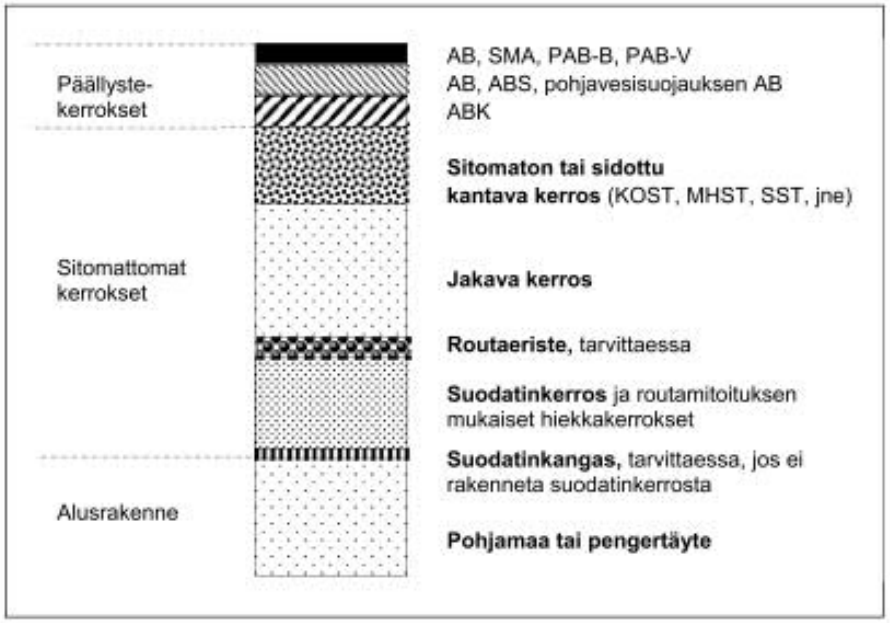
Tiemateriaalien ominaisuudet
Miksi laatuvaatimuksia asetetaan?

Pirjo Kuula, TTY

30.10.2018

Lähtökohdat laatuvaatimuksille

Tierakenteen toiminta on lähtökohta myös materiaalien valinnalle



Kuva: Tierakenteen suunnitteluohje luonnosversio, 2018

Tien toimivuusvaatimukset

Tieväylän tulee

- olla käyttäjälleen ja ympäristölleen turvallinen
- tarjota käyttäjälle tasainen alusta liikennöintiä varten kaikissa olosuhteissa
- mahdollistaa sujuva liikennöinti
- olla viihtyisä
- olla sekä itsessään että tiellä tapahtuva liikenne huomioon ottaen **riittävän kestävä koko rakenteen suunnitellun käyttöiän**
- mahdollistaa tarvittaessa liikenteen välityskyvyn lisääminen rakennetta leventämällä
- mahdollistaa väylän käytön edellyttämät hoito- ja kunnossapitotoimenpiteet.

Lähde: InfraRYL, 2017

Miten ylätason vaatimuksiin vastataan?

- Mitoitetaan rakenne kestämään routaa ja kuormituksia
- Valitaan rakenteisiin sellaiset materiaalit, jotka kestävät rakenteen tai rakenneosan käyttöiän
- Rakennetaan/korjataan/kunnossapidetään siten, että toimivuus pysyy vaaditulla tasolla

Kuva: https://www.roadex.org/fi/e-learning/kurssit/pysyvat-muodonmuutokset/5-luokittelut-analyysit-ja-diagnoosit/

Mitä on kiviaineksen laatu?

Kiviaineksen laatu muodostuu

- Materiaalin lähtöominaisuuksista (kiven synty- ja kehitysprosessi)
- Materiaalin tuotantoprosessista (louhinta, murskaus, seulonta)
- Materiaalin muusta käsittelystä (varastointi, kuljetus)

➡ Rakennettavan tai valmistettavan **<u>lopputuotteen</u>** laatu muodostuu edellisen lisäksi esim. tiivistystyöstä tai muusta tuotantoprosessista

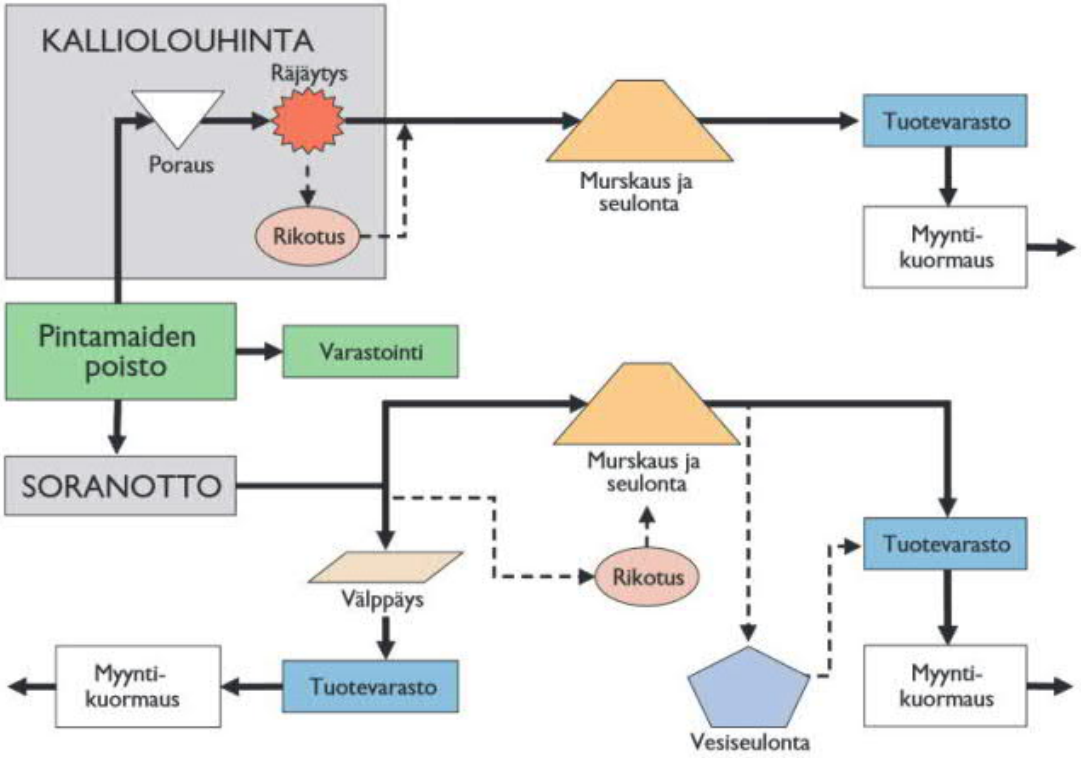
https://esaimaa.fi/uutiset/lahella/52d9b5e8-f164-4b33-8308-b46f6a180ad3

Luonnollista vaihtelua

Kuvat: TTY (2012)

Tuotantoprosessi

Kuva: Pirjo Kuula (2015)



Kuva 4. Kiviainestuotannon prosessikaavio. (Kuva Juha Laurila)

Tuotteet

Kuva Pirjo Kuula (2016)

Tuotteet

Different types of fine aggregates: (1) High-quality, 0/8 mm natural glaciofluvial sand from Norway; (2) Low-quality, 0/8 mm co-generated material of coarse crushed aggregate production (should not be called crushed or manufactured sand); (3) High-quality, 0/8 mm crushed sand, produced using an optimized crushing circuit and VSI shaping.

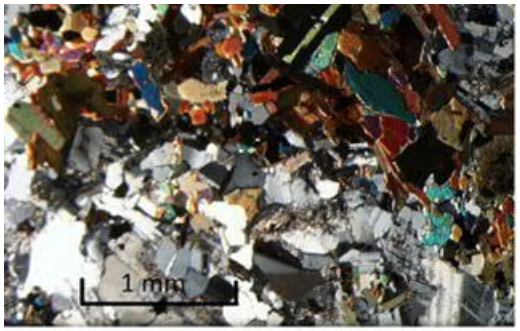
RESULTS MINERALS & AGGREGATES 2/2014

Kiviaineksen laatu!

- Kiviaineksen petrografiset ominaisuudet
  - Kivilaji ja mineraalit
  - Etsitään mahdollisia haitallisia tekijöitä
- Kiviaineksen lujuus (iskunkestävyys, hiovan kulutuksen kesto, nastarengaskulutuskestävyys)
- Kiviaineksen raekokojakautuma
- Hienoaineksen määrä
- Kiviainesrakeiden muoto
- Kiviaineksen pitkäaikaiskestävyys (esim. jäädytys-sulatuskestävyys)
- Kemialliset ominaisuudet
- ***Käyttökohde määrittelee tärkeät ominaisuudet***
- ***Laadun kuvaamiseen tarvitaan aina useampi kuin yksi parametri***

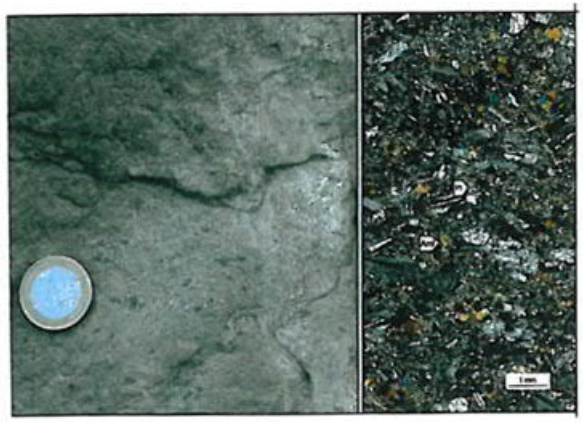
Petrografia

- Tutkitaan systemaattisesti kiven mineralogia, tekstuuri, struktuuri
- Nimetään kivilaji
- Selvitetään käytön kannalta haitallisten mineraalien esiintyminen ja niiden mahdollinen määrä
- Todetaan esim. rapautumisaste
- Kiviaineksen tuotestandardien määrittelemä raaka-aineen tunteminen
- Vaatimus/sopimusasiakirjoissa tai CE-merkinnässä vaaditaan
- Erityisselvitykset
  - miksi esim. muut koetulokset muuttuneet
  - miksei lopputuote enää toimi



Graniitti, Haapajärvi

Emäksinen vulkaniitti, Hyvinkää



Kuvat Jari Väätäinen, Geologian tutkimuskeskus, Hakku-palvelu 26.1.2016

Asfalttikiviaines

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 ≤ 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 ohuthietutkimuksella (PANK 2302)
  - Silloin kun kiilteen määrä on 15-20 %, kiviainesta voidaan pitää rapautumattomana, jos kiille 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-luos).

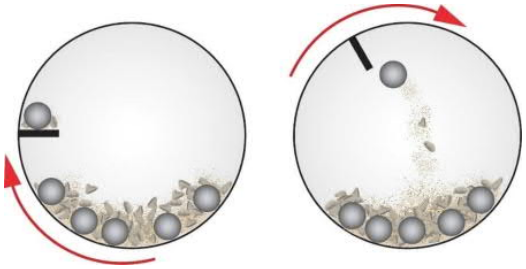
*) Pehmeitä mineraaleja ovat muun muassa biotiitti, muskoviitti, kloriitti, talkki, serpentiini, kalsiitti ja magnesiitti.

Mitä kiven ja kiviaineksen lujuus tarkoittaa?

- Puristus- tai vetolujuus
- Rakeisen materiaalin lujuus
  - Yksittäisen partikkelin lujuus
  - Partikkelijoukon lujuus
    - Mitataan välillisesti **iskunkestävyyden ja hiovan kulutuksen keston** avulla – eli mitataan materiaalin hienontumista kokeessa
- Lujuus on kiven luontaisten piirteiden ja tuotantoprosessin ”summaominaisuus” (raekoko, raemuoto, mineraalit, mineraalien raekoko, suuntautuneisuus jne.)
- Lujuuden avulla voidaan kuvata periaatteessa myös kiven hienontumispotentiaalia
- Rakenteen lujuus – kantavuus, kuormituskestävyys on oma asiansa!

Lujuustestit/myllytestit

- Los Angeles testi – iskunkestävyys



- micro-Deval testi - hiovan kulutuksen kesto
- Kuulamyllytesti - nastarengaskulutuskestävyys

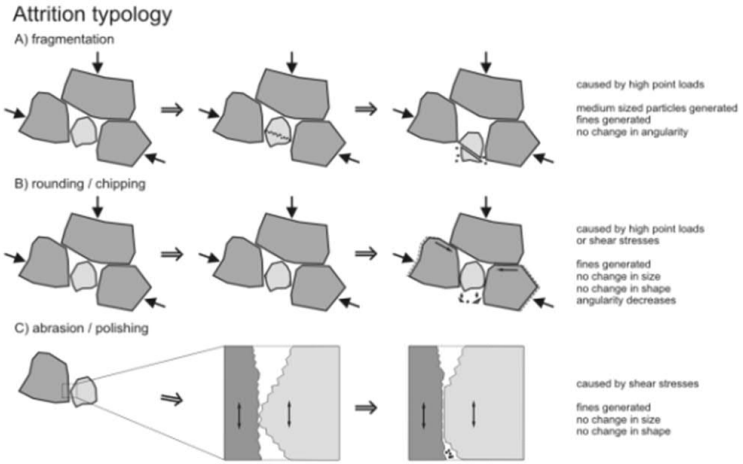


Fig. 12: attrition typology

Kuva 16. Hienontumisen tyypit (Bach 2013) mukaan.

Kuvat Pirjo Kuula (2015)

Vaatimusten historiallista taustaa

Taulukko 8. Tien kantavan kerroksen vaatimusten kehittyminen.

Vuosi	Lujuusvaatimus	Muotoarvovaatimus	Lähde	Huom.
1950-luku	Ei vaatimuksia	Ei vaatimuksia	Rakennusinsinööriyhdistys (1957)	Päällystekiviaineksen vaatimus haurausluku 60
1960-luku	Los Angeles -luku LA_{35} Haurausarvo 60	Muotoarvo 3,0/1,6 (TIE 233)	Kauranne, Markkula (1967c)	Ei saa sisältää rapautuvia mineraaleja Myös päällystekiviainekselle LA-luku vaatimus 30. ASTM standardin mukainen LA-testi
1970-luku	LA_{35} Parannettu hauarausarvo 27	Muotoarvo 2,9/1,7	Tie- ja vesirakennushallitus (1979)	Ei saa olla rapautunutta tai rapautumisherkkää, luetellaan hyvät ja huonot kivilajit
1980-luku	LA_{35} (38) Parannettu hauarausarvo 30 (32)	Muotoarvo 2,9/1,9	Tie- ja vesirakennushallitus (1982) Tie- ja vesirakennushallitus (1988)	Suluissa olevia arvoja voidaan käyttää, jos materiaalista puutteita ja taloudellisesti kannattavampaa
1990-luku	LA_{35} Kuulamylly 17 tai Hioutuvuus 3,1	Muotoarvo kahdesta eri lajitteesta 8/12 mm 2,9/1,9 ja 12/16 mm 2,7/1,8	Tielaitos (1993)	LA-testi TIE 231 Kuulamyllykoe TIE 242 Myös pistekuormitusindeksiä käytettiin apuna valinnassa
	LA_{30} Kuulamylly 19	Litteysluku FI_{30}	Tielaitos (1995)	LA-testi PANK 2201 Kuulamyllykoe PANK 2208
	Päällysrakenneluokat 1-2: LA_{30}, kuulamylly 14 Muut päällysrakenneluokat: LA_{35} ja kuulamylly 17	FI_{20} ja FI_{25}	Tielaitos (1994)	Vaatimusluokat poikkeavat samaan aikaan julkaistusta murskaustyöohjeesta
	LA_{30} Kuulamylly A_N19	Litteysluku FI_{30}	Tielaitos (1999b)	Kaikki menetelmät SFS-EN standardien mukaisia
2000-luku	LA_{30}	Litteysluku FI_{50}	Rakennustieto (2006 & 2010)	Rapautumattomuus osoitettava (vedenimeytyminen, petrografia tai jäädytys-sulatuskoe)

Yhteenveto

- Kiviaineksen laatuvaatimusten lähtökohtana on aina rakenteen toiminta – rakenteen pitää toimia oikein käyttöikänsä ajan
- Kiviaines on heterogeeninen luonnonmateriaali, jonka ominaisuuksiin vaikuttavat kiven koostumus ja rakenne, tuotantoprosessi ja muu käsittely
- Kiviaineksen laatu osoitetaan standardoiduilla menetelmillä, joilla mitataan joko raaka-aineen tai tuotteen ominaisuuksia kuten petrografisia ominaisuuksia, rakeisuutta, hienontumista, pitkäaikaiskestävyyttä…
- Kiviaineksen käyttökohde määrittelee sen, mitä ominaisuuksia pitää testata