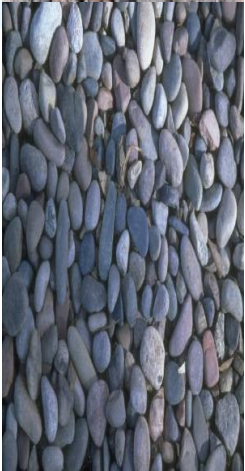


Kivi- ja maa-aineksen ominaisuuksien määrittäminen ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin

Pirjo Kuula-Väisänen
TTY/Maa- ja pohjarakenteet



Esityksen sisältö



Määritelmiä

Kiviaineksen ominaisuuksien
määrittäminen

Kiviaineksen soveltuvuuden
määrittäminen

Kiviaineksen CE-merkintä

Yhteenveto



Määritelmiä

Kiviaines on rakentamisessa käytettävä rakeinen materiaali.

Kiviaines voi olla

- **luonnon kiviainesta**
- **keinokiviainesta (esim. masuunikuona)**
- **uusiokiviainesta (esim. betoni- tai tiilimurske).**

Luonnon kiviaines

Kalliomurske, sora, soramurske, hiekka, filleri(kiviaines)

Maa-aines?





1. Rakennuspaikan perusmaa.

2. Kantavaa mursketta tai Kapillaarikatkokiviainesta olosuhteiden mukaisesti.

3. Karkeatäytettä, välpättyä karkeatäytettä tai hienotäytettä, valinta kerrospaksuuden mukaan. Seulottua hienotäytettä viemäri- ja vesi-johtoputkien suojatäyttöihin.

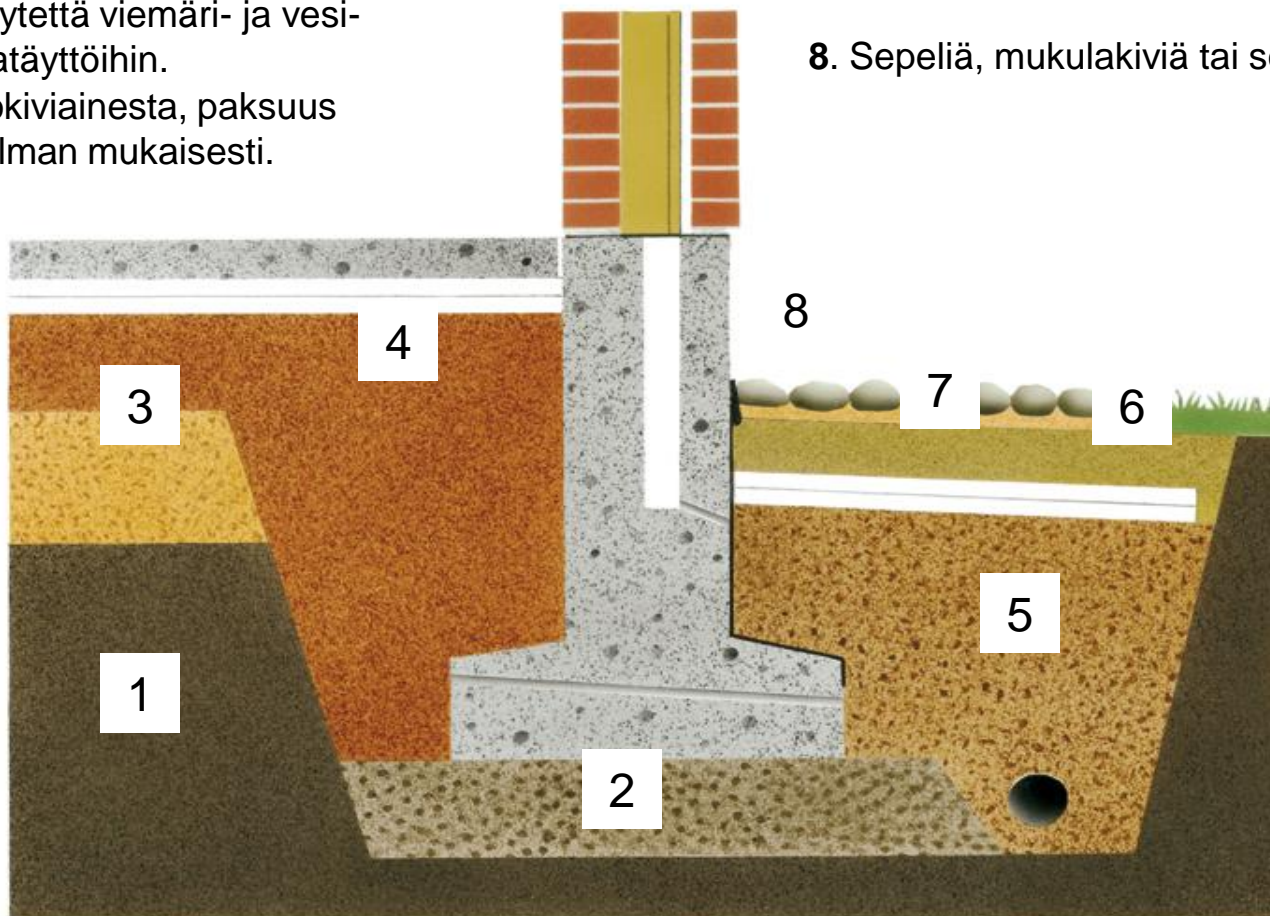
4. Kapillaarikatkokiviainesta, paksuus kuivatussuunnitelman mukaisesti.

5. Salaojasoraa RIL II tai sepeliä 5...8/16 mm.

6. Hienotäytettä.

7. Kivituhkaa tai seulottua soraa alustan tasaukseen.

8. Sepeliä, mukulakiviä tai someroa.



Kiviaineksen käyttökohteet ja kiviainekselle asetetut vaatimukset

- Kiviaineksen laatuvaatimukset on esitetty joko ohjejulkaisuissa, standardeissa tai urakka-asiakirjoissa.
- Suomen tärkeimmät ohjejulkaisut ovat: InfraRYL, MaaRYL, Betonin kiviainesohjeet BY43, Asfalttinormit ja eurooppalaisten kiviaineksen tuotestandardien kansalliset soveltamisstandardit



”Kiviaineksen lujuus (kuulamylyarvo) on Asfalttinormien 2008 mukainen”

Kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyys määritetään menetelmällä SFS-EN 1097-9 (pohjoismainen kuulamylyarvo) Suomessa käytetään taulukon 12 mukaisia luokkia, poikkeustapauksissa voidaan käyttää luokkaa A_N30 . Kiviaineksen luokka valitaan siten, että myös asfalttimassan kulumis-kestävyysvaatimukset täyttyvät.

Taulukko 12. Nastarengaskulutuskestävyyden luokat

Luokka	Kuulamylyarvo
A_N7	≤ 7
A_N10	≤ 10
A_N14	≤ 14
A_N19	≤ 19

Kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyyden luokka on A_N14 .



Tärkeimmät kiviaineksen ominaisuudet käyttökohteen kannalta yleisellä tasolla

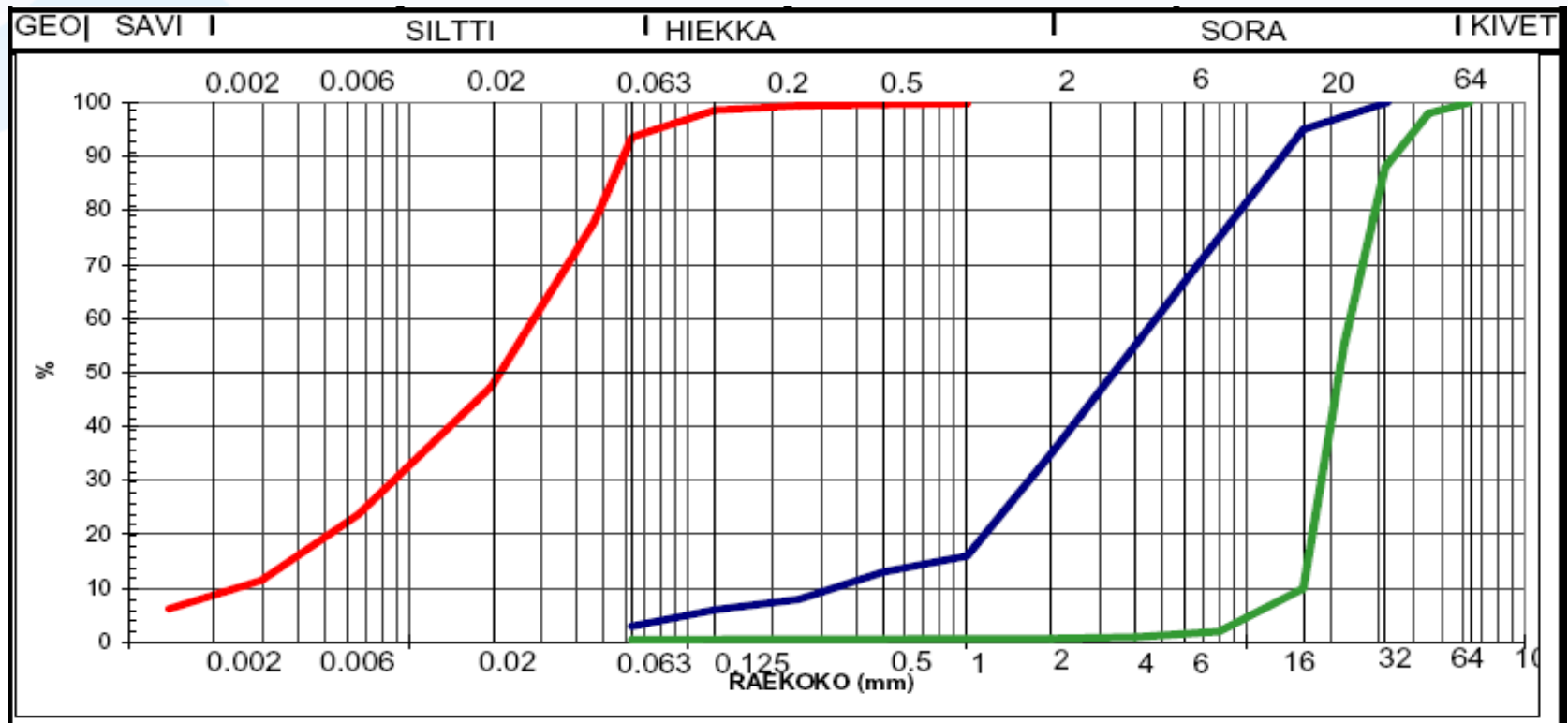
- **Raekokojakautuma** (vaikuttaa esim. tiivistettävyyteen, routivuuteen, kapillaarisuuteen)
- Rakeiden muoto
- Kiviaineksen iskunkestävyys
- Kiviaineksen kulutuskestävyys
- Rapautuvuus (esim. jäädytys-sulatuskestävyys)
- Mahdolliset käyttökohteen kannalta haitalliset aineet (esim. sulfidit, rautasaostumat, radioaktiivisuus, asbesti jne.)
- Testausmenetelminä käytetään SFS-EN standardeja tai muita kansallisesti hyväksytyjä menetelmiä kuten PANK-menetelmät tai Geotekniset laboratorio-ohjeet (GLO)





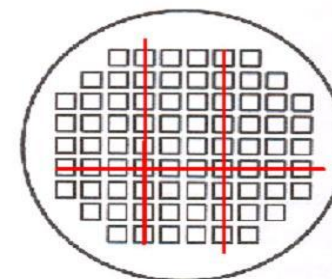
Raekokojakautuma

Ilmoitetaan kumulatiivisena rakeisuuskäyränä, joka määritetään seulontamenetelmällä (SFS-EN 933-1).
Ensisijaisesti aina pesuseulonnan tulos.



Seulontamenetelmä

Seula (mm)
63
31,5
16
8
4
2
1
0,5
0,25
0,125
0,063

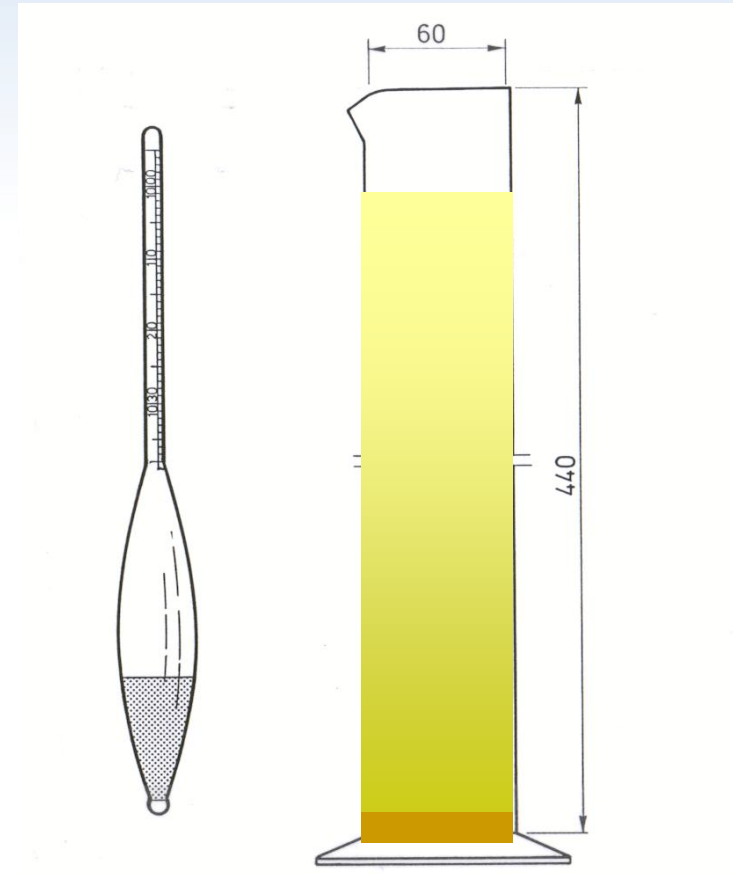


Hienorakeiset materiaalit:siltit, savet, fillerit ja moreenit (< 2 mm aines)

Rakeisuuden määrittämisessä on käytettävä seulonnan lisäksi (seulontaa ei aina edes tarvita) muita menetelmiä Suomessa maalajien luokittelu perustuu sedimentaatio-menetelmällä määritettyyn raekokojakautumaan

Areometri (=hydrometri) menetelmä

Periaatteessa mitataan nesteeseen sekoitetun hienorakeisen materiaalin uppoamista ajan funktiona: uppoamisnopeus on verrannollinen rakeen kokoon



Kiviainestuotteet/lajitteet

- Kiviaineksen raekoko ilmoitetaan aina alemman (d) ja ylemmän (D) **seulakoon** mukaisella merkinnällä esimerkiksi 6/16 mm tai 0/8 mm
- Karkea kiviaines 6/16 mm, 8/12 mm, 16/20 mm
- Raidesepeli yleensä 32/63 mm
- Hieno kiviaines 1/4 mm, 2/4 mm, 0/1 mm, 0/2 mm
- Koostekiviaines 0/16 mm, 0/32 mm, 0/45 mm
- Luonnon lajittama kiviaines (yleensä sora 0/8 tai 0/16 mm)
- Fillerikiviaines (suurin osa < 0,063 mm)



Minkä kokoisia rakeet ovat?



10 mm



Raemuoto- muotoarvo

Muotoarvo (Shape index, SI, SFS-EN 933-4)

- Mitataan sadan kiviainesrakeen lyhimmän ja pisimmän akselin mitta, lasketaan suhdeluku pisin/lyhin. Lasketaan niiden rakeiden osuus, joilla suhdeluku > 3 koko näytteen massasta prosentteina. Tuloksena siis ilmoitetaan pitkulaisten rakeiden osuus.
- Käytetään Suomessa vain raidesepelin laatuvaatimuksena, luokka SI_{20}



Raemuoto - Litteysluku

Litteysluku (Flakiness index, FI, SFS-EN 933-4)

- Kuvaa litteiden rakeiden osuutta kiviaineksesta
- Mitataan nk. välppäseuloilla
- Tuloksena ilmoitetaan litteiden rakeiden osuus prosentteina näytteen massasta
- Tärkeä ominaisuus asfaltin kiviaineksissa



Iskunkestävyys

- Mitataan Los Angeles-testillä (SFS-EN 1097-2)
- Mitataan 10/14 mm kiviaineslajitteen hienontumista myllyssä, jossa on 5 kg kiviainesta ja 11 kuulaa.
- Raideseppelin testilajite on 32/50 mm
- Kokeen tulos LA on pienemmäksi kuin 1,6 mm hienontuneen kiviaineksen määrä koko näytteen massasta, ilmoitetaan kokonaislukuna



Nastarengaskulutuskestävyys (SFS-EN 1097-9)



- Mitataan pohjoismaisella kuulamylymenetelmällä kiviaineslajitteesta 11,2/16 mm
- Kokeessa 1 kg kiviainesta, 7 kg teräskuulia ja 2 l vettä pyöritetään sylinterin muotoisessa myllyssä 5400 kierrosta
- Kokeen tulos A_N on hienommaksi kuin 2 mm hienontuneen kiviaineksen määrä, joka lasketaan prosentteina näytteen kokonaismassasta, tulos ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella

Kulutuskestävyys

Mitataan micro-Deval testillä (SFS-EN 1097-1)

Testi tehdään 10/14 mm lajitteesta

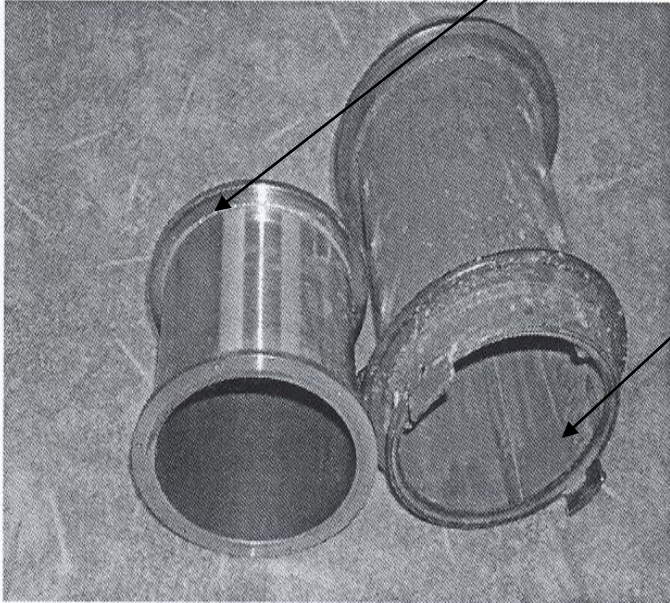
Testirummussa pyöritetään 500 g kiviainesta, 5 kg teräskuulia ja 2,5 l vettä 12 000 kierrosta

Kokeen tulos M_{DE} on pienemmäksi kuin 1,6 mm jauhautuneen aineksen osuus testinäytteen massasta

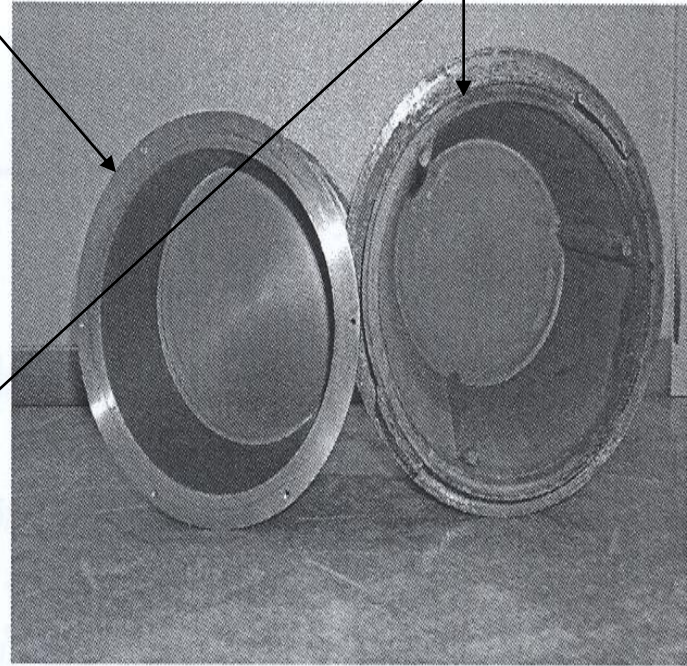
Micro-Deval testiä käytetään Suomessa vain raideseppelin testaamiseen (lajite 32/50 mm).



Micro-Deval rumpu



Kuulamylyrumpu



Eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet 1

Betonikiviaines

- **Rakeisuus**
- Raemuoto (jos käytetään murskattua kiviainesta)
- **Puhtaus** (aineet, jotka esim. hidastavat betonin reaktioita, *humuspitoisuus*, haitalliset mineraalit kuten sulfidit)
- Iskunkestävyys ja nastarengaskulutuskestävyys vain sellaisissa käyttökohteissa, joissa esiintyy kyseistä rasiitusta
- **Kiintotiheys ja vedenimeytyminen**
- Rapautumattomuus
- **Radioaktiivisuus** alueilla, joissa maaperässä on todettu kohonnut radioaktiivisuus
- Vaatimukset esitetty Betoniyhdistyksen julkaisussa BY43

Talonrakentamisen muut kiviainekset

- **Rakeisuus, hienoaineksen määrä erityisesti kapillaarikatko-kiviaineksessa**
- **Vedenimeytymiskorkeus**



Humuspitoisuus (SFS-EN 1744-1)

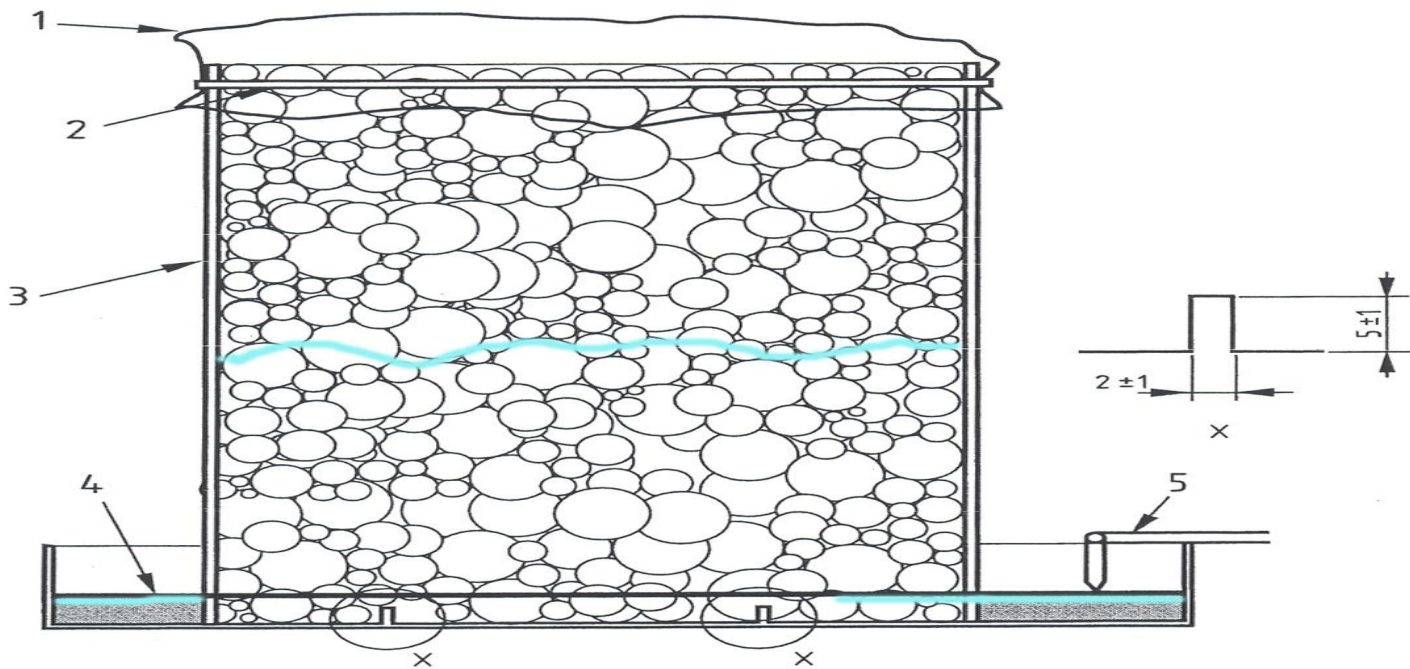


- Kiviaines < 4 mm
- 80 mm kerros kiviainesta
- Testiliuos 3 % NaOH siten, että yhteensä korkeus n. 120 mm
- Tulos 24 h kuluttua
- Negatiivinen tulos = liuos vaaleampi kuin vertailuliuos
- Positiivinen tulos = liuos tummempi kuin vertailuliuos



Vedenimeytymiskorkeuden määrittäminen SFS-EN 1097-10

- Vedenimeytymiskorkeus on se taso, johon vesi nousee kiviaineksessa, joka on suorassa kosketuksessa veden kanssa



Esimerkkejä vedenimeytymiskorkeudesta

Materiaali	Vedenimeytymiskorkeus (mm)
KaM 16/32	320
KaM 8/16	230
Sr 5/16	200
KaM 6/16	400

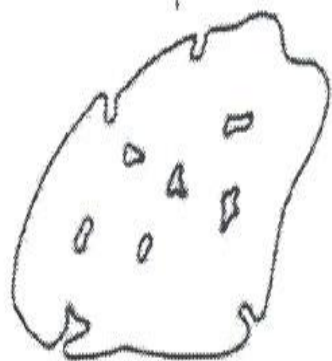


Absorboitunut kosteus

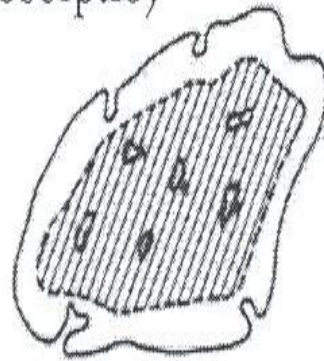
Vapaa vesi

(Absorptio)

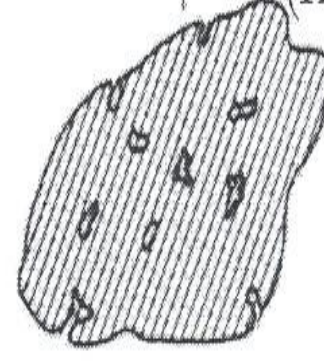
(Kosteuspitoisuus)



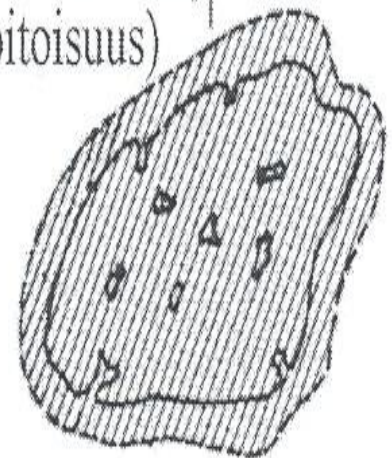
Uunikuiva



Ilmakuiva



Kyllästetty ja
pintakuiva



Kostea



Vesipitoisuuden ja vedenimeytymisen merkitys betonin valmistuksessa?

- Mitä enemmän kiviainekseen imeytyy vettä sitä jäykempää betonia saadaan samalla vesimäärällä:
- Esimerkki
 - Normaali kiviaines: vedenimeytyminen 0,3 %
 - Jonkin verran rapautunut: kiviaines, vedenimukyky 1 %
 - Betonissa kiviainesta 1750 kg/m^3
 - Saman työstettävyyden saavuttamiseksi kiviaines, jonka vedenimeytyminen on 1 % vaatii 12 l/m^3 enemmän vettä verrattuna kiviainekseen, jonka vedenimeytyminen on 0,3 %.



Eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet 2

Sitomattomat ja hydraulisesti sidotut rakennekerrokset tie- ja katurakenteissa

- **Rakeisuus, hienoaineksen määrä**
- Raemuoto (tiivistettävyys)
- **Iskunkestävyys (hienontuminen, Los Angeles-luku, raja-arvo 30 lajitteesta 10/14 mm tehdylle testille)**
- Puhtaus (hydraulisesti sidotut)
- Rapautumattomuus (veden imeytyminen)
- Vaatimukset InfraRYL



Eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet 3

Asfaltin kiviainekset

- **Rakeisuus**
- **Raemuoto**
- **Nastarengaskulutuskestävyys (Kuulamyllyarvo)**
- Puhtaus (tartuntaa heikentävät tai rapautumisherkät mineraalit)
- Rapautumattomuus (veden imeytyminen, jäädytys-sulatuskestävyys)
- Kiviaineksen ja bitumin välinen tartunta
- Vaatimukset esitetty PANK ry:n julkaisemassa Asfalttinormeissa (2008)



Taulukko 8. Kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyysluokan (kuulamyly) alustavia valintaperusteita liikennemäärän perusteella

Nopeusrajoitus (km/h)	Liikennemäärä *)			
	KVL (autoa/vrk)			
>60	500-2000	2000-5000	5000-10000	> 10000**)
≤ 60	500-3000	3000-7500	7500-15000	> 15000**)
Asfalttityyppi	Kiviaineksen kuulamylyarvon vähimmäisluokka			
AB, SMA, VA	A _N 19	A _N 14	A _N 10	A _N 7
ABK, ABS	A _N 19	A _N 19	A _N 19	A _N 19
PAB	A _N 19	-	-	-
SIP	A _N 19	A _N 14	-	-
SOP	A _N 19	-	-	-

Taulukko 9. Kiviaineksen litteyslukualueen alustavia valintaperusteita liikennemäärän perusteella.

Nopeusrajoitus	Liikennemäärä *)			
(km/h)	KVL (autoa/vrk)			
>60	500-2000	2000-5000	5000-10000	> 10000**)
≤ 60	500-3000	3000-7500	7500-15000	> 15000**)
Asfalttityyppi	Kiviaineksen litteysluvun vähimmäisluokka			
AB, SMA, VA	FI ₃₅	FI ₂₀	FI ₁₅	FI ₁₀
ABK,ABS	FI ₃₅	FI ₃₅	FI ₃₅	FI ₃₅
PAB	FI ₃₅	-	-	-
SIP	FI ₂₀	FI ₂₀	-	-
SOP	FI ₂₀	-	-	-

***) Kiviaineksen valinnan ratkaisee valittu asfaltin kulumisluokka.

Ratarakenteet



Taulukko 1. Tukikerroksen kestoikä betoniratapölkkyraiteessa tukikerrokseen kohdistuvana kumulatiivisena liikennemääränä (miljoonaa bruttotonnia, Mbrt) raideseppelin iskunkestävyyden (Los Angeles- luokan) suhteen.

Raideseppelin Los Angeles-luokka	Kestoikä Mbrt
L _{ARB} 12	350
L _{ARB} 16	250
L _{ARB} 20	150

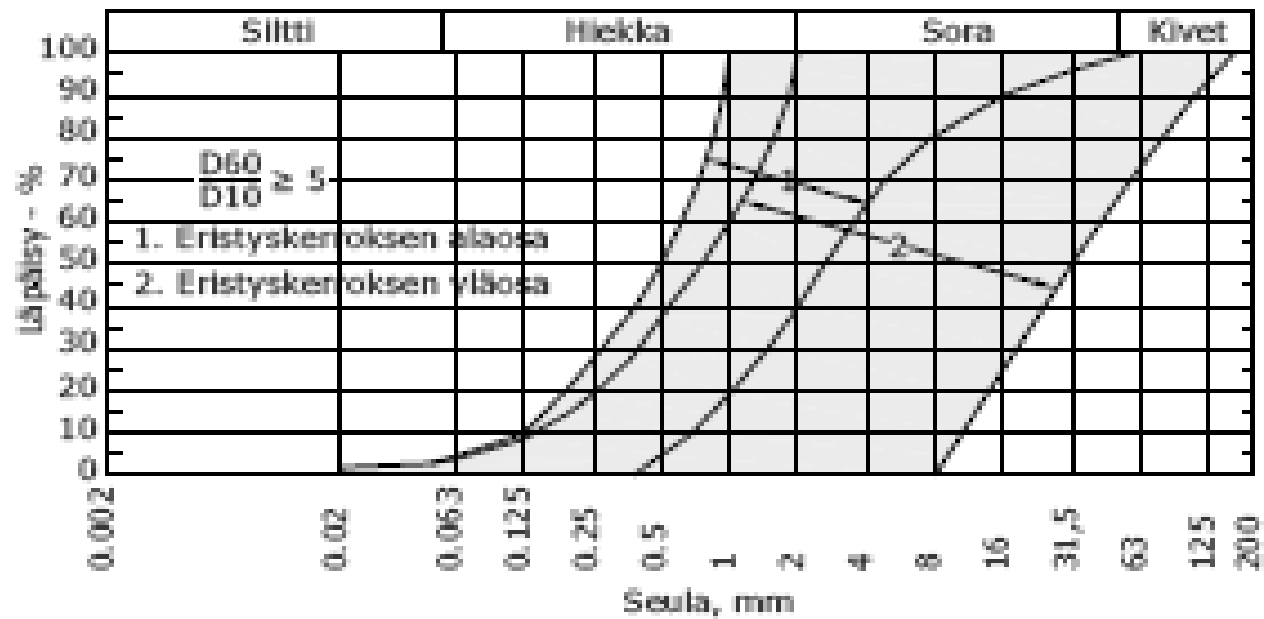
Raideseppelin valinta rataosan liikennemäärän perusteella

Raideseppelin Los Angeles-luokka	Vuotuinen liikennemäärä
L _{ARB} 12	≥ 9 Mbrt
L _{ARB} 16	> 3 ja < 9 Mbrt
L _{ARB} 20	≤ 3 Mbrt

Eristyskerros hiekka ja sora

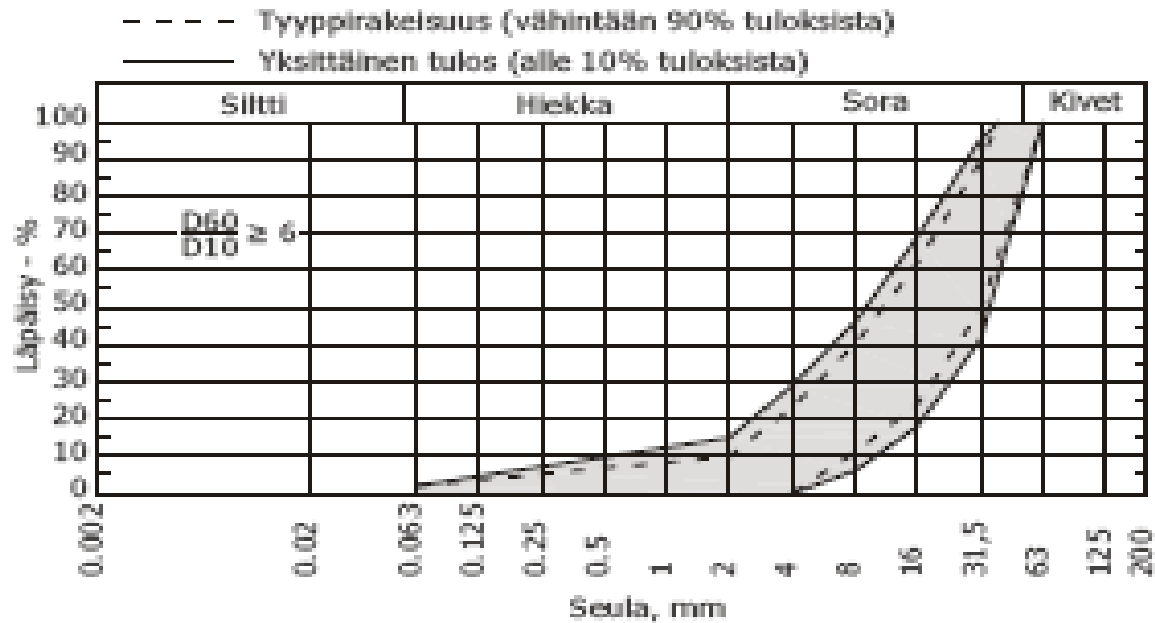
Routimaton hiekka tai sora

Ei saa sisältää orgaanista aineista tai muita epäpuhtauksia



Eristyskerros kalliomurske

Hienoaineksen määrä ei saa olla $> 2\%$, luokka f2
Laadunvalvontatuloksista 90 % on oltava tyyppirakeisuuden sallitulla vaihteluvälillä, myös 90 % raekokosuhteista on oltava ≥ 6 .
Kiviaines ei saa sisältää epäpuhtauksia



Taulukko 21220:T1. Eristys- ja välikerrosten kiviainesten lujuusvaatimukset.

	Los Angeles luokka ¹⁾		micro-Deval luokka ²⁾
	Vaatimus	Edellyttää erityisperusteita	Vaatimus
Tason Kv-1500 mm yläpuolella	LA ₂₅	LA ₃₀	MD ₁₅
Tason Kv-1500 mm alapuolella	LA ₃₀	LA ₃₅	MD ₂₀

¹⁾ Määritellään standardin *SFS-EN 1097-2* mukaisesti

²⁾ Määritellään standardin *SFS-EN 1097-1* mukaisesti

Jäätymis-sulamiskestävyyttä ja routimisherkkyyttä indikoivan vedenimeytymisen enimmäismäärä eristys- ja välikerrosten kalliomurskeilla on standardin *SFS-EN 1097-6 luvun 8* mukaisesti lajitteesta 4/31.5 mm määritettynä 0.5 % (luokka WA₂₄0.5).



Rakenteelliset ja hydrauliset ominaisuudet

Kiviainesten perusominaisuuksien lisäksi on usein tarvetta määrittää erilaisia käyttökohteita varten nk. rakenteellisia/fysikaalisia ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi

Vedenläpäisevyys

Kapillaarisuus (vedenimeytymiskorkeus)

Optimivesipitoisuus ja maksimi kuivatilavuuspaino (Proctor-koe)

Routivuus

Dielektrisyys (TS-testi)

Rakenteen tiiveys ja kantavuus (rakentamisen aikana)

Suurimmalle osalle edellä mainituista menetelmistä on olemassa joko standardi tai kansallinen ohje.



Miten voidaan osoittaa/todeta, että kiviaines soveltuu aiottuun käyttötarkoitukseen?

Maa- tai kiviainesalueen ennakkotutkimukset – suuntaa antavat tulokset lujuus, petrografia yms.

Ennako tutkimuksissa on huomioitava alueen sisällä mahdollisesti esiintyvät vaihtelu – geologia

Alkutestauksella osoitetaan kelpoisuus aiottuun käyttötarkoitukseen

Osa testeistä voidaan tehdä vasta lopullisesta tuotteesta - raidesepeleli

Varsinainen tuotteen testaus ja laadunvalvonta tehdään tuotannon aikana



Rakennustuotteiden CE-merkintä

- Euroopan komission rakennustuotedirektiivin (89/106/ETY) tavoitteena on poistaa toisistaan poikkeavien kansallisten vaatimusten muodostamat esteet rakennustuotteiden liikkuvuudelle ja muodostaa Euroopan talousalueen kattavat avoimet rakennustuotemarkkinat.
- Direktiivin soveltamisalaan kuuluvat **kaikki rakennustuotteet**, jotka valmistetaan käytettäväksi pysyvinä osina rakennuskohteissa.
- CE-merkintä on **vaatimustenmukaisuusmerkintä**. Rakennustuotteessa merkintä osoittaa tuotteen täyttävän rakennustuotedirektiiviin perustuvat vaatimukset, ja olevan siten myyntikelpoinen kaikissa Euroopan talousalueen maissa.
- CE-merkinnän edellytyksenä on, että kyseiselle tuotteelle on voimassa **eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi**, tai että tuotteelle on myönnetty eurooppalainen tekninen hyväksyntä.



Kiviaineksen harmonisoidut tuotestandardit

- Kiviainekselle asetetut olennaiset vaatimukset ovat mekaaninen lujuus ja vakavuus, hygienia, terveys ja ympäristö sekä käyttöturvallisuus
- Kiviaineksen tuotestandardit on laadittu täyttämään olennaiset vaatimukset
- Kiviaineksen EN-standardit (2004):
 - SFS-EN 12620** **Betonikiviainekset**
 - SFS-EN 13043** **Kiviainekset teiden, lentokenttien ja muiden liikennöityjen alueiden asfalttimassoihin ja pintauksiin**
 - SFS-EN 13055-1** **Kevytkiviainekset - Osa 1: Betonin, laastin ja juotoslaastin kevytkiviainekset**
 - SFS-EN 13055-2** **Kevytkiviainekset - Osa 2: Kevytkiviainekset asfalttimassoihin ja pintauksiin sekä sitomattomiin ja sidottuihin käyttötarkoituksiin**
 - SFS-EN 13139** **Laastikiviainekset**
 - SFS-EN 13242** **Kiviainekset sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin maa- ja vesirakentamisessa sekä tierakenteissa**
 - SFS-EN 13450** **Raidesepelikiviainekset**
 - SFS-EN 13383-1** **Suojakivet - Osa 1: Vaatimukset**
 - SFS-EN 13383-2** **Suojakivet - Osa 2: Testausmenetelmät**

Uudet versiot tulossa todennäköisesti vuonna 2011



Kiviaineksen CE-merkki

 0000	
Kiviaines Oy, Louhostie 5, 44444 KIVI 05 0000-CPD-0000	
EN 13043, Kiviainekset asfalttimassoissa Kauppanimi: KallioM, Hervanta 8/16 Kalliokiviaines	
Raekoko	8/16
Rakeisuus	G _C 90/10 11,2 mm – 65 % G _{25/15}
Raemuoto	FI ₁₀
Kiintotiheys	2,65...2,70 Mg/m ³
Vedenimeytyminen	< 0,4 %
Murtopintaisten rakeiden osuus	C _{100/0}
Nastarengaskulutuskestävyys	A _N 10
Koostumus	Hienorakeinen graniitti Ei sisällä sulfidimineraaleja
Jäädytys-sulatuskestävyys	Hyväksytty, WA ₂₄ 1

Mitä merkintä tarkoittaa?

*Ilmoitetun laitoksen tunnusnumero
Kiviaineksen valmistaja
Vuosi, jolloin CE-merkintä kiinnitetty
Vaatimuksenmukaisuustodistuksen
numero
Noudatettava standardi*

*Raekoon ylä- ja alaraja
Rakeisuusluokka, ylä- ja alarajan läpäsyyprosentin raja-arvo
Väliseulan läpäsyyprosentti ja sen poikkeamaluokka*

*Litteysluvun luokka, maksimiarvo 10
Kiintotiheyden vaihteluväli
Vedenimeytymisen ilmoitettu arvo
Kalliomurske kuuluu aina luokkaan C_{100/0}
Nastarengaskulutuskestävyyden luokka, tuloksen maksimiarvo 10*

Vedenimeytymisen luokka, koska vedenimeytyminen < 1 %, tuote on jäädytys-sulatuskestävää

Tuotteesta erillisessä dokumentissa ilmoitettavat lisätiedot

Hienoaineksen määrä	f _{0,5}
---------------------	------------------



CE-merkinnän ohjeistus Suomessa

- CE-merkintä on aina kiviaineksen ja luonnonkivituotteen valmistajan/myyjän vastuulla
- Eurooppalaisille standardeille on laadittu kansalliset soveltamisstandardit (SFS 7003-7007)
- Kiviaineksen tuotannonaikaisesta laadunvalvonnasta on laadittu opas kiviaineksen tuottajille (www.infrary.fi)
- Kaikissa kansallisissa kiviainesohjeissa noudatetaan standardien vaatimuksia
- CE-merkittyjä kiviaineita on markkinoilla
- Rakennustuotedirektiivin muuttuessa asetukseksi – CE-merkintä tulee pakolliseksi kaikille sellaisille rakennustuotteille, joille on olemassa harmonisoitu tuotestandardi



Yhteenveto

Kiviaineksen ja maa-aineksen määritelmät – kiviaines on kuitenkin päätermi rakentamisessa käytettävälle materiaalille.

Kiviaineksen laatuvaatimuksia on esitetty useissa eri ohjejulkaisuissa – vaatimukset on asetettava yksityiskohtaisesti.

Kiviaineksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat raekokojakautuma, rakeiden muoto, iskun ja kulutuksen kestävyys sekä mahdolliset käyttökohteen kannalta haitalliset aineet.

Rakennettaessa tarvitaan usein lisäksi muita testejä, jotka liittyvät rakenteen toiminnallisten ominaisuuksien ennakointiin.

Eri käyttökohteissa kiviainekselta vaaditaan erilaisia rakenteen tai lopputuotteen kuormitukseen, ympäristörasitukseen tai toimintaan liittyviä ominaisuuksia.

Kiviainestuotteiden CE-merkintä tulee olemaan muutaman vuoden kuluttua pakollista kaikille niille kiviaineksille, joille on olemassa harmonisoitu eurooppalainen tuotestandardi.

