



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



**Euroopan unionin
osarahoittama**

KIELO- Kiertotalousloikka rakennusmateriaalien uudelleenkäytön parantamiseksi Mikkelissä

KUULUMISIA JA TULEVAA BIO- JA KIERTOTALOUDESTA

Ympäristöturvallisuuden ja vesiteknologian tutkimusryhmän webinaari 8.4.2025

Projektitutkija Leena Pekurinen, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Purkumateriaalien kiertotalouskokeilut

Purkubetonin ja hienon aineksen soveltuvuus
uusiobetonin raaka-aineeksi

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

www.xamk.fi



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Avainlukuja Suomesta

Betonin valmistus *)

9 600 milj. t / v

(4 milj. m³ / v *)

Betonijätteen määrä **)

2,5 milj. t / v **)

*) Suomen betoniyhdistys ry: <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus.html>

**) Betoniteollisuus ry: <https://betoni.com/betoni-ja-ymparisto/kiertotalous/>

Betonijätteen hyödyntäminen Suomessa

Tällä hetkellä käyttö pääasiassa infra- ja maarakentamisessa.

Käyttö uusiobetonin raaka-aineena:

- EEJ-asetus voimaan 09/2022 → purkubetonille CE-merkintä ja käyttö uusiobetonin raaka-aineena.
- Jätehierarkian etusijajärjestys → kierrättäminen uusiobetonin raaka-aineena ”korkeamman jalostusasteen toimintaa”.
- Neitseellisen raaka-aineen tarve vähenee.
- Jätteenkuljetuksen päästöt pienenevät.



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

KIELO-hanke/TP4: tavoite ja raaka-aineet

Uusiomateriaalien valmistus purkumateriaaleista – purkubetonin käytettävyys uusiobetonin raaka-aineena.

Purkubetonilla korvattu 30 % ja 40 % 0–8 mm kiviaineksesta.

Etsitään hyödyntämismahdollisuuksia betonimurskeen hienojakeelle → sementistä korvattu 5 % ja 9 % purkubetonin hienolla (<0,125 mm) aineksella ja testattu vaikutusta puristuslujuuteen.

Runkoaineet:

- Filleri
- 0–8 mm hiekka
- 8–16 mm sepeli
- 0–8 mm purkubetonimurske

Sementti: Finnsementti Oiva-portlandseossementti (CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N)

Notkistin: Ease 2330 / Master Builders Solutions Finland Oy



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Suhteituksen lähtötiedot

Suure	Tavoitearvo
Suunnittelu- eli nimellislujuus	25 (C20/25)
Tavoitelujuus	30 MPa
Suhteituslujuus	30 MPa
Käytettävä sementti	42,5 N (CEM II)
Tavoitenotkeus	S3 (100–150 mm)
Sepelin määrä	43 %
Suurin raekoko	16 mm

Suhteitus ja reseptiikka

Kiviainesten rakeisuuskäyrät

H-lukujen laskenta

→ Yhdistetty H-luku

→ kiviainesten yhdistäminen

→ rakeisuuskäyrät

Kiviainesten osuudet (vertailu)

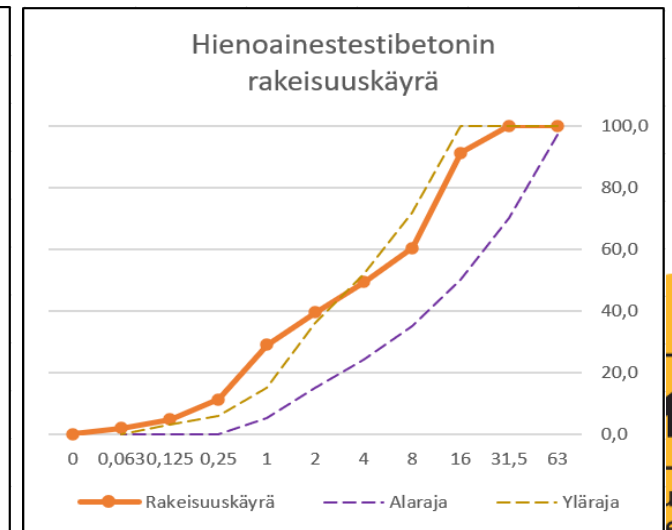
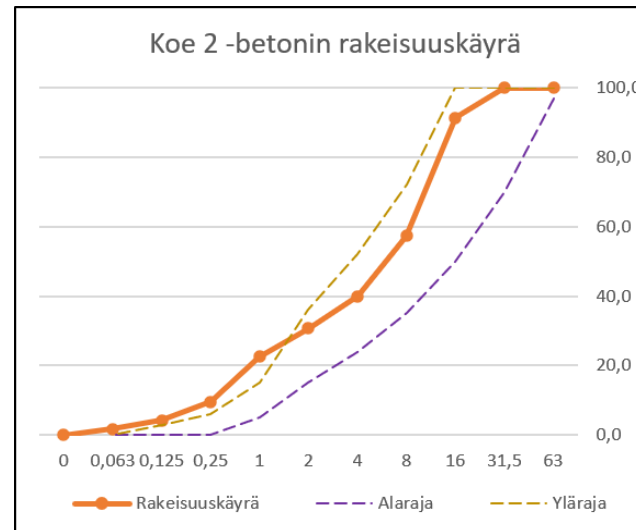
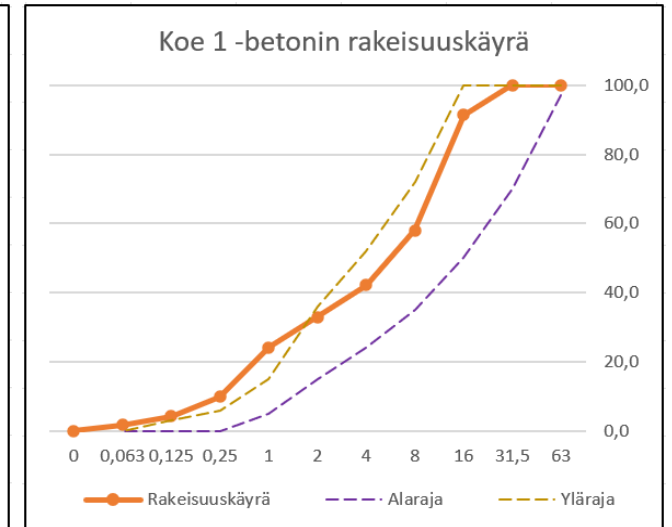
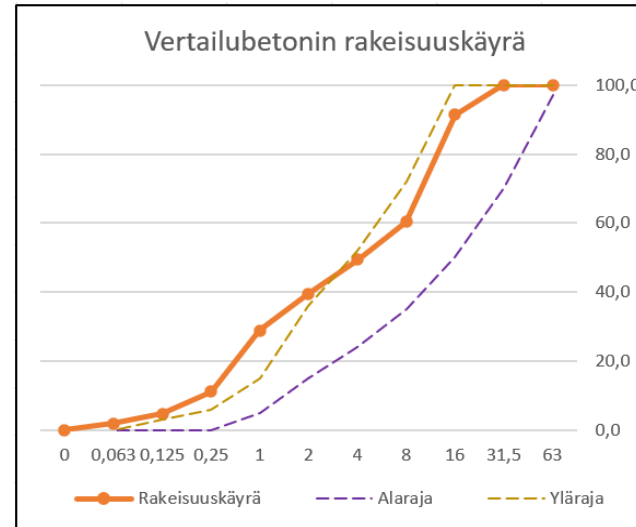
- filleri 5 %
- 0–8 mm hiekka 52 %
- 8–16 mm sepeli 43 %

Nykäsen nomogrammi →
kiviainekset, sementti ja vesi

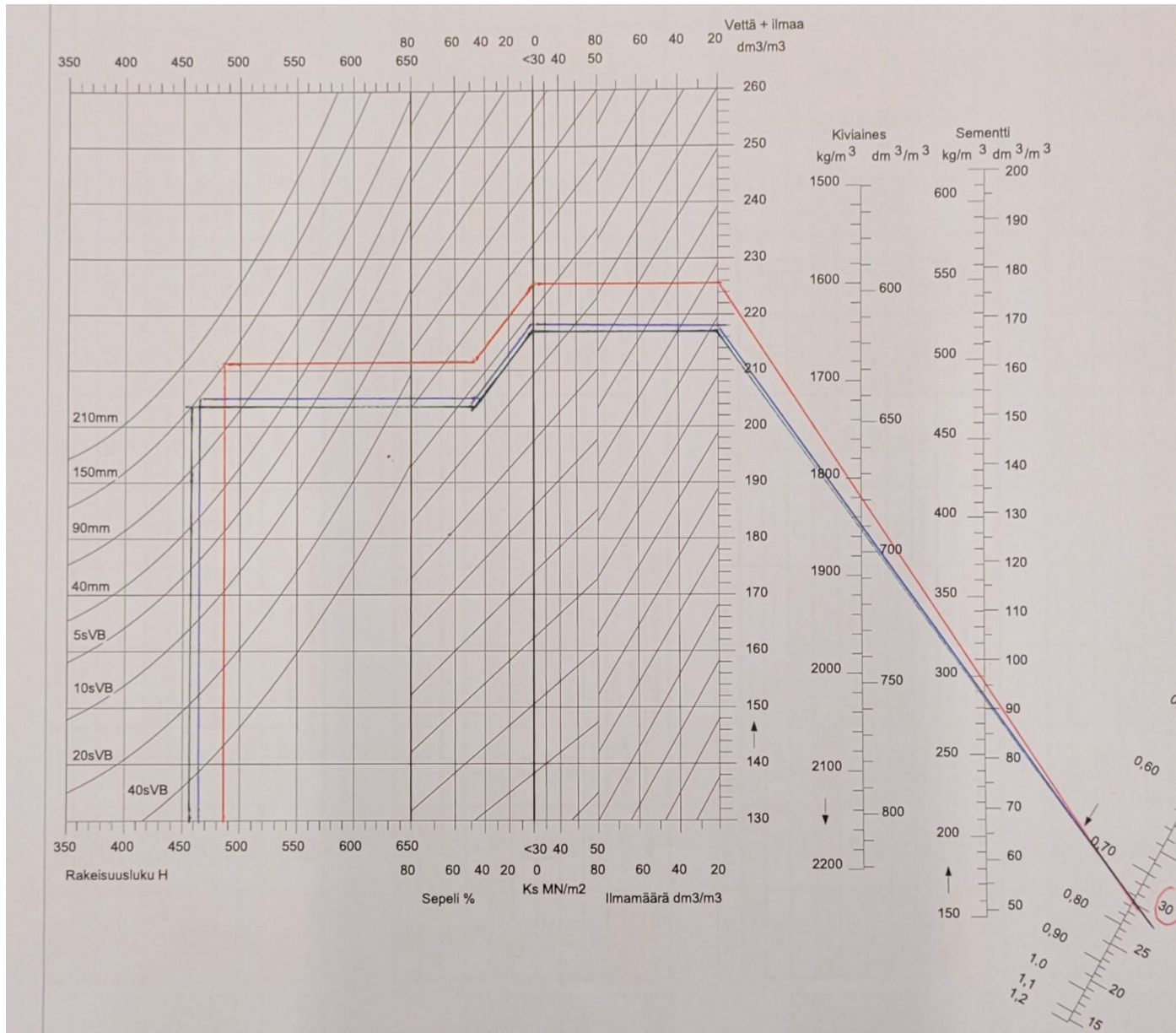
Vesi-sementtisuhde 0,43–0,51

Reseptit annoskoolle

Notkistin 0,17 %



Nykäsen suhteitusdiagrammi



Suhteitusdiagrammi

Lähtö: rakeisuusluku (H-luku)

Pääte: suhteituslujuus

→ Painuma (100–150)

→ Sepelin määrä (%)

Tuloksena

- Veden ja ilman määrä (dm³/m³)
- Kiviaineksen määrä (kg/m³ ja dm³/m³)
- Sementin määrä (kg/m³ ja dm³/m³)



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Suhteitus ja reseptiikka

	Vertailu	Koe I	Koe II	Hieno 9,0 %	Hieno 5,1 %
Sementti	9,0	9,0	9,0	8,19	8,54
Filleri	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8
0–8 mm	29,7	20,8	17,8	28,8	28,8
8–16 mm	23,9	24,3	24,3	23,8	23,8
Purkubetoni	-	8,7	11,5	-	-
Hieno aines	-	-	-	0,81	0,46
Vesi	3,93	4,5	4,5	4,63	4,63
Notkistin	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117
Yhteensä	69,5	70,3	70,1	69,1	69,1



Koekappaleiden valmistus



Kuva 1: sekoitus
tasosekoittimessa
(kuva: Salla Pulliainen)



Kuva 2: painuman mittaus
painumakartion avulla
(kuva: Salla Pulliainen)



Kuva 3: ilmamäärän mittaus
manuaalisella
paineilmalaitteella
(kuva: Leena Pekurinen)

Kuva 4: koekappaleet muoteissaan
(kuva: Salla Pulliainen)



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tuloksia

	Mitattu	Max kuorma (kN)	Tiheys (kg/m ³)	Puristuslujuus (MPa)	Ero vertailuun (%)
Vertailukappale	1 vrk	330,1	2 380	14,5	
	7 vrk	855,4	2 395	37,8	
	28 vrk	1 180,2	2 400	52,0	
30 % purkubetonia	1 vrk	348,9	2 360	15,4	6,2
	7 vrk	863,9	2 370	38,1	0,8
	28 vrk	1 218,8	2 380	53,8	3,5
40 % purkubetonia	1 vrk	343,4	2 340	15,2	4,8
	7 vrk	932,4	2 365	41,0	8,5
	28 vrk	1 254,9	2 360	55,2	6,2
9 % hienoa ainesta	1 vrk	241,2	2 380	10,7	-26,2
	7 vrk	720,9	2 380	31,9	-15,6
	28 vrk	1 039,4	2 380	45,9	-11,7
5,1 % hienoa ainesta	1 vrk	273,2	2 370	12,1	-16,6
	7 vrk	761,8	2 370	33,7	-10,8
	28 vrk	1 084,5	2 370	48,1	-7,5



Pohdintaa I

- Rohkaiseva tulos – purkubetonin käytöllä voi olla lujittava vaikutus
 - Vaatii hyvälaatuiset raaka-aineet, onnistunut suhteitus, tarkoituksenmukaiset valmistusmenetelmät ja -olosuhteet, jälkihoito
 - Purkubetonin hienoainespitoisuus alhainen (1,4 %)
 - Uudehko purkukohde – karbonatisoituminen ei vielä täydellistä → jatkui koekappaleissa
 - Purkubetonirakeiden vedenimukyky tehokkaampi kuin luonnonkiviaineksella
 - vapaa vesimäärä pienempi → vesi/sementtisuhde oletettua pienempi
- Tuotantomittakaavassa purkubetonin murskaus, lajittelu, pesu, kuivaus
- Purkubetonissa usein seassa muutakin (mm. puuta, muovia, eristeitä)
 - Vaikuttaa työstettävyyteen ja kovettumisreaktioihin
 - Lajittelu jo purkutyömaalla?
 - Murskeen täytettävä standardin *SFS-EN 12620+A1 Betonikiviainekset* vaatimukset
- Uusiobetonikäyttöä rajoittavat:
 - Suomessa kalliimmat kustannukset
 - Purkubetonin vaihteleva laatu
 - Yhdenmukaisten kelpoisuuden todentamisen ohjeet puuttuvat
 - Edullista kiviainesta vielä riittävästi saatavilla

Pohdintaa II

- Enemmän riippumatonta tutkimustietoa tarvitaan
 - Purkubetonin ikä → vaikutus uusiobetonin ominaisuuksiin
 - Purkubetonin puhtaus → vaikutus uusiobetonin ominaisuuksiin
 - Rakeisuuden vaikutus uusiobetonin ominaisuuksiin
 - Purkubetonit useammasta kohteesta → miten laadunvarmistus onnistuu
 - Pitkän aikavälin seuranta lujuuden kehittämisessä
 - Taloudellinen kannattavuus vs. ympäristökannattavuus
 - Käyttö maarakentamisessa vs. uusiobetonin raaka-aineena
- Hienon aineksen käyttö sementin korvaajana ei tämänhetkisten tietojen valossa ole järkevää
 - Hienon aineksen hyödyntäminen muulla tavoin



Pikamittausmenetelmät – soveltuvuus ja käytettävyys

Öljihiilivetyjen ja lyijyn määrittäminen purettavista materiaaleista

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
South-Eastern Finland University of Applied Sciences

www.xamk.fi



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Öljihiilivedyt purkumateriaaleissa

Tavoitteena selvittää InfraCal® TOG/TPH -laitteen soveltuvuutta ja käytettävyyttä öljyhiilivetyjen määrittämiseen purkumateriaaleista.

PIMA-asetus (214/2007) raja-arvot öljyhiilivedyille:

Kynnysarvon ylitys → riskinarviointi

Ohjearvojen soveltaminen: pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi

- Alempi ohjearvo tavanomaisessa maankäytössä
- Ylempi ohjearvo vähemmän herkässä maankäytössä

Öljihiilivety	Kynnys- arvo (mg/kg)	Alempi ohjearvo (mg/kg)	Ylempi ohjearvo (mg/kg)
Bensiinijakeet (C5–C10)		100	500
Keskitisleet (>C10–C21)		300	1 000
Raskaat öljyjakeet (>C21–C40)		600	2 000
Öljyjakeet (>C10–C40)	300		

MARA-asetus

(843/2017) raja-arvot
öljihiilivedyille:

- Pohjarakenteet,
paksuus $\leq 0,5$ m →
300 mg/kg
- Muut rakenteet $\leq 0,2$ –
 $\leq 0,5$ m → **500 mg/kg**



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Öljihiilivedyt purkumateriaaleissa

Tutkitut materiaalit, pitoisuus AHA-kartoituksessa

Lattiamassa: GC-MSD¹⁾

Betonit: ICP-AES kuningasvesi²⁾



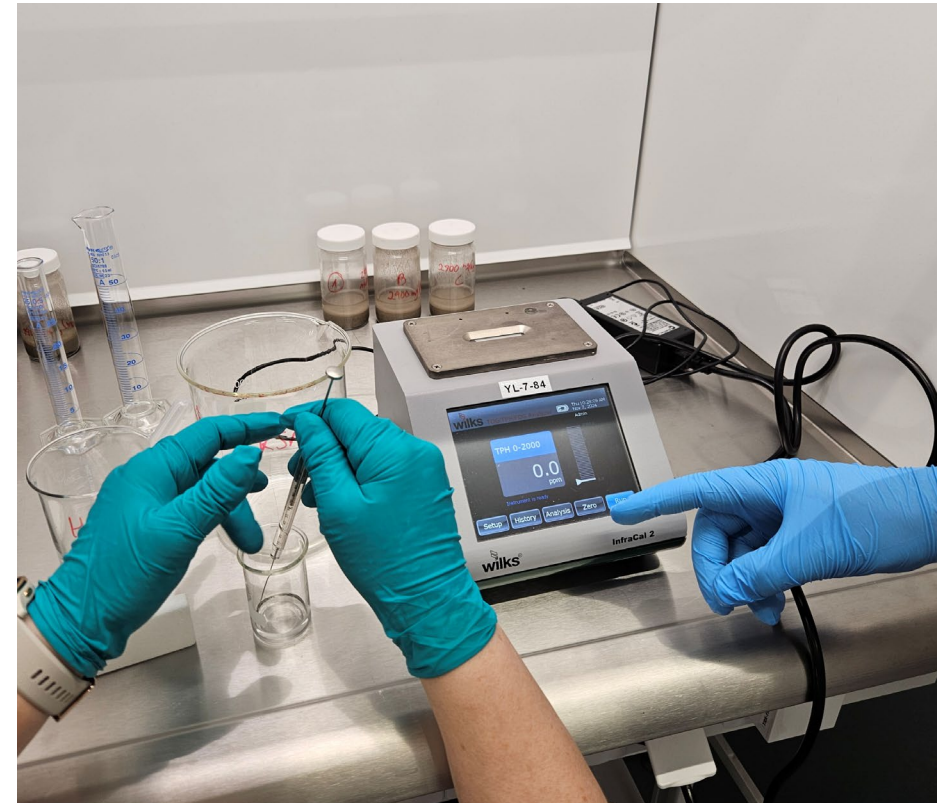
Rakennettu	Näyttemateriaali	C10–C40 (mg/kg)
1950-luku	lattiamassa	4 000
1970-luku	lattian betonirakenne	2 900
1950-luku	lattian betonirakenne	1 900
1970-luku	lattian betonirakenne	650
1950-luku	lattian betonirakenne	260

¹⁾ kaasukromatografi-massaspektrometri-ilmaisoin

²⁾ Induktiivisesti kytketty plasma-atomiemissiospektrometri



Öljiilivedyt purkumateriaaleissa



Vasemmalla heksaaniin uutettu kolme rinnakkaista näytettä
Oikealla näytettä otetaan ruiskuun InfraCal®-mittausta varten
Kuvat: Salla Pulliainen

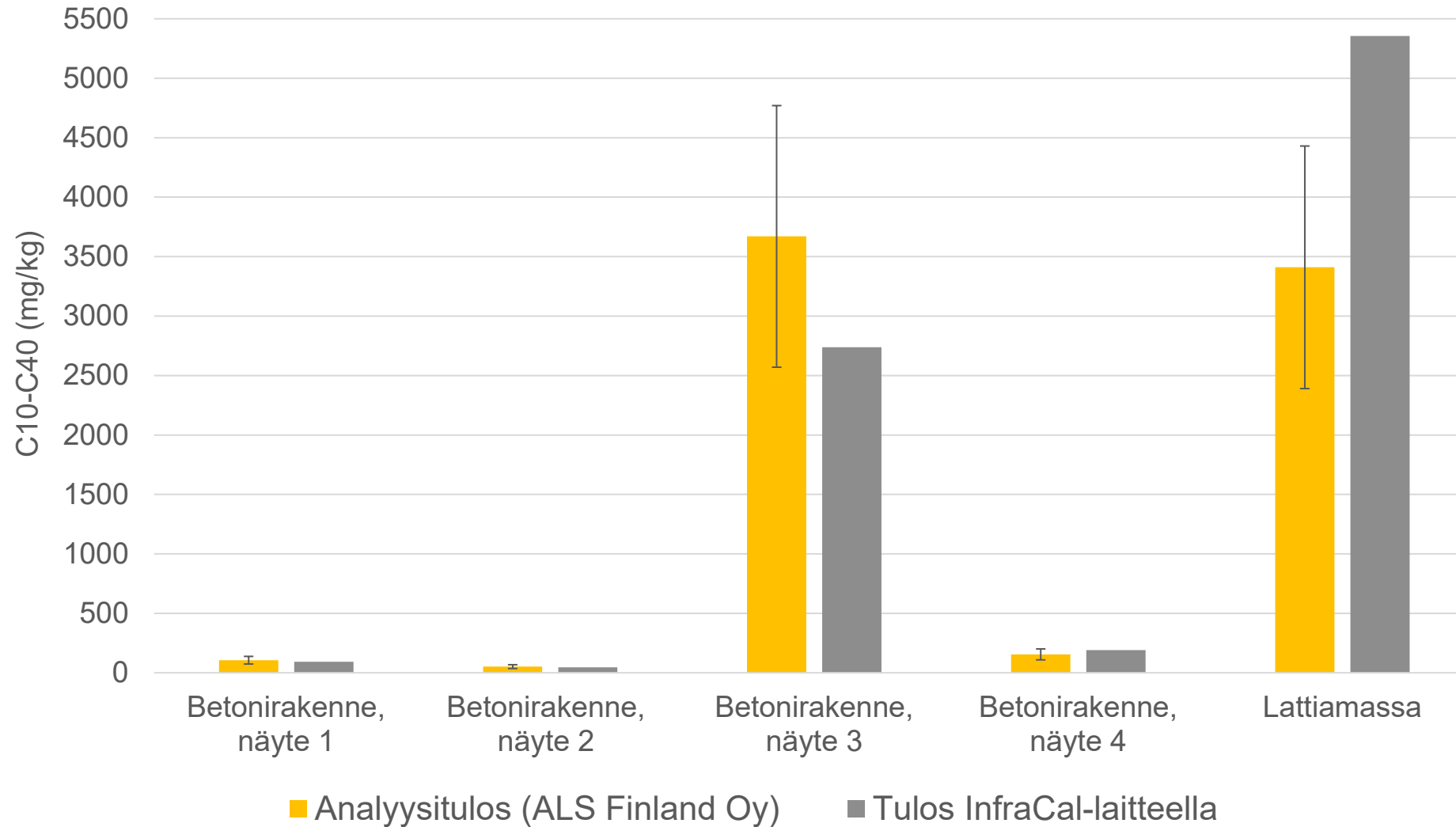
Öljihiilivedyt purkumateriaaleissa – Tuloksia

Materiaali	C10–C40 (mg/kg), ALS Finland Oy	C10–C40 (mg/kg), InfraCal®-mittaustulos
Betonirakenne, näyte 1	106 ± 32	93
Betonirakenne, näyte 2	52 ± 16	46
Betonirakenne, näyte 3	3 670 ± 1 100	2 737
Betonirakenne, näyte 4	155 ± 46	191
Lattiamassa	3 410 ± 1 020	5 355



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Öljihiilivedyt purkumateriaaleissa – Tuloksia



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Lyijypitoisuuden määritykset rakennusmateriaaleista XRF-menetelmällä



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Lyijypitoisuudet purkumateriaaleissa

Tavoitteena selvittää XRF-menetelmän (röntgenfluoresenssi) soveltuvuutta ja käytettävyyttä lyijypitoisuusmäärittämiseen purkumateriaaleista.



Ylh. vas. lattialista,
ylh. oik. betonilattian
maalipinta

Vas. betonielementti-
rakennus, sauma-aine

Kuvat: Leena Pekurinen



Niton XL3 GOLDD
alkuaineanalysointori

Kuva: Salla Pulliainen

Lyijypitoisuudet purkumateriaaleissa

Tutkitut materiaalit, pitoisuus AHA-kartoituksessa

Rakennettu	Näyttemateriaali	Lyijy (Pb), mg/kg LS = 10 l/kg
1990-luku	muovinen lattialista	7 700 ± 100
1990-luku	lattiamaaali	1 100 ± 52
1970-luku	lattiamaaali	1 200 ± 32
1980-luku	Seinäelementtien sauma-aine	19 570



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Lyijypitoisuudet purkumateriaaleissa

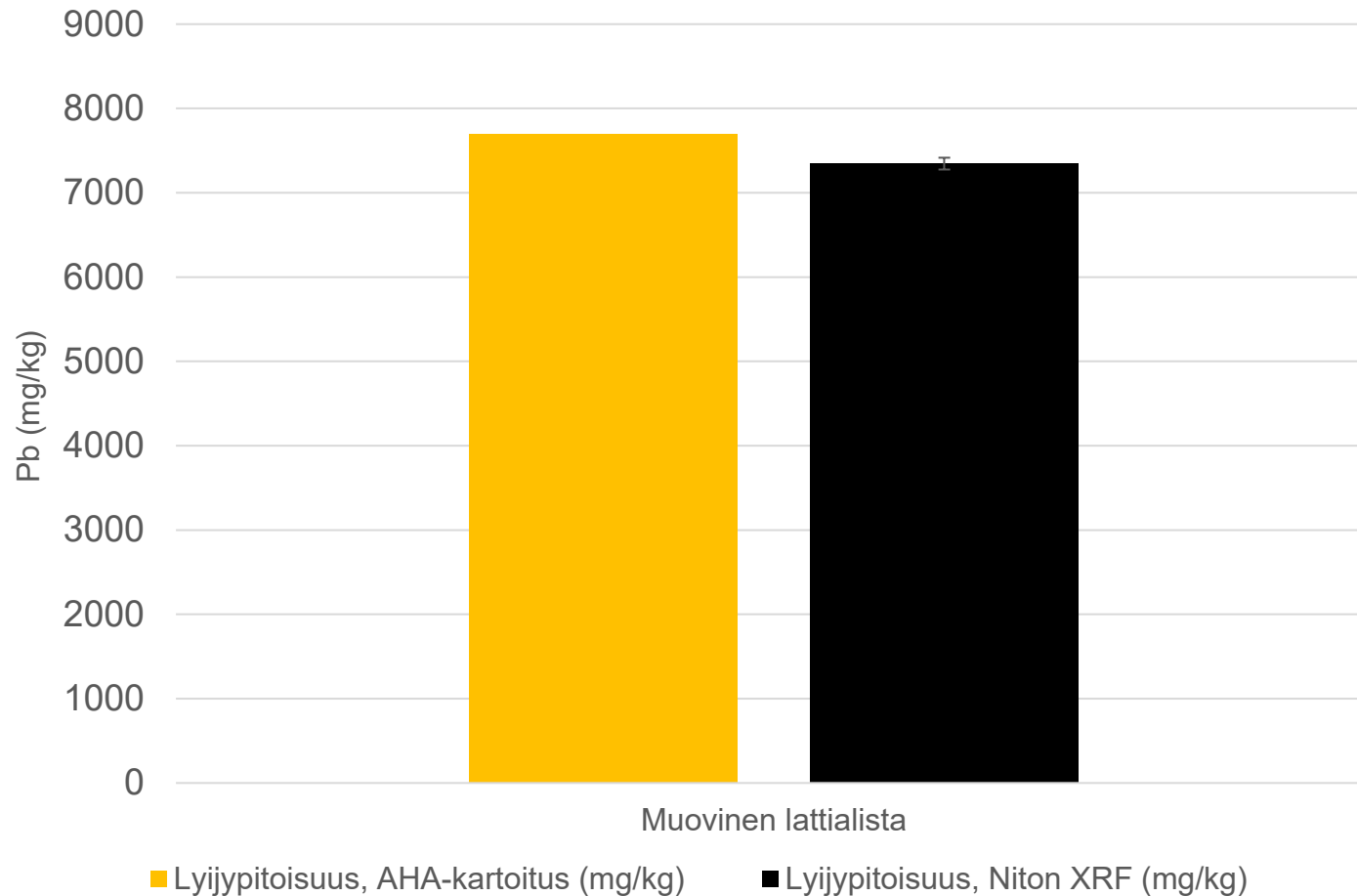
Referenssimittaukset / referenssinäytteen lyijypitoisuus

Referenssinäyte: NIST-sertifioitu (National Institute of Standards and Technology) SRM 2709a -referenssinäyte, hienoa hiekkaa, lyijypitoisuus **8,1–11,0 mg/kg**

Näyte	Tutkittu metalli	Pitoisuus, ka. (mg/kg))
Referenssinäyte (11.7.2024)	lyijy	15,56 ± 3,86
Referenssinäyte (27.8.2024)	lyijy	14,97 ± 3,84
Referenssinäyte (28.8.2024)	lyijy	15,12 ± 3,82
Referenssinäyte (30.12.2024)	lyijy	15,02 ± 3,74

Lyijypitoisuudet purkumateriaaleissa

Mittaustulokset, muovinen lattialista



Mitattu lyijypitoisuus
7 346 mg/kg

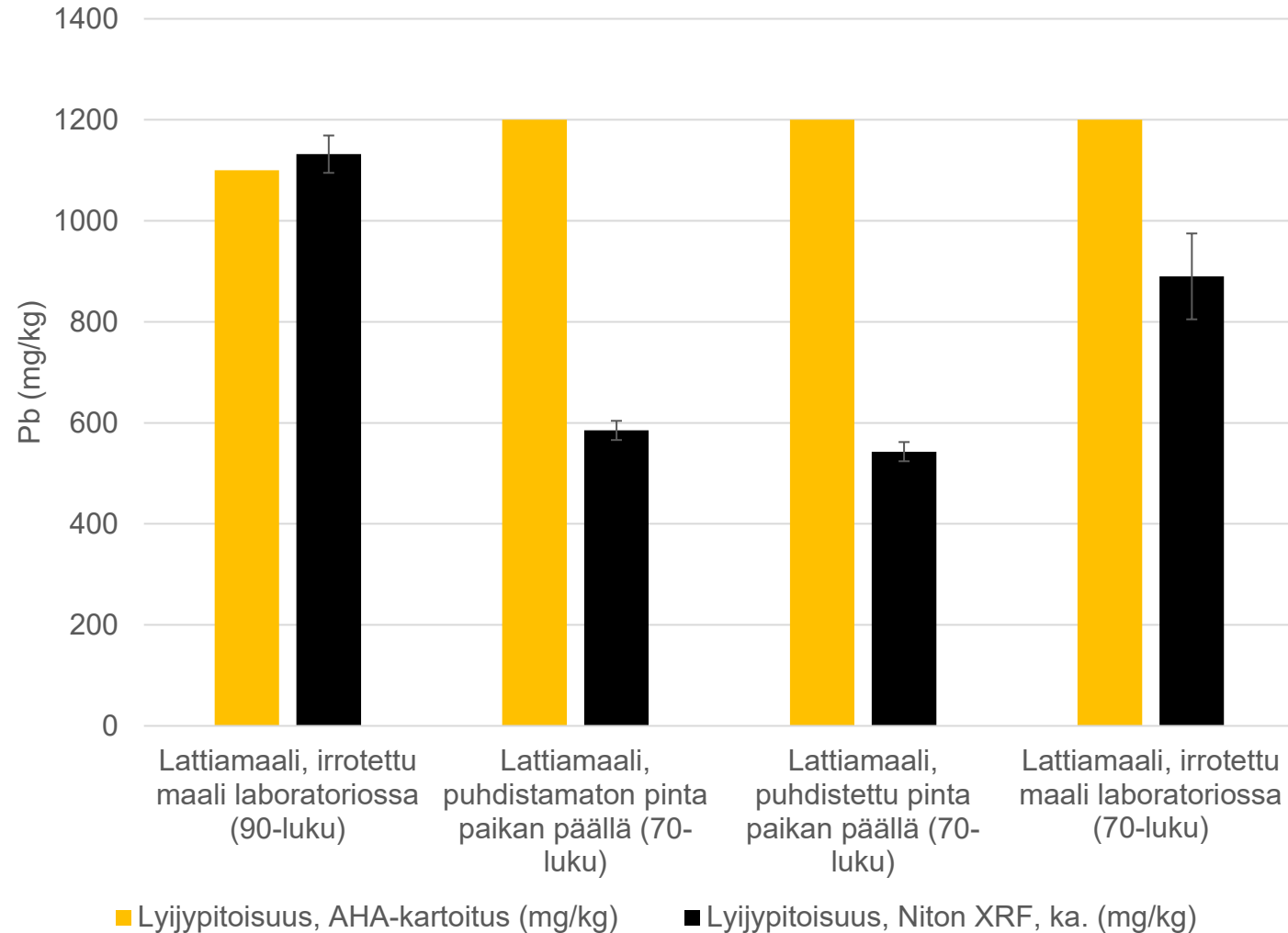
AHA-kartoituksessa
7 700 mg/kg



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Lyijypitoisuudet purkumateriaaleissa

Mittaustulokset, lattiamaaali



Paikan päällä mitattu
543–585 mg/kg (70-l)

Laboratoriossa mitattu
890 mg/kg (70-l)
1 132 mg/kg (90-l)

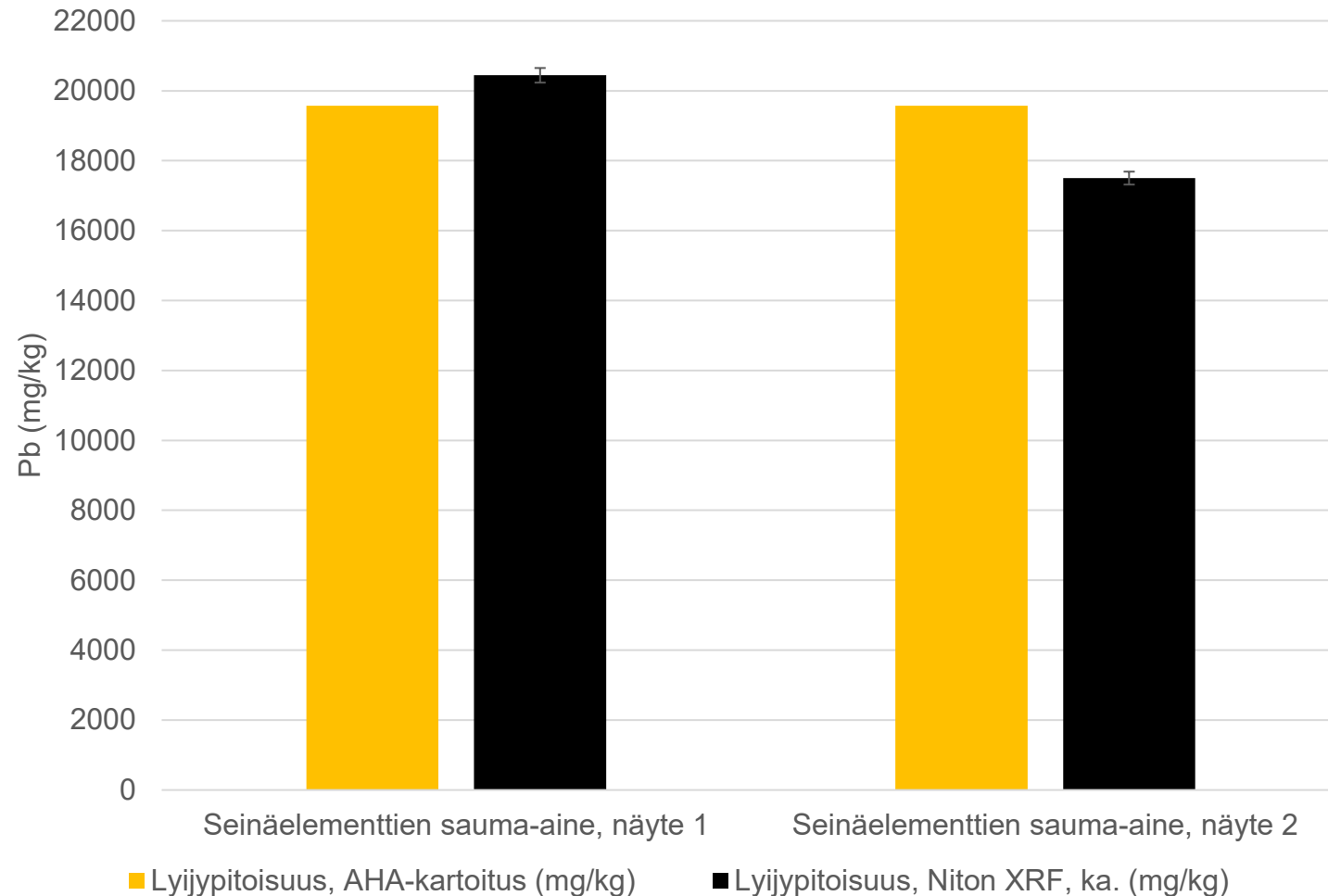
AHA-kartoituksessa
1 200 mg/kg (70-l)
1 100 mg/kg (90-l)



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Lyijypitoisuudet purkumateriaaleissa

Mittaustulokset, seinäelementin sauma-aine



Näyte 1, mitattu
20 442 ± 209 mg/kg

Näyte 2, mitattu
17 502 ± 185 mg/kg

AHA-kartoituksessa
19 570 mg/kg

Lyijypitoisuudet purkumateriaaleissa

Mittaustulokset, vertailu AHA-kartoitusten tuloksiin

Kiinteistön rakennusaika	Näyttemateriaali	Pb (mg/kg), AHA-kartoituksen tulos	Pb (mg/kg), Niton XRF –laitteella mitattu pitoisuus
1990	muovinen lattialista	7 700 ± 100	7 346 ± 70
1990	lattiamaaali	1 100 ± 52	1 132 ± 37
1970	lattiamaaali, puhdistamaton pinta paikan päällä	1 200 ± 32	585 ± 19
	lattiamaaali, puhdistettu pinta paikan päällä		543 ± 19
	lattiamaaali, irrotettu maali laboratoriossa		890 ± 85
1980	seinäelementtien sauma-aine, näyte 1	19 570	20 442 ± 209
	seinäelementtien sauma-aine, näyte 2		17 502 ± 185

Pohdintaa

Öljyhiilivetyjen määrittäminen InfraCal®

- Testien tulokset lupaavia: tulokset vähintäänkin samansuuntaiset perinteiseen analyysimenetelmään verrattuna.
- Menetelmä soveltuu alle 2 000 mg/kg pitoisuuksille.
- Mittausepävarmuus kasvaa yli 2 000 mg/kg pitoisuuksilla.
- Näytteet useimmiten esikäsiteltävä → kenttätöissä haasteita:
 - Murskaus ja/tai seulonta
 - Työskentelyolosuhteet
 - Sähkövirta
- Laitettava päälle vähintään 0,5 h aiemmin.
- Luotettavaan arviointiin tarvitaan lisämittauksia eri kohteista.

Lyijypitoisuus kannettavalla XRF-laitteella

- Tulokset ovat samansuuntaiset AHA-kartoitusten tulosten kanssa.
- Mitattava näyte oltava riittävän paksu.
- Ohut maalipinta voi vääristää tulosta → näyte irrotettava.
- Rakennusmateriaaleille ei olemassa omaa referenssinäytettä → referenssinäytteen valinta.
- Antaa AHA-kartoituksessa suuntaa antavat tulokset laboratorionäytteenottoa varten.
- Akkutoimisena kenttäkäyttö helppoa.



Tunne huomisen.