



A CRH COMPANY

Betonikiviaineksen alkali- kiviainesreaktio (AKR)

PANK-menetelmäpäivät 2022

Jarkko Klami

AKR LYHYESTI

- Betonissa mahdollisesti tapahtuva kiviaineksen ja sementtikiven välinen kemiallinen reaktio
- Maailmanlaajuinen ongelma, myös Suomessa!
- Johtaa betonin sisäiseen vaurioitumiseen -> paisuminen -> halkeilua -> rakenteen lujuusalenema -> kiihdyttää muita betonin vaurioitumismekanismeja
- Voidaan varautua ennakolta ja estää mahdollisen reaktion muodostuminen ja rakenteen vaurioituminen

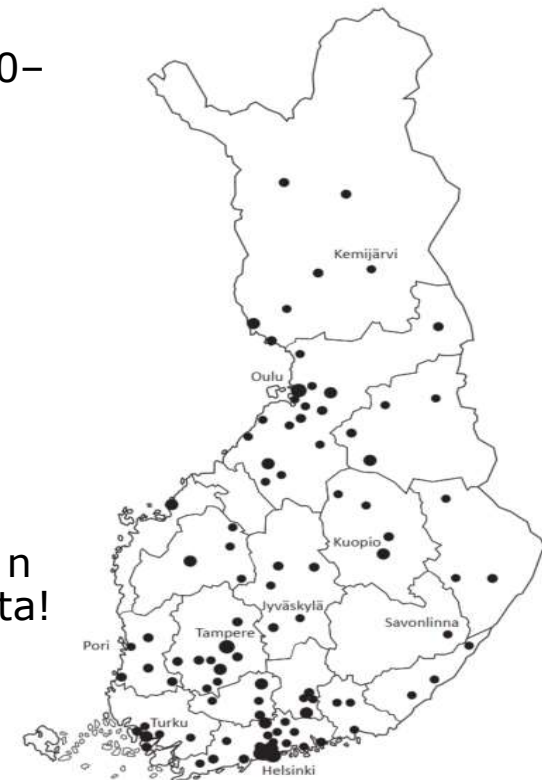


HISTORIAA...

- Thomas E. Stanton (1940) *"Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate"*
 - *Ensimmäinen reaktiomekanismin tunnistanut ja tarkasti kuvannut julkaisu*
 - *Paisuminen vähäistä, jos sementin $\text{Na}_2\text{O}_{\text{ekv.}} < 0,6 \%$*
 - *Pozzolaaneilla voidaan ehkäistä korkeampialkalisien sementtien paisumista.*
- Euroopassa kansalliset ohjeet yli 20 maalla. Pohjoismailla kansallisia tutkimusohjelmia ja kansalliset ohjeet AKR:n hallintaan jo vuosikymmeniä.
- Suomessa
 - Suomen betoniyhdistys ry. *"by 43 Betonin kiviainekset 2018"*
 - Suomen betoniyhdistys ry. *"Päivittyvä ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi" (2021-)*

AKR SUOMESSA

- Ensimmäisiä todennettuja havaintoja betonirakenteesta 1990-luvulla.
- Reaktion eteneminen Suomessa hidasta. Todetaan ulkorakenteissa tyypillisesti 30...40 vuoden iässä.
- Vuonna 2011 tehdyssä kyselyssä (VTT) testauslaitokseen raportoitui 56 todennettua AKR-vauriotapausta. Nykyisin (2022) kohteita sadoittain...
- Vakavia korjaustarpeita aiheuttaneita tapauksia vähän. AKR:n löytyminen rakenteesta ei tarkoita automaattisesti purkamista!
- Havaintoja koko Suomen alueella!



Kuva. By:n AKR-työryhmälle raportoituja paikkakuntia todetuista AKR tapauksista. Mukailtu by:n AKR-ohjetta.

VAATIMUKSET, STANDARDIT JA OHJEET

- SFS-EN 12620: Alkalireaktiivisuus tulee selvittää vaadittaessa, ja jos aihetta epäilyyn
- Kansallisen soveltamisstandardin SFS 7003 mukaan alkalireaktiivisuutta ei saa esiintyä.
- Euroopassa ei ole toistaiseksi harmonisoitua luokittelua alkalireaktiivisuuden osalta.
- Kansalliset ohjeet:
 - by 43 Betonin kiviainekset 2018
 - by Päivittyvä ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi (06/2021 -)
- Tilaajavaatimukset, esim. Väylä



ALKALI-KIVIAINESREAKTION OSATEKIJÄT

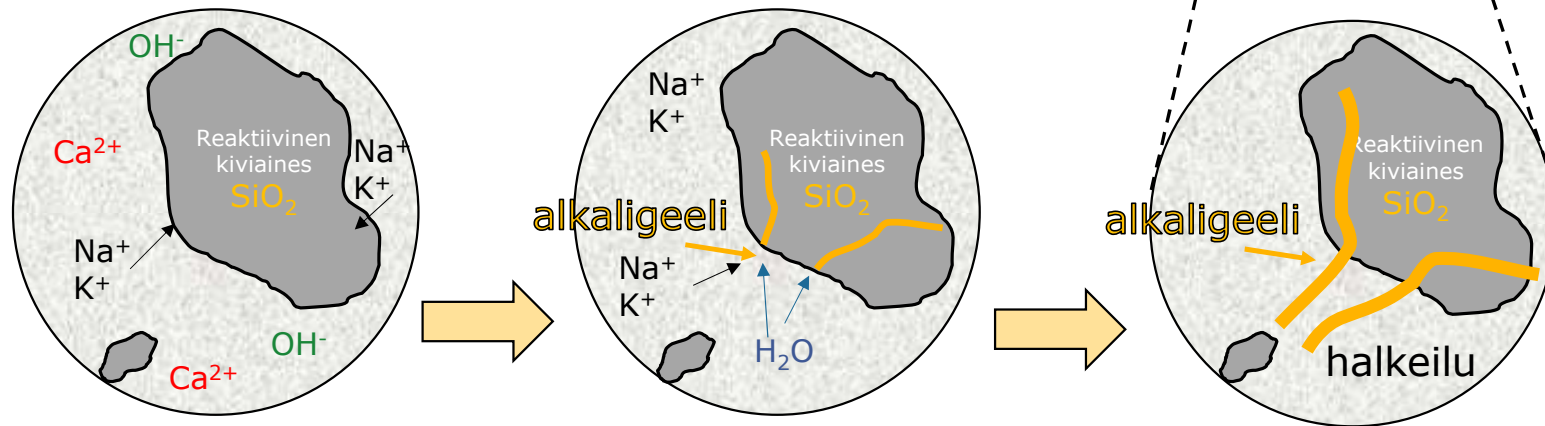
Riittävä alkalisuustaso.
Alkalit betonista ja/tai
ympäristöstä.



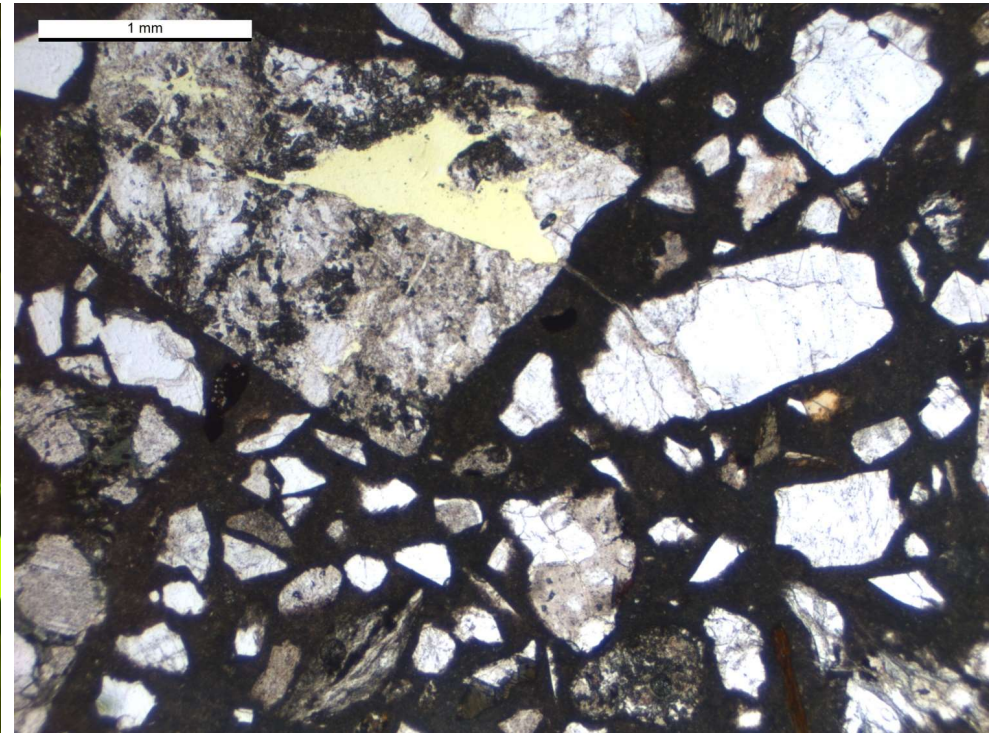
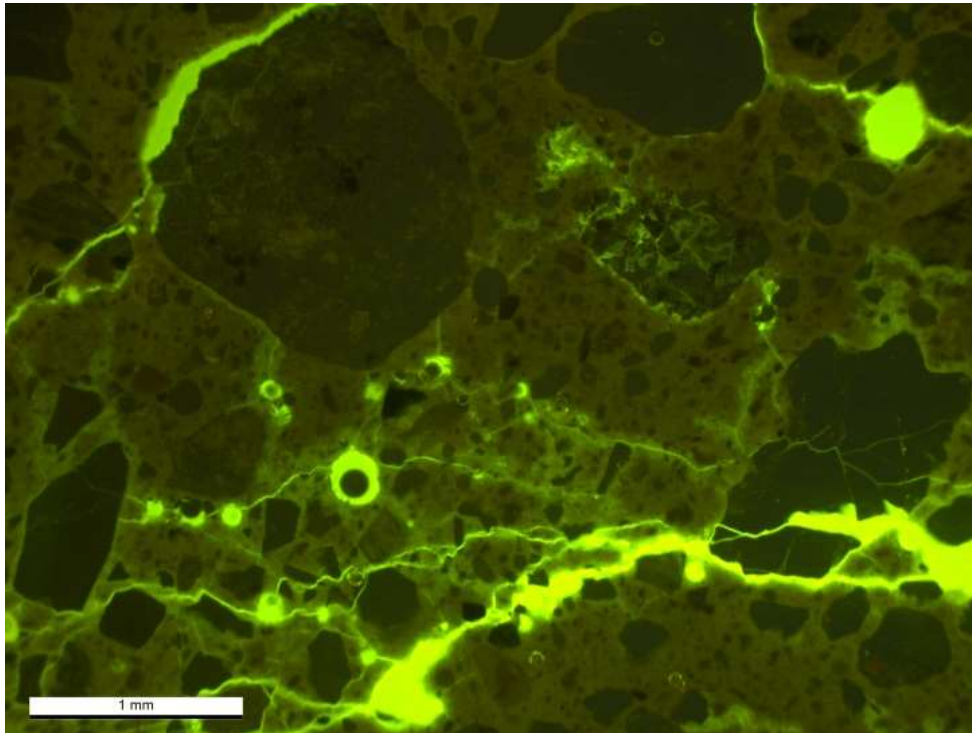
Reagoivien mineraalien laatu ja määrä.
Pääosin kiteinen piidioksidi (kvartsi).

Betonin huokosissa oltava
riittävä kosteus,
tyypillisesti noin $RH > 80 \%$.

REAKTION KULKU

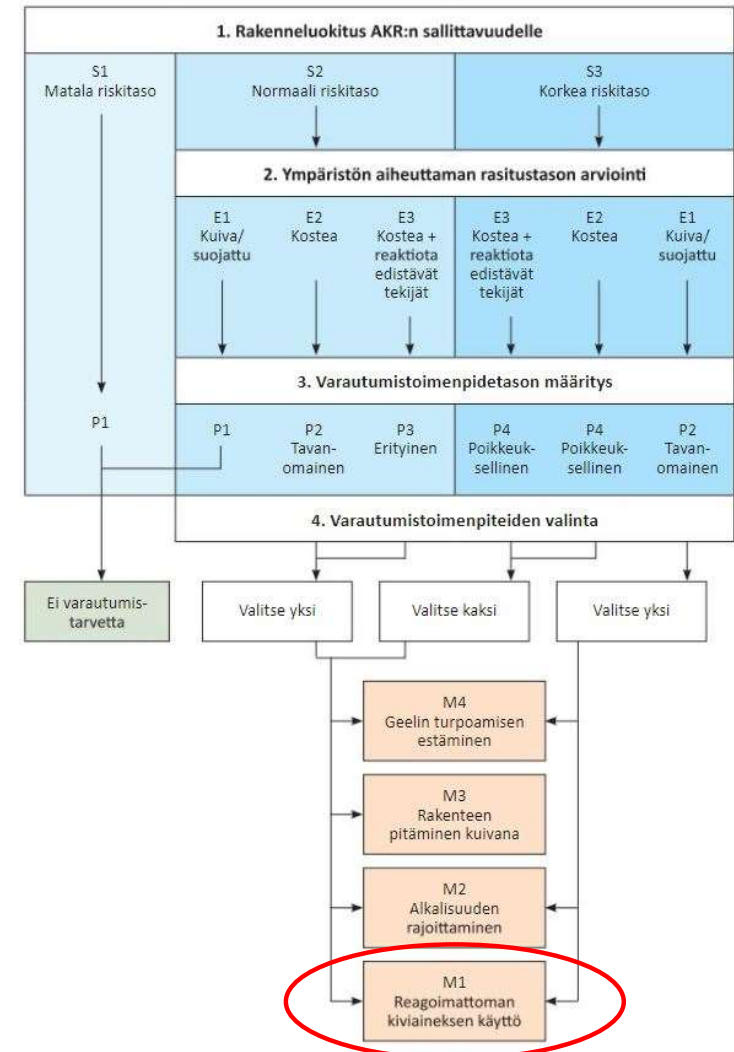


MIKROSKOOPPIKUVAT



AKR BETONIRAKENTEEEN SUUNNITTELUSSA

- Rakenneluokat (S) vaurioitumisen seurauksen ja sallittavan AKR:n mukaan betonin turvallisuuden, kustannusten ja ympäristötekijät huomioiden.
 - Ympäristön aiheuttamien rasitusten luokitus ARK:n suhteen.
- => Varautumistoimenpidetason (P) määrittäminen.
- Kiviainestoimittaja voi vaikuttaa vain kiviaineksen reaktiivisuuteen, ja siihenkin heikosti...
 - Varautumistoimenpiteillä (M) voidaan kompensoida reaktiivisen kiviaineksen vaikutusta tarvittaessa.

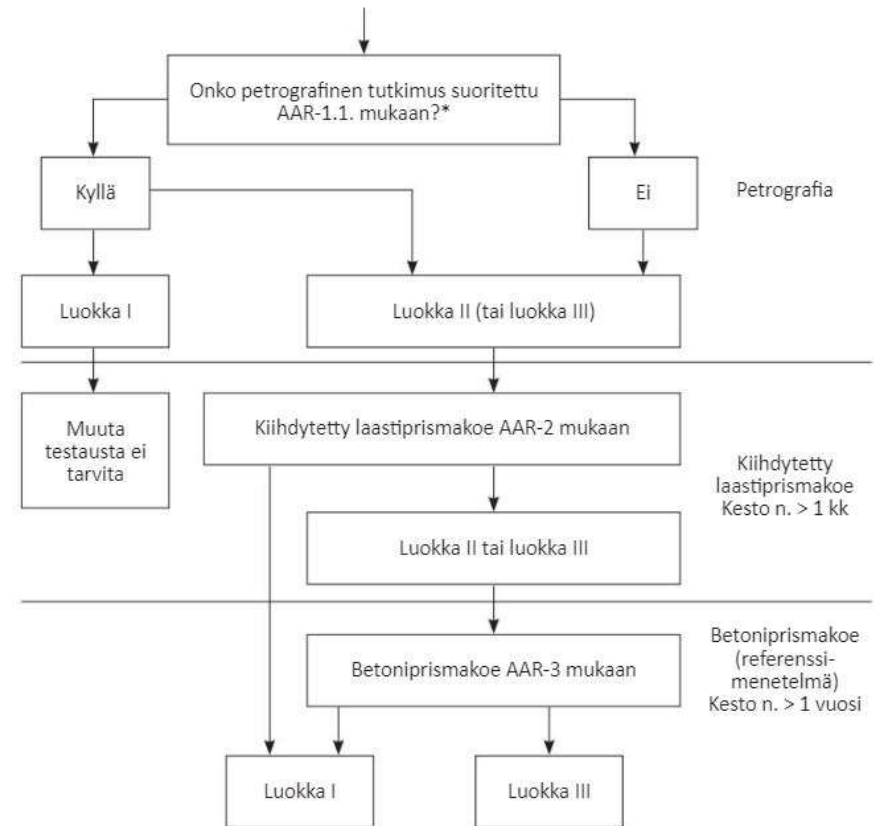


Kuva. by Päivittyvä ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi

KIVIAINEKSEN AKR-LUOKITTELU

by - Päivittyvä ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi

- Luokittelu perustuu testaukseen. Testaamaton kiviaines luokitellaan luokkaan II tai III (pois lukien fillerikiviaines, filleriä ei tarvitse testata).
- Vaiheittainen testauksen kulku. Viimeisin testaustulos määrää luokan
- Luokat (by...)
 - **Luokka I** – alkali-kiviainesreaktiivisuus on erittäin epätodennäköinen
 - **Luokka II** – alkali-kiviainesreaktiivisuus on mahdollinen
 - **Luokka III** – alkali-kiviainesreaktiivisuus on todennäköinen



Kuva. by Päivittyvä ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi

REAKTIIVINEN KIVIAINES

- Suomessa kvartsia sisältävät kivilajit
- kvartsin luontainen mineraalin raekoko kivessä $<0,2$ mm (ohuthietutkimus vaaditaan)
- Kiven rakenne ja tekstuuri (deformaatioaste) vaikuttavat reaktiivisuuteen
= kaikki kvartsi ei ole reaktiivista!
- Esimerkkejä yleisimmistä reaktiivisista kivilajeista Suomessa.
 - fylliitti
 - kiilleliuske
 - grauvakka
 - hapen -ja intermediäärinen vulkaniitti
 - Kvartsiitti
 - (osa graniiteista ja gneisseistä)
- Kivilajin perusteella ei voi yleensä yksistään päätellä reaktiivisuutta => testaus.
- Testaustaajuus: alkutestaus ja 3 vuoden välein tai jos koostumus muuttuu.

NÄYTTEENOTTO

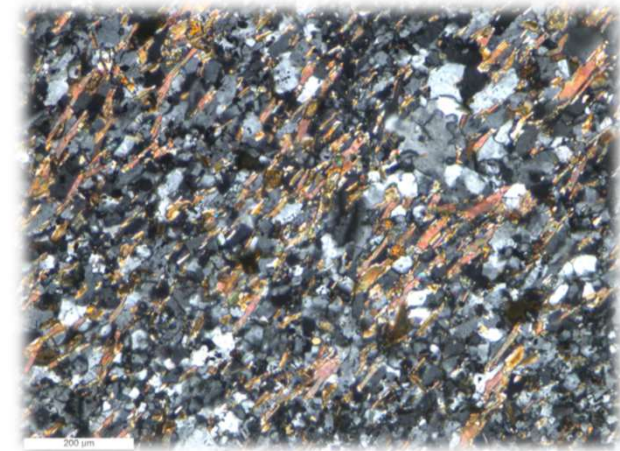
- Näytteenotto erittäin tärkeässä roolissa edustavan näytteen ottamiseksi
 - AKR perehtynyt geologi
 - tuntemus ottoalueesta
 - näyte tuotteesta mahdollisuuksien mukaan
 - Louhinnan ohjaus tarvittaessa tulosten perusteella
- Näytteet sorasta ja kalliosta. Homogeeniselta alueelta 1 näyte, heterogeeniselta 2...5 kpl.
- Jos ottoalueelta tuotetaan vain fillerikiviainesta, niin testausta ei tarvita.

filleri = suurin osa läpäisee 0,063 mm seulan



TESTAUS → Petrografinen AAR-1

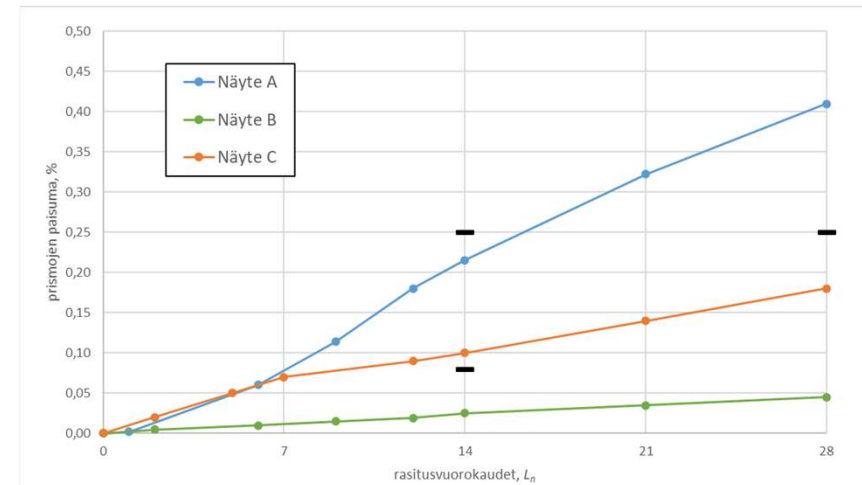
- Petrografinen analyysi tehdään käsi- ja ohuthienäytteistä.
 - makroskooppinen luokittelu ja
 - ohuthietutkimus
- Petrografinen analyysi perustuu kiven luontaiseen mineraalien raekokoon ja tekstuuriin. Analysoidaan potentiaalisesti reaktiivisen kvartsin määrä näytteessä.
- Raportoidaan mm.
 - kvartsin, raekooltaan 0,20 mm ja/tai 0,06 mm painotettu prosenttiosuus näytteessä.
 - Luokitus (Luokka I, Luokka II tai Luokka III)



Kuvat. Pirkanmaan hienorakeinen kiilleliuske ja ohuthienäyte.

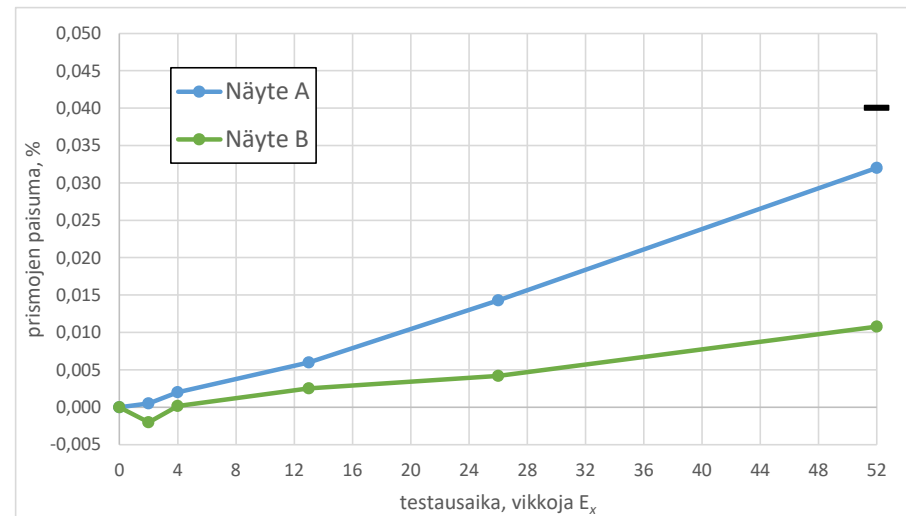
TESTAUS → Laastiprismatesti AAR-2

- Valmistetaan laasti #0,125-4,0 mm testikiviaineksesta ja valetaan kolme prismaa.
- Prismoja altistetaan 1M NaOH-liuoksessa 80 °C lämpötilassa ja mitataan prismojen paisumaa ajan funktiona.
- Laastiprismatestaus luotettavampi kuin petrografinen analyysi
- Testin kesto noin 1,5...2 kk.
- Raportoidaan mm.
 - Prismojen paisuma 14d ja 28d.
 - Luokitus (Luokka I, Luokka II tai Luokka III)

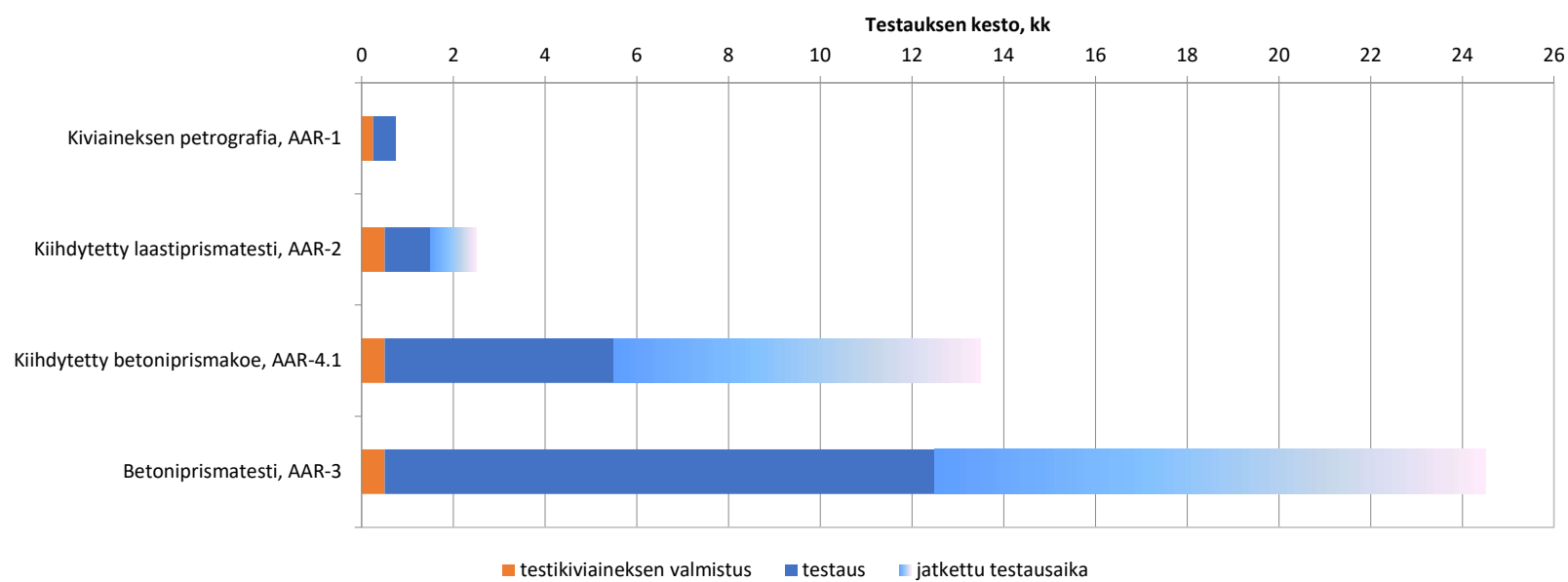


TESTAUS → Betoniprismatesti AAR-3

- Referenssimenetelmä
- Pidempikestoinen ja olosuhteiltaan "maltillisempi" testaus on kiihdytettyä testausta luotettavampi.
- Valmistetaan betonimassa #0-22,4 mm testikiviaineksesta. Valetaan kolme prismaa.
- Prismoja altistetaan reaktioastioissa 38 °C lämpötilassa ja mitataan paisumaa ajan funktiona.
- Testin kesto noin 13 kk
- Raportoidaan mm.
 - Prismojen paisuma. Arvostelu 12 kk kohdalla
 - Luokitus = luokka I tai luokka III



TESTIEN AIKATAULU



Jarkko Klami

Laatupäällikkö

P. +358 44 024 0285

jarkko.klami@rudus.fi

www.rudus.fi