettävä huomiota käytettyyn kiviainekseen sekä sementtilaatuun ja lisäaineisiin
 - Matala-alkalisen sementin käyttö ei riitä, myös lisäaineiden alkalisuus huomioitava kokonaisuudessa
 - Kiviaineen osalta kiinnitettävä huomio kivilajin lisäksi myös sen rakeisuuteen



Alkali-kiviainesreaktion vaurioittaman rakenteen korjaaminen

- Rakenteen kuormituksen vähentäminen
- Kosteusrasituksen alentaminen
 - Vedenohjauksen parantaminen, kosteusteknisen toiminnan parantaminen (detaljit)
 - Pinnoittaminen
- Uusiminen osittain tai kokonaan

- Mikäli vähäisen alkali-kiviainesreaktion sisältämä rakenne korjataan ja kosteusrasitus poistetaan, ei reaktio välttämättä enää etene

- Huom.! Betonin kuntoa tulee seurata korjausten jälkeen, ellei rakenteita uusita

Alkali-kiviainesreaktion merkitys

- Korjaustarve ei välttämättä synny alkali-kiviainesreaktion myötä
- Alkali-kiviainesreaktio kuitenkin nopeuttaa muita betonin vauriomekanismeja, pakkasrapautumaa ja raudoitteiden korroosiota



Alkali-kiviainesreaktio julkisivu- ja parvekerakenteissa

- Havaintoja reaktioista on edelleen vähän raporteissa, viime aikoina havaintojen määrä lisääntynyt
 - Tietoisuus ja tunnistaminen parantunut
 - Kuntotutkimuksia on alettu tekemään myös uudemmalle rakennuskannalle, jossa potentiaali on suurempi
- Alkali-kiviainesreaktio ei ole Suomessa merkittävä ongelma, erityisesti julkisivu ja parvekerakenteilla
 - Julkisivurakenteilla ei juuri ole ulkopuolisen alkalisuuden riskiä kuten silloilla liukkaudentorjunnan myötä.
 - Julkisivurakenteet ovat kylmemmässä kuin esimerkiksi uimahallirakenteet.
 - Vauriot tulevat mahdollisesti pienemmän rasitustason myötä esiin myöhemmin kuin esimerkiksi silloilla
- Reaktioon tulee jatkossa kuitenkin kiinnittää huomiota.



Lopuksi

- Yleisesti ottaen betonirakenteiden säilyvyysominaisuudet ovat parantuneet (pakkasenkestävyys, raudoitteiden suojapeitepaksuudet)
 - Edelleen kuitenkin löytyy yksittäisiä kohteita, joissa laatu on epäonnistunut
- AKR-merkitys tulevaisuudessa korostuu, kun muut vauriomekanismit todennäköisesti säilyvyysominaisuuksien parantumisen myötä vähenevät
- AKR erityisesti uudemman rakennuskannan ongelma mm. murskatun kiviaineen käytön lisääntymisen myötä
- Ilmastonmuutos kasvattaa kosteusrasitusta ja pakkasmäärät pienenevät, AKR otolliset sääolosuhteet kasvavat
- Havaintoja tehty viime aikoina erityisesti parvekerakenteista, joilla suuremmat kosteusrasitukset kuin julkisivuilla.
- Tärkeää pitää jatkossa rakenteiden kosteusrasitus alhaisena

Lähteet

- A-Insinöörit Suunnittelu Oy kuntotutkimusaineisto
- Elina Lahdensivu, diplomityö 2022: Betonielementtikerrostalojen julkisivujen ja parvekkeiden vaurioituminen 1990-luvun rakennustuotannossa, Tampereen yliopisto
- Betoni 1/2023: Alkali-kiviainesreaktion mahdollisuus julkisivuissa ja parvekkeissa, Jukka Lahdensivu ja Elina Lahdensivu
- VTT:n tutkimusraportti 2012, Pyy, H., Holt, E., Ferreira, M. Esitutkimus alkalikiviainesreaktiosta ja sen esiintymisestä Suomessa.
- By74, 2022, Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi
- Veera Valutie, diplomityö 2020, Alkalikiviainesreaktio ja sen vaikutukset betonirakenteisiin
- Betoni 4/2018: Alkalikiviainesreaktio – miten tähän on tultu ja miten tästä eteenpäin, Hannu Pyy



Kiitos!

Stina Hyyrynen
DI, Kehityspäällikkö
Puh. 040 6624 232
Etu.sukunimi@ains.fi

 **A-INSINÖÖRIT**