

Asfalttikiviaineksen mineraalikoostumus

Tutkimuskeskus
TERRA Geo
Road
Rail

Pirjo Kuula

Väyläviraston julkaisu, 60/2023



Väylävirasto
Trafikledsverket

Sisällys

1. Tiivistelmä
2. Esipuhe
3. Tausta
4. Aineistot ja menetelmät
5. Asfalttikiviaineksen soveltuvuusvaatimukset Asfalttinormissa 2017
6. Tulokset
7. Johtopäätökset
8. Asfalttikiviainesten soveltuvuusvaatimukset Asfalttinormissa 2023

ISSN: 2490-0745

ISBN: 978-952-405-103-3



Tiivistelmä

Asfalttikiviaineksen mineraalikoostumukselle on Suomessa asetettu vaatimuksia vuodesta 1994 alkaen. Vaatimukset perustuvat ASTO-tutkimuksiin ja ne on esitetty PANK ry:n julkaisemissa Asfalttinormeissa.

Vuoden 2021 ja 2022 ELY-keskusten tienpäällystysurakoiden tuotevaatimuksissa edellytettiin asfalttikiviaineksen tuotantoeräkohtaisen mineraalikoostumuksen selvittämistä. Määrittystä varten kehitettiin nopealla aikataululla uusi testausmenetelmä PANK 2303. Menetelmän tulosten arvioinnille ei ollut vaatimustasoja Asfalttinormissa 2017.

Asfalttinormeja uusittaessa haluttiin selvittää voidaanko menetelmän tuloksille asettaa kriteereitä. Sen takia ELY-keskusten vuosien 2021 ja 2022 tienpäällystysurakoista kerättiin mineraalikoostumustuloksia.

Kerättyjen tulosten perusteella PANK 2303 lajitteelle 2/4 mm voitiin asettaa joitakin vaatimuksia, mutta hienoimman lajitteen mineraalikoostumuksen arvioinnille ei löytynyt luotettavia perusteita. Peruseriaatteena asfalttikiviaineksen

soveltuvuuden arvioinnissa tulee edelleenkin käyttää joko tuotantoerän isommista murskerakeista tai louhokselta ammattitaitoisesti kerätyistä kiven kappaleista määritettyä mineraalikoostumusta. Tutkimuksen tuloksia käytettiin Asfalttinormien 2023 ja tienpäällystysurakoiden vaatimuksia tarkistettaessa.

Kerättyjen tietojen perusteella havaittiin myös jonkin verran eroavaisuuksia eri toimijoiden laatimissa mineraalikoostumuksen ja petrografisen kuvauksen esittämistavoissa.

Asfalttikiviaineksen soveltuvuuden arvioinnissa on tärkeintä määrittää pehmeiden mineraalien ja herkästi rapautuvien sulfidimineraalien määrä ja verrata tuloksia Asfalttinormeissa asetettuihin kriteereihin.

Avainsanat:

Asfalttikiviaines, mineraalikoostumus, petrografinen kuvaus, ohuthie

Esipuhe

Tutkimuksessa kerättiin vuosina 2021 ja 2022 mineraalikoostumustietoja ELY-keskusten tienpäällystysurakoissa käytetyistä kiviaineksista. Tutkimuksen tuloksia on käytetty tienpäällystysurakoiden ja Asfalttinormien vaatimusten kehittämiseen. Tutkimuksen toteutti Pirjo Kuula Tampereen yliopistosta ja työtä ohjasi Katri Eskola Väylävirastosta.

Helsingissä lokakuussa 2023

Väylävirasto

Teiden kunnossapidon ohjaus

3. Tausta

Tausta

- Kiviaineksen soveltuvuus asfaltin kiviainekseksi on osoitettava Asfalttinormien ja CE-merkintävaatimusten mukaan kiviaineksen koostumuksen perusteella.
- Soveltuvuuden arviointi on tehty pääosin menetelmillä SFS-EN 932-3, PANK 2302 joko murskenäytteistä tai lohkenäytteistä perustuen geologin tekemään ohuthieanalyysiin.
- Soveltuvuuden kriteerinä on kiviaineksen rapautumattomuus sekä kiviaineksen sisältämien pehmeiden mineraalien määrä ja sulfidimineraalien määrä.
- Soveltuvuuskriteerit ovat olleet lähestulkoon samat vuodesta 1994 alkaen.
- Soveltuvuuden arviointi petrografian perusteella on tehtävä CE-merkinnässä kolmen vuoden välein ja sama vaatimus on ollut voimassa Asfalttinormeissa 2017.
- Asfalttiin käytettävän yksittäisen kiviaineserän soveltuvuutta ei näin ollen ole tarvinnut osoittaa.
- Vuosien 2021 ja 2022 ELY-keskusten Tienpäällystysurakoiden tuotevaatimuksissa on vaadittu asfalttikiviaineksen tuotantoeräkohtaista soveltuvuuden arviointia. Lisäksi on vaadittu hienoaineksen laadun osoittamista mineraalikoostumuksen, ominaispinta-alan ja veden adsorptiokyvyn perusteella.
- Tuotantoeräkohtaisen petrografian osoittamiseen laadittiin nopealla aikataululla uusi testausmenetelmä PANK 2303, jossa mineraalikoostumus määritettiin lajitteesta 2/4 mm tai 0,063/0,125 lajitteista.
- Karkean kiviaineksen tuotantoeräkohtainen petrografia voitiin edelleen määrittää myös menetelmien SFS-EN 932-3 ja PANK 2302 mukaan
- PANK 2303 menetelmän tulosten arviointikriteereitä ei ollut asfalttinormeissa ja kriteerinä käytettiinkin pääosin vertailua aiemmin tehtyyn määritykseen
- Jotta mahdollisia uusia kriteereitä olisi mahdollista esittää Asfalttinormeissa 2023, ryhdyttiin keräämään asfalttikiviaineksen mineraalikoostumustietoja vuosien 2021 ja 2022 ELY-keskusten tienpäällystysurakoista.
- Tietoa keräsivät Katri Eskola Väylävirastosta ja Pirjo Kuula Tampereen yliopistosta.
- Tietoa saatiin urakoiden dokumenteista ja joiltakin kiviainestoimittajilta sekä anonyymiä tietoa muutamasta testauslaboratoriosta.

4. Aineistot ja menetelmät

Aineistot ja menetelmät



- Aineistoina käytettiin urakoiden dokumentaatiosta kerättyä tietoa. Lisäksi muutamat kiviainestoimittajat, asfalttiurakoitsijat ja laboratoriot toimittivat petrografia- ja mineraalikoostumustietoa.
- Kiviaineksista ei julkaista kohdetietoja eikä yksityiskohtaisia petrografisia kuvauksia.
- Kiviainesten muista ominaisuuksista saatiin osittain tietoja (kiintotiheys ja kuulamylyarvo).
- Vuoden 2021 aikana saatiin tiedot 72 kiviaineksesta.
- Vuoden 2022 aikana saatiin tiedot 56 kiviaineksesta.
- Vuosien 2021 ja 2022 aineistoissa esiintyy samojen louhosten kiviaineksia, mutta niitä ei ole verrattu keskenään, koska kaikkien kiviainestulosten louhos ei ollut tiedossa.
- Mineraalikoostumuksen ja petrografian tutkimusmenetelminä olivat: PANK 2302 Ohuthieanalyysi,

PANK 932-3 Yksinkertainen petrografia + ohuthie ja PANK 2303 (2/4 mm ja 0,063/0,125 mm lajite).

- Kerätystä aineistosta analysoitiin erityisesti pehmeiden mineraalien ja niin kutsuttujen opaakkien eli mahdollisesti rapautumisherkkien sulfidimineraalien määriä.

5. Asfalttikiviaineksen soveltuvuusvaatimukset

Asfalttinormissa 2017

Asfalttikiviaineksen soveltuvuusvaatimukset Asfalttinormissa 2017

Kiviaineksen rapautuneisuuden ja rapautumisalttiuden arvioinnissa lähtökohtana on kiviaineksen mineraalikoostumus. Kiviaineksen mineraalikoostumuksen perusteella voidaan kiviainesta pitää rapautumattomana seuraavilla edellytyksillä.

Sulfidimineraalit:

- Kiviaineksen sulfidimineraalien (esimerkiksi magneetti-, rikki- ja kuparikiisu) määrä on ≤ 5 % määritettynä ohuthieestä (PANK 2302) tai
- Kiviaineksen kokonaisrikkipitoisuus $S \leq 0,1$ % (SFS-EN 1744-1). Jos rikkipitoisuus on $> 0,1$ %, sulfidimineraalien määrä ja laatu on selvitettävä ja vaatimus on ensimmäisen kohdan mukainen.

Kiilteet ja muut pehmeät mineraalit*):

- Kiviaines ei sisällä kiillettä tai muita pehmeitä mineraaleja (Mohsin kovuus < 3) enempää kuin
 - 15 % määritettynä ohutietutkimuksella (PANK 2302).
 - Silloin kun kiilteen määrä on 15–20 %, kiviainesta voidaan pitää rapautumattomana, jos kille esiintyy hienorakeisena (< 1 mm) ja on tasaisesti jakautuneena.
 - Röntgendiffraktiomenetelmällä (PANK 2301) määritettynä kiilteet eivät saa olla kiviaineksen yleisin mineraali. Menetelmää suositellaan käytettäväksi vain

soramurskeille.

- Jos pehmeiden mineraalien määrä ylittää 20 %, rapautumattomuus on osoitettava muilla menetelmillä esimerkiksi jäädytys-sulatustestillä SFS-EN 1367-6 (1 % NaCl-liuos).

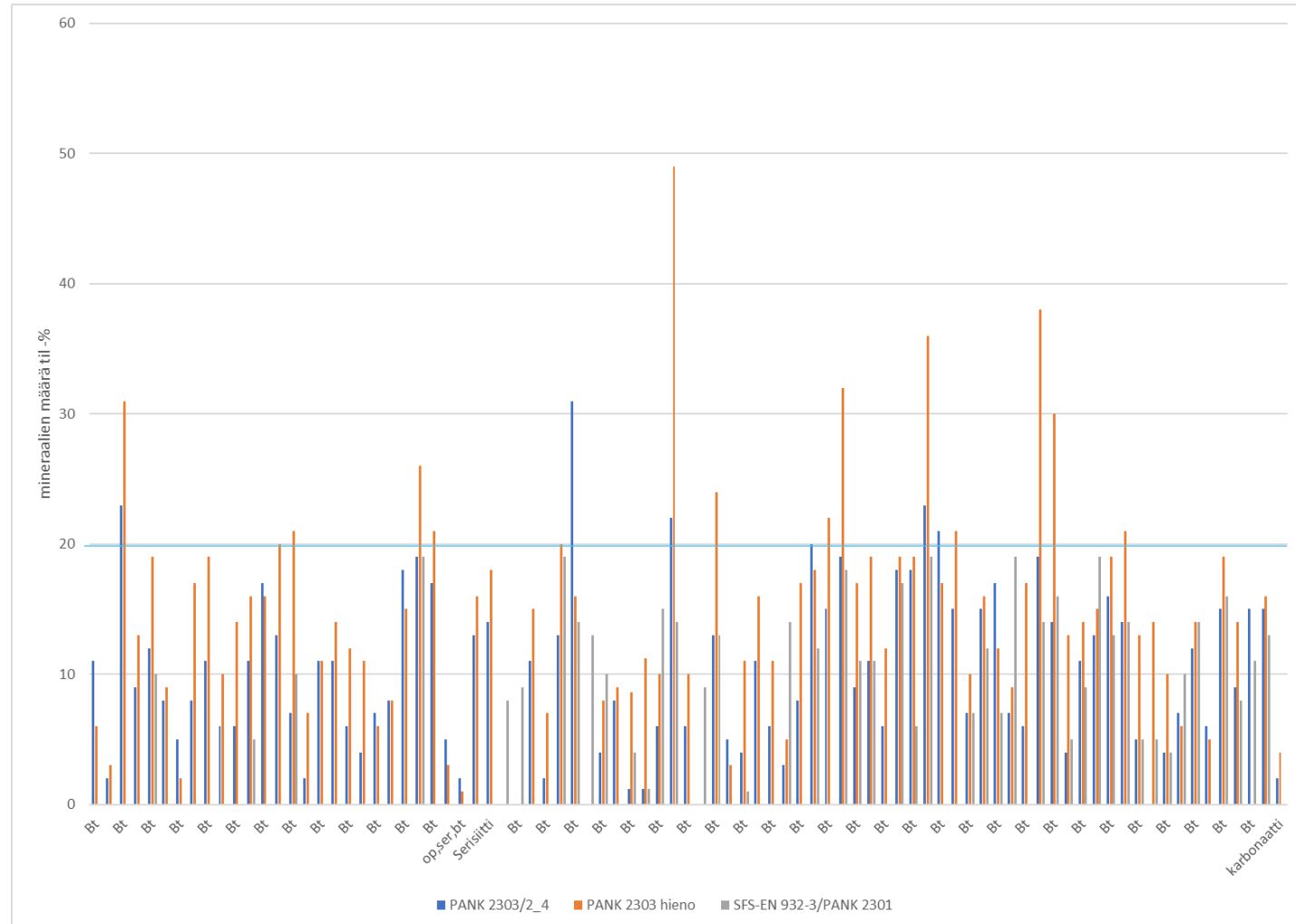
*) Pehmeitä mineraaleja ovat muun muassa biotiitti, muskoviitti, kloriitti, talkki, serpentiini, kalsiitti ja magnesiitti.

6. Tulokset

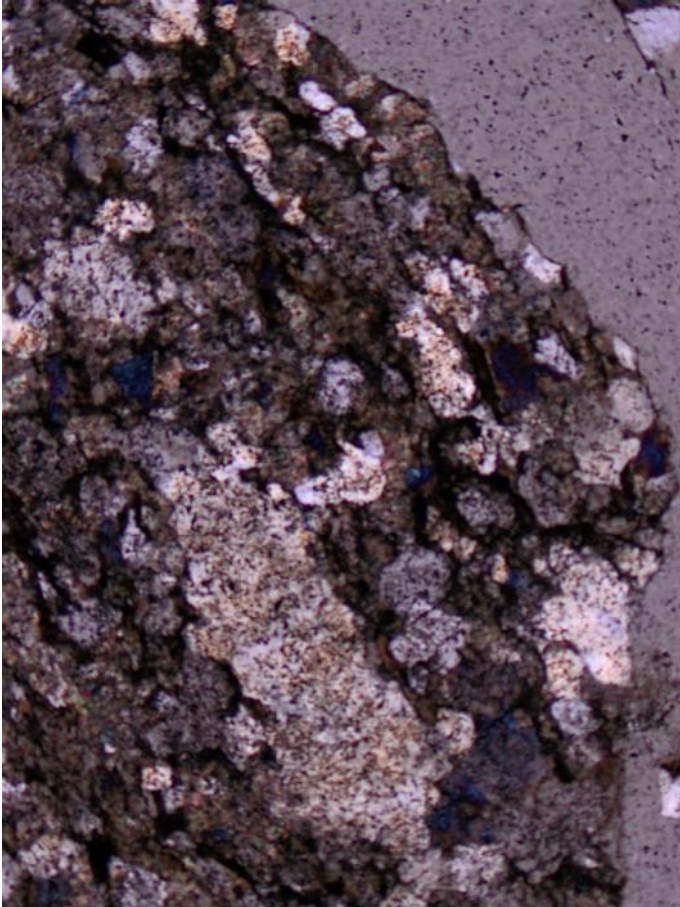
Tulokset

Seuraaviin kalvoihin on koottu tutkimusaineistosta koostettuja kaavioita ja tehtyjä havaintoja.

Pehmeiden mineraalien määrä (til-%), jos oli ilmoitettu yksittäisenä mineraaleina kuten biotiitti, serisiitti tai muskoviitti (84 kiviainesta)



Pehmeiden mineraalien määrä



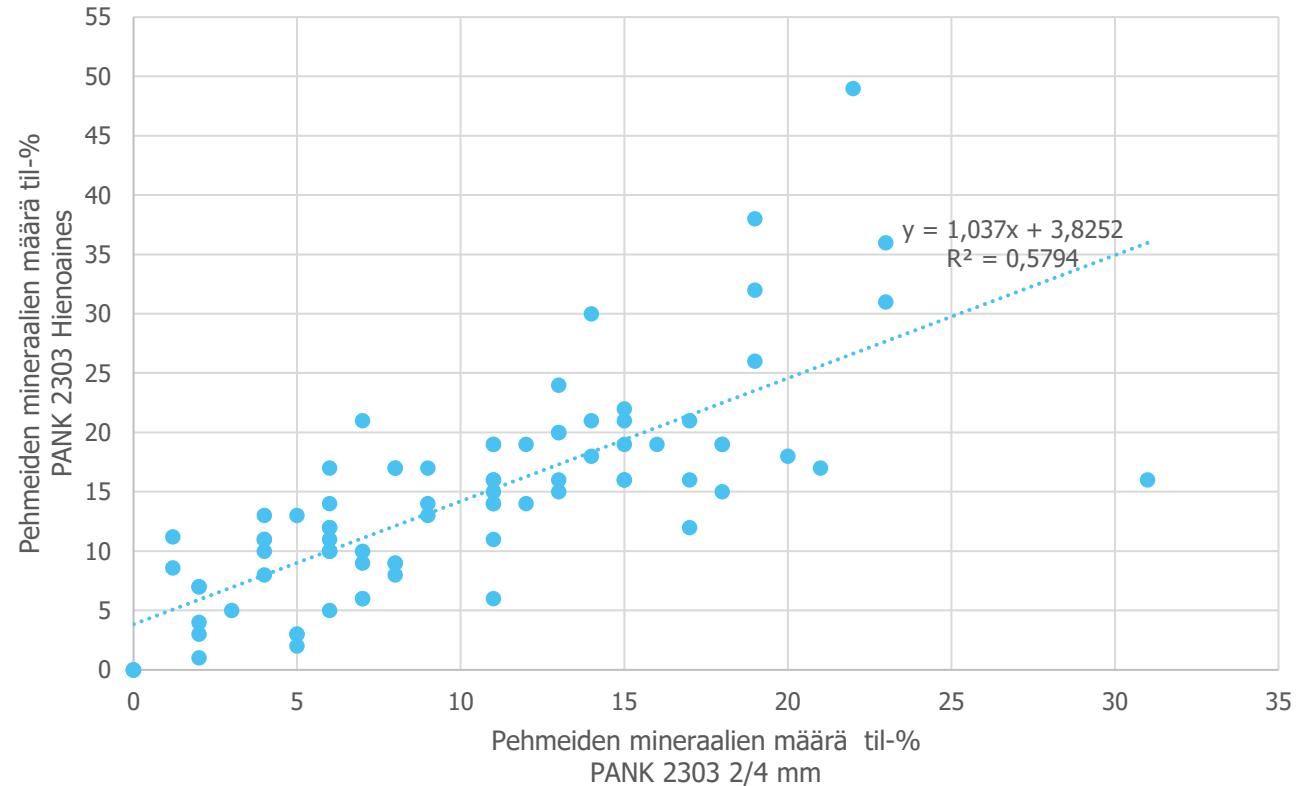
Usein koostumusmäärityksissä on kuvattu yksittäisten mineraalien lisäksi kooste sellaisista mineraaleista, joita esiintyy vähän. Esimerkiksi selosteessa voi lukea "bt,musk,tit,op,zir,amf,klor,epd", mikä tarkoittaa, että esitettyjä mineraaleja on arvioitu olevan yhteensä ilmoitettu määrä. Näiden koosteiden määrä on yleensä 2–5 til-%.

Osa koosteena esitetyistä mineraaleista voi olla pehmeitä ja osa ei, siksi kuvaajissa on esitetty vain sellaiset mineraalit, joissa pehmeä mineraali on yksilöity tarkemmin esimerkiksi biotiitiksi.

Myös mineraalirakeiden koko on tärkeä havainnoitava ominaisuus, koska pienirakeinen (< 1 mm) tasaisesti jakautunut pehmeä mineraali on

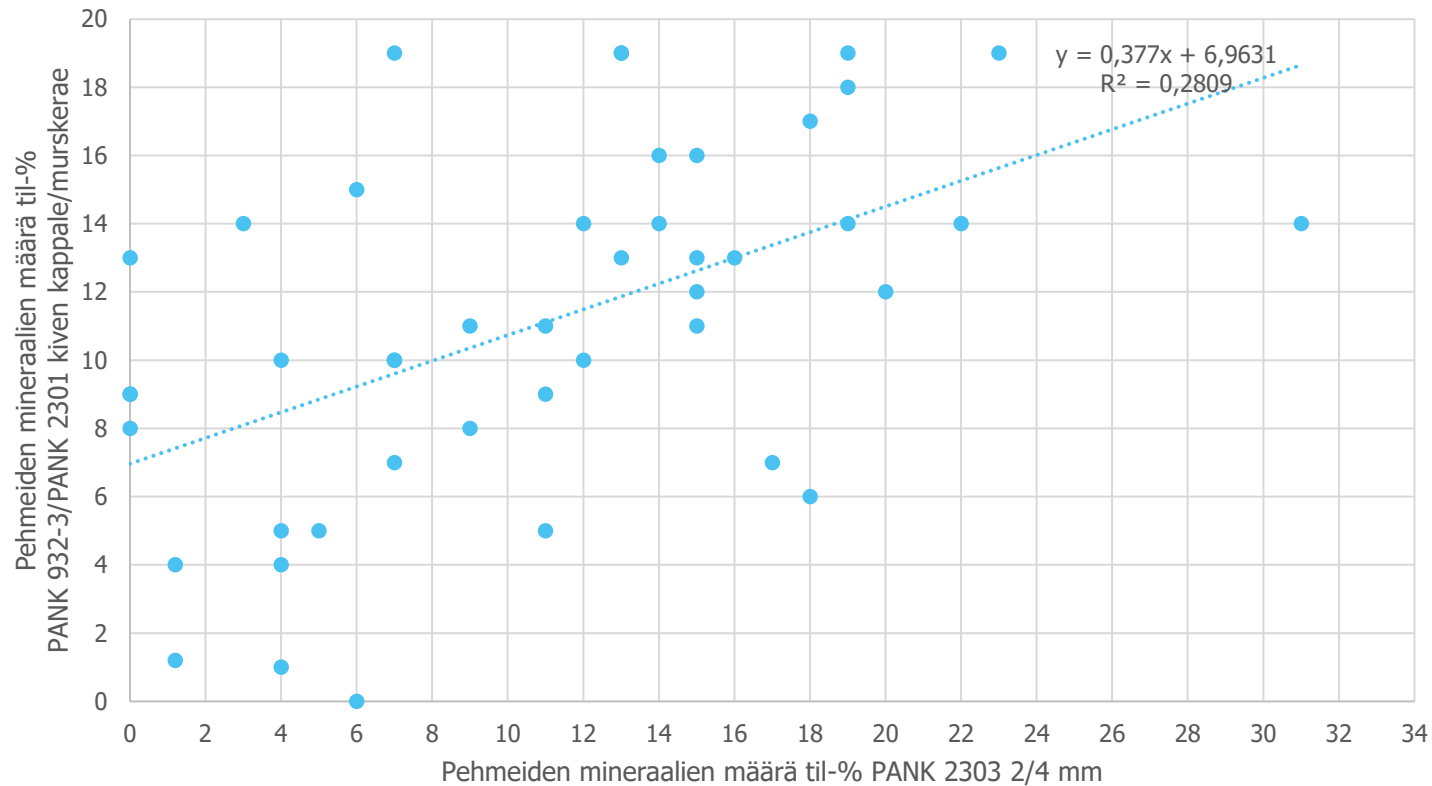
vähemmän haitallista kuin esimerkiksi suurehko kiillepakat.

Pehmeiden mineraalien määrä eri lajitteissa PANK 2303 menetelmällä määritettynä



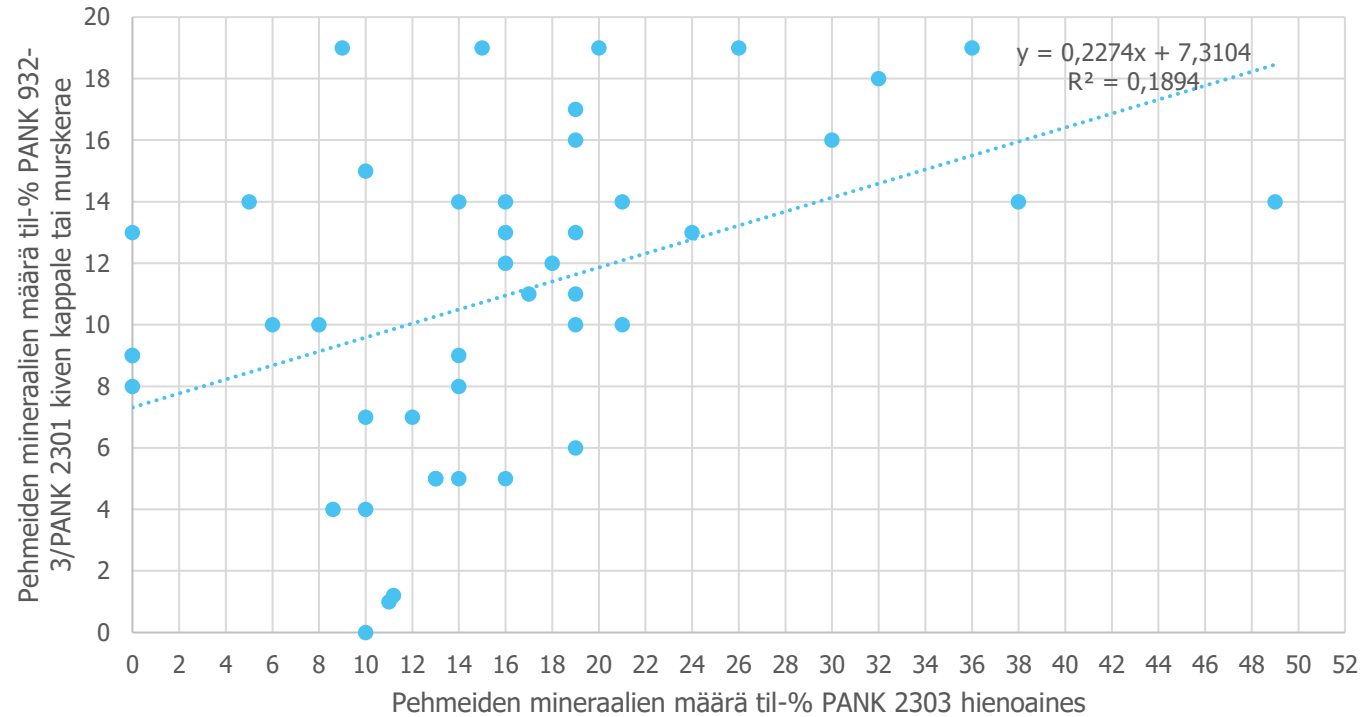
Kuvaajasta voidaan havaita, että saman murskenäytteen eri lajitteista PANK 2303 mukaisella menetelmällä määritettyjen pehmeiden mineraalien määrät korreloivat keskenään kohtuullisesti. Tuloksissa on kuitenkin merkittävä määrä poikkeamia, pehmeiden mineraalien määrä voi olla jopa kaksinkertainen eri lajitteesta määritettynä.

Pehmeiden mineraalien määrän vertailu: menetelmät PANK 2303 2/4 mm ja PANK 2301 kiven kappale tai murskerae



Kuvaajasta voidaan havaita, että lajitteesta 2/4 mm määritetyn pehmeiden mineraalien määrä korreloi huonosti kiven kappaleesta määritetyn pehmeiden mineraalien määrän kanssa.

Pehmeiden mineraalien määrän vertailu: menetelmät PANK 2303 hienoaines ja PANK 2301 kiven kappale tai murskerae



Kuvaajasta voidaan havaita, että hienoaineksesta määritetty pehmeiden mineraalien määrä korreloi huonosti kiven kappaleesta tai murskerakeesta määritetyn pehmeiden mineraalien määrän kanssa.

Esimerkkejä eri menetelmillä määritetystä mineraalikoostumuksesta

Taulukko: Esimerkkejä eri menetelmillä määritetystä mineraalikoostumuksesta.

Kiviaines nro	Mineraali	Menetelmä ja menetelmällä määritetty mineraalin määrä (%)		
		PANK 2303 2/4 mm	PANK 2303 hienoaines	SFS-EN 932-3 murske+hie
1	Pyrokseeni	49	34	42
	Plagioklaasi	31	42	25
	Kalimaasälpä	11	8	ND
	Kvartsi	7	15	28
	Muut	2	1	5
2	Plagioklaasi	34	30	42
	Kvartsi	32	34	32
	Biotiitti	13	15	19
	Kalimaasälpä	20	20	6
	Muut	1	1	1
3	Plagioklaasi	46	30	35
	Kvartsi	31	35	35
	Biotiitti	14	30	16
	Kalimaasälpä	5	3	7
	Amfiboli	ND	ND	5
	Muut	4	2	2

ND = ei havaittu

Biotiitti

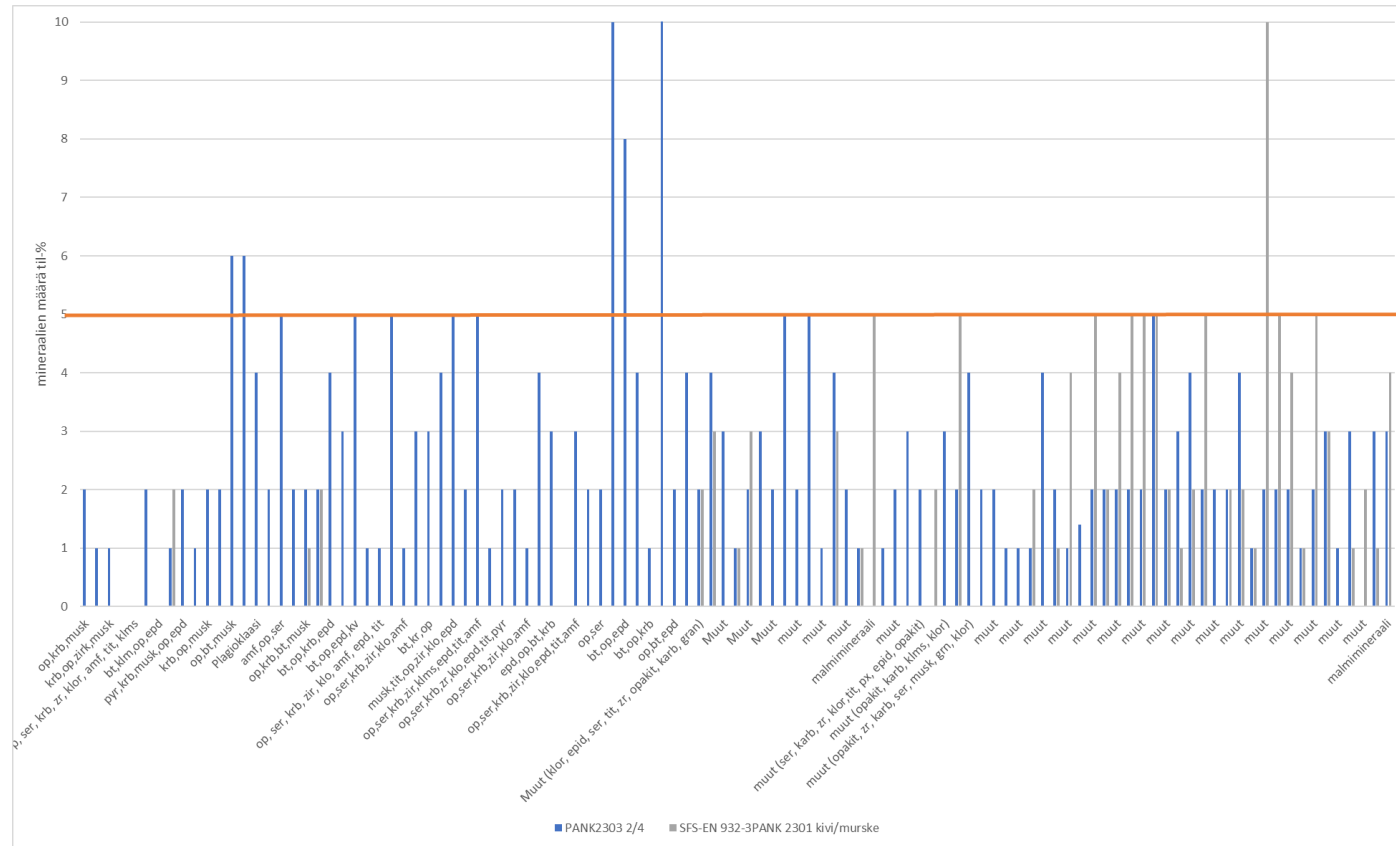


Muskoviitti

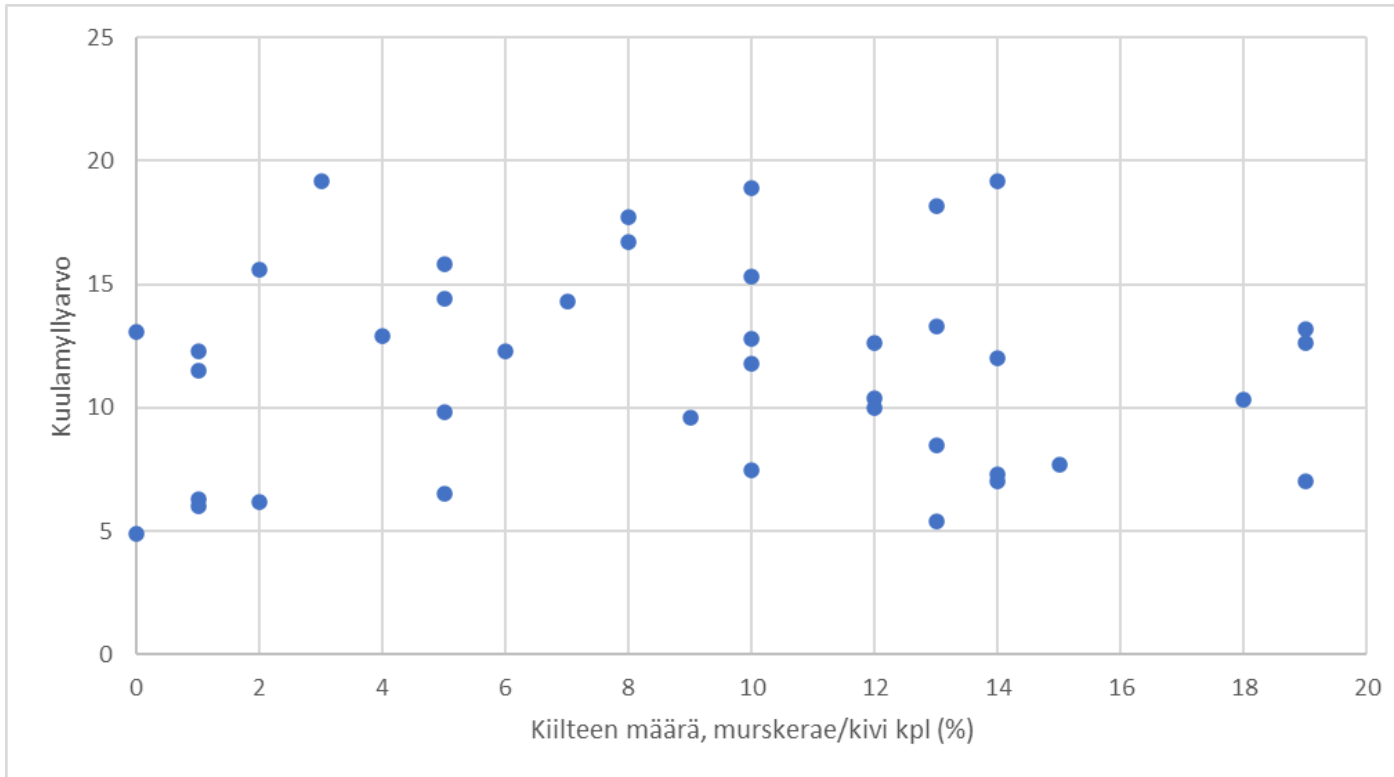


Kuvat muokattu lähteestä geologia.fi

Opaakit ja mahdolliset sulfidimineraalit



Kuulamylyarvoja oli tiedossa noin 40 kiviaineksesta – vaikuttaako kielteen määrä kuulamylyarvoon?



Kuvassa on verrattu kuulamylyarvoihin kiven kappaleista tai isoista murskerakeista määritettyjä kiillemääriä. Kaavio oli samankaltainen verrattaessa kielteen määrää 2/4 mm tai hienoaineksessa.

Niissä näytteissä (vain muutamia), joissa ei ollut lainkaan kiillettä kuulamylyarvot vaihtelivat välillä 5–12.

Tutkittujen kiviainesten osalta kielteen määrän ja kuulamylyarvon välillä ei ole lineaarista korrelaatiota.

Kielteen esiintymistapa vaikuttaa: esimerkiksi, jos kiille on erittäin pienirakeista ja se on tasaisesti jakautuneena, kuulamylyarvo voi olla pieni (< 10), vaikka kielteen määrä on lähellä 20 %.

7. Johtopäätökset

Johtopäätökset



Eri menetelmillä saadaan erilaisia tuloksia pehmeiden mineraalien määrästä.

Lajitteesta 2/4 mm tehty koostumusmääritys vastaa pääosin kivenkappaleen tai murskerakeen mainittua, mutta eroja havaittiin; esimerkiksi joku mineraali voi puuttua kokonaan – lajitteesta 2/4 mm tutkittua koostumusta suositellaan käytettäväksi vain jos karkeampia rakeita ei ole.

Hienoaineslajitteesta 0,063/0,125 mm valmistetun ohuthieen valmistukseen liittyy hajontaa aiheuttavia tekijöitä, esimerkiksi kiillerakeiden suuntauksen asettuminen ohuthieeseen vaikuttaa tulokseen. Kiille voi rikastua hienoaineslajitteeseen, mutta myös päinvastaisia tuloksia esiintyi; hienoaineksessa oli vähemmän kiillettä kuin karkeissa rakeissa tai kivissä. Ohuthieestä määritetyn hienoaineksen koostumukselle on hankala asettaa arviointikriteerejä.

Edelleen on suositeltavaa käyttää soveltuvuuden arvioinnissa murskeesta ja kiven kappaleesta tehtyä ohuthieanalyysiä.

Heterogeenisestä kivistä ja sora- tai kalliomurskeesta tulisi aina tehdä myös makroskooppinen kuvaus – kerrotaan mitä kivilajeja ja kuinka paljon.

Kiillemineraalien rakeiden koolla ja jakautumisella on paljon merkitystä, erityisesti erittäin pienirakeisissa vulkaniiteissa kiillemäärä voi olla suurehko, mutta kuulamylyarvo yleensä selkeästi luokan A_N7 tai A_N10 vaatimukset täyttävä.

Opaakkeja eli mahdollisia sulfidi- tai oksidimineraaleja ei usein raporteissa erotella omaksi mineraaliryhmäkseen – määrä asfalttikiviainekseksi valikoituneissa louhoksissa on usein pieni.

Kalliomurskeiden ominaispinta-alat olivat yleensä 1–2 m²/g ja soramurskeiden ominaispinta-alat vaihtelivat 3–5 m²/g.

Ohuthietulosten esitystavat vaihtelevat eri geologien ja laboratorioiden välillä. Määrityksestä tulisi selkeästi käydä ilmi, onko ohuthie tehty kiven kappaleesta, murskerakeesta vai lajitteista. Ohuthiemääritysten tulokset tulisi ilmoittaa vakioidulla tavalla esimerkiksi soveltaen standardeissa SFS-EN 932-2 tai SFS-EN 12407 kuvattuja tapoja.

Soveltuvuuden arvioinnissa tulee viitata Asfalttinormeihin, koska EN-standardeissa ei ole mineralogisia vaatimuksia.

Asfalttikiviaineksen laadun arvioinnin kannalta merkittäväntä on ilmoittaa selkeästi pehmeiden mineraalien ja opaakkien määrä.

8. Asfalttikiviainesten soveltuvuusvaatimukset Asfalttinormissa 2023

Asfalttikiviainesten soveltuvuusvaatimukset Asfalttinormissa 2023

Taulukko: Menetelmän valinta kiviaineksen soveltuvuuden arviointiin.

Näytetyyppi	Lohkare	TAI	Kalliomurske	TAI	Soramurske
Ensisijainen menetelmä *)	Ohuthie (PANK 2302, SFS-EN 12407)	TAI	SFS-EN 932-3 ja ohuthie isommista rakeista (PANK 2302, SFS-EN 12407)	TAI	Makroskooppinen tutkimus (SFS-EN 932-3)
Vaihtoehtoinen menettely			SFS-EN 932-3 ja vertailu aikaisempaan (< 3 tuotantovuotta) hieeseen, josta kiviaines on todettu soveltuvaksi ja geologin lausunto		

*) Jos opaakkien määrä on yli ≥ 5 % tutkitaan malmimineraalien laatu kiillotetusta ohuthieestä tai malmimikroskooppisin menetelmin (sulfidimineraalien määrä) tai määritetään kokonaisrikkipitoisuus standardin SFS-EN 1744-1 mukaisesti.

Asfalttikiviainesten soveltuvuusvaatimukset Asfalttinormissa 2023

Taulukko: Kalliokiviaineksen soveltuvuuden arviointikriteerit louhosta edustavasta lohkar- tai kalliomurskenäytteestä tehdyn ohuthietutkimuksen perusteella (SFS-EN 932-3, PANK 2302 ja SFS-EN 12407).

Koostumus	Vaatus/määrä	Täydentävät kriteerit
Sulfidimineraalit *)	≤ 5 %	Vaihtoehtoisesti voidaan määrittää kokonaisrikkipitoisuus (SFS-EN 1744-1), jonka vaatimus on $S \leq 0,1$ %. Jos $S > 0,1$ %, sulfidimineraalien määrä on selvitettävä.
Kiilteet ja muut pehmeät mineraalit**)	≤ 15 %	-
Kiilteet ja muut pehmeät mineraalit**)	15-20 %	Soveltuu, jos kiille on hienorakeista (< 1 mm) ja tasaisesti jakautuneena
Kiilteet ja muut pehmeät mineraalit**)	> 20 %	Soveltuu, jos SFS-EN 1367-6 mukaisen jäädytys-sulatustestin tulos on ≤ 4 %. ***)
Kiilteet (biotiitti ja muskoviitti)	> 20 %	Soveltuu, jos kiilteet esiintyvät hienorakeisena (< 1 mm) ja tasaisesti jakautuneena sekä kiviaineksen kuulamylyluokka on A_N7 tai A_N10 ja vedenimeytymistestin tulos on $WA_{24} \leq 0,5$ %, jäädytys-sulatustestiä ei tarvitse tehdä.

*) Sulfidimineraaleja ovat esimerkiksi rikki-, kupari- ja magneettikiisu, ja ne kuvataan petrografisessa kuvauksessa usein termillä opaakki. Opaakkeja voivat olla myös metallioksidit, joten 5 % raja-arvon ylittyessä on aina selvitettävä opaakkien laatu. Jos opaakkien analyysissä todetaan, että sulfidimineraalit ovat pääosin magneettikiisua, kiviaineksen rapautumisherkyys on suurempi. Jos kokonaisrikkipitoisuus analysoidaan, se määritetään asfalttiin käytettävästä tuotteesta, vaikka ohuthieanalyysi olisi tehty tuotteen kivilajikomponenteista.

***) Jos kiviaines koostuu useammasta kivilajikomponentista, jäädytys-sulatustesti tehdään asfalttiin käytettävästä kiviainekomponenttien yhdistelmästä.

Kirjallisuus

- (1) SFS-EN 932-3 Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Osa 3: Yksinkertaistetun petrografisen kuvauksen menettely ja terminologia
- (2) SFS-EN 12407 Natural stone test methods. Petrographic examination
- (3) PANK 2303 Asfalttikiviaineksen ja hienon asfalttikiviaineksen mineraalikoostumus
- (4) PANK ry Asfalttinormit 1995, 2000, 2008, 2011, 2017 ja 2023



Väylävirasto
Trafikledsverket