

14.15 – 14.45

Possibilities to use recycled aggregates in road construction works, examples from Estonia

Ott Talvik, Tallinn University of Technology

14.45 – 15.05

Utilization of by-products of limestone industry in road construction

Sven Sillamäe, TTK University of Applied Sciences

15.05 – 15.30

Overview of the research on use of oil-shale mining waste and oil shale combustion ash

Marek Truu, Technical Centre of Estonian Roads





Lubjakivi tööstuse kõrvalsaaduste kasutamine teedehituses

Sven Sillamäe

Tallinna Tehnikakõrgkool

Projekti eesmärgid

- Mõnesmõttes initsieeris projektiga alustama 2010 Tallinna Kommunaalameti poolt tellitud esimene „paekiviliiva“ uuring;
- Enne seda oli tehtud Ramboll Eesti AS poolt „paekiviliiva“ kasutusvõimaluste uuring teede drenkihtides;
 - drenkihiks see ei sobinud, kuid arvasime, et muldkehadesse küll;
 - kasutuskohaks 70cm sügavusele teekatte pinnast.
- Uuringud Maanteeametit ei „rahustanud“; jätkati vahelduva eduga.

- Hinnati, et paekivisõelmeid on Eestis ca 10 milj. tonni ja põlevkiviaherainet ca 140 milj tonni;
- Samal ajal ehitatakse väga suuri infraprojekte ning kasutatakse kruus- ja liivpinnaseid, mille varud järjest ammenduvad, kuid paekivisõelmeid ja põlevkiviaherainet tekib aina juurde;
 - See ei ole õige... 😊

Arengukavad

Eesti keskkonnastrateegia aastani 2030:

- Eesmärk: "Maavarade keskkonnasõbralik kaevandamine, mis säästab vett, maastikke ja õhku, ning maapõueressursi efektiivne kasutamine minimaalsete kadude ja minimaalsete jäätmetega.
- VISIOON (väljavõte): "Ressursse kasutatakse palju efektiivsemalt, seda soodustab loodussõbralike tehnoloogiate kasutamine. Tootmise energia ja materjalimahukus on suhteliselt väike ning jäätmeid tekib minimaalselt. Tootmise areng toimub materjalide taaskasutamise, mitte loodusressursside kasutamise laienemise arvel. Eelistatud on kohalikud tooted ning kohalike taastuvate ressursside kasutamine.,,"
- 5.1.3. Maavarad. Eesmärk: „Maavarade keskkonnasõbralik kaevandamine, mis säästab vett, maastikke ja õhku, ning maapõueressursi efektiivne kasutamine minimaalsete kadude ja minimaalsete jäätmetega. /.../ Ressursi efektiivne kasutamine tähendab kaevandamisväärse maavara võimalikult täielikku väljamist ning kaasnevate maavarade ärakasutamist.“

Ehitusmaavarade kasutamise riiklik arengukava 2011-2020:

- 3.7. Alternatiivsed ehitusmaterjalid ehitusmaavaradele /.../ on nüüdisajal ehitusmaavarade tarbimisel oluliseks valdkonnaks materjalide taaskasutamine, jäätmete ja jääkide töötlemine ning kasutuselevõtt. Alternatiivsete ehitusmaterjalide ulatuslikum kasutamine pikendab taastumatute loodusressursside jätkusuutlikku kasutamist ja vähendab kaevandamisest tingitud keskkonnamõju.
- 3.7.1. Põlevkivi aheraine ja rikastusjätmed: „Kasvav nõudlus killustiku ja täitematerjali järele tingib vajaduse kasutada killustiku valmistamiseks ka põlevkivi rikastusjääke, mis maavara maksimaalse kasutamise seisukohast on igati mõistlik. /.../ Tuleb lähemalt vaadelda ka aherainekillustiku kasutamise võimalusi betooni tootmisel ja teedehituses.“
- 3.7.3. Paesõelmed: „Seni on neid sõelmeid kasutatud karjääride korrastamiseks, täitematerjaliks ja põldude lupjamiseks, kuid sellest hoolimata on aastate jooksul enamikus karjääridest kuhjunud suured sõelmete puistangud. /.../ **Kui järgnevad katsetused annavad häid tulemusi, on paekiviliiva arvel võimalik vähendada liiva kasutamist teedehituses.**“

Projekti plaanid

- Eesmärk oli kaardistada tekkivad jääkmaterjalid:
 - kus need on;
 - palju neid on;
 - missugused need on (eelkõige pikaajaline vastupidavus);
 - mis nendega teha saaks.
- Eesmärgiks oli koostada praktiline käsiraamat, mis annaks ülevaate ja konkreetsed kasutusjuhendid kaevandamise jääkmaterjalide kasutamiseks teede- ehituses.

Projekti käik ja meeskond

Aat Sarv ja prof Rein Einasto (karjäärade kaardistamine statistilises ja geoloogilises mõttes):

- Põhjalik ülevaade karjäärdest;
- Mahud;
- Tegevused;
- Ettepanekud.

Karel Saar:

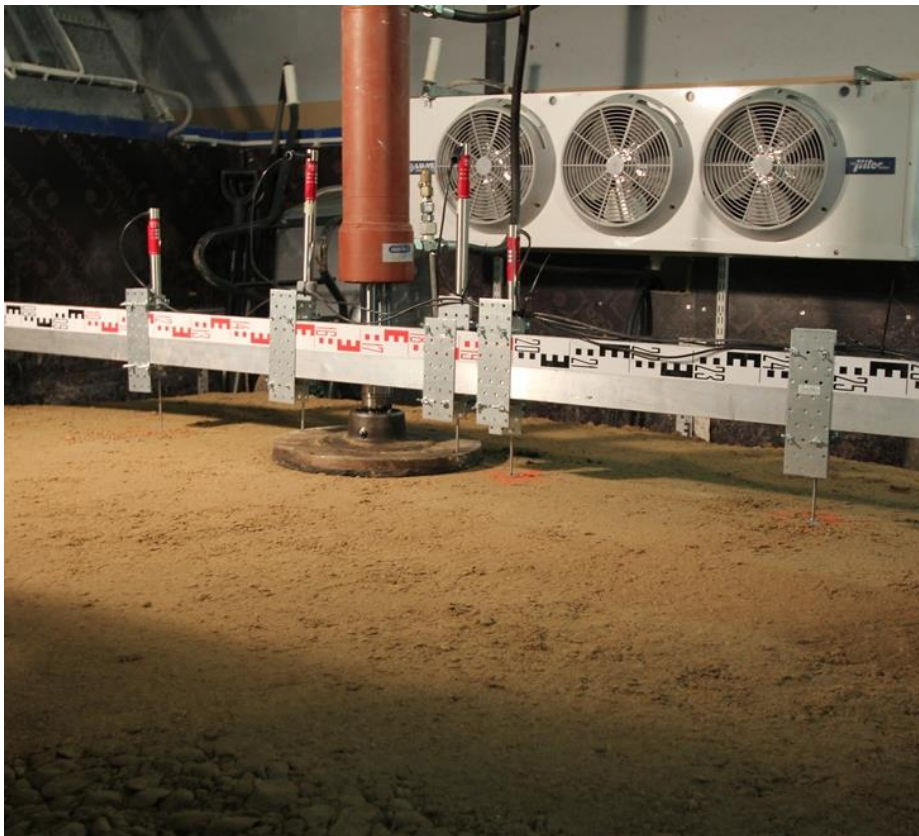
- Paekivisõelmeid sisaldavad objektid;
- Karjäärade pesemisseadmed;

Sven Sillamäe ja Margus Vaino + TTK tudengid:

- Täismõõdulised katsed TTK teekonstruktsioonide laboris;
- Kirjanduse ja tehtud uuringute ülevaade – saadaolevad paekivisõelmete uuringud; MNT juhised, uuringud; RMK kogemused ja uuringud;
- Intervjuud

Uuringud Tartu Ülikoolis (mineroloogia), Tehnikeskuses (külmakindlus, tihendamise), Keskkonnauuringute keskus (terastikulised koostised jm), Aalto ülikool (materjalide sobivus Soome tingimustesse).

TTK labor





Kaevandamise jääkmaterjalide kasutusvõimaluste uuring

Mai 2014



Toetab Keskkonnainvesteeringute Keskus

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1 PAEKARJÄÄRID JA EHITUSKILLUSTIKU TOOTMINE EESTIS, GEOLOOGILINE ÜLEVAADE	6
1.2 Teedeehituslike maavarade kaevandamine ja ruumiline paiknemine Eesti regioonides.....	9
1.3 Metoodika.....	19
1.3.1 Käsitlusviisi põhjendus.....	19
1.3.2 Valim (projekti käsitletud karjäärid).....	20
1.3.3 Kogutud materjal, välitööd.....	23
1.4 Tulemused.....	25
1.4.1 Eesti geoloogilisest ehitusest tulenev ehituskivi kvalitatiivne jaotumus regiooniti.....	25
1.4.2 Karjääride stratigraafiline asend (geoloogilise vanuse alusel).....	27
1.4.3 Jäätmemajanduse potentsiaal jäätmelubade alusel.....	30
1.4.4 Paekivisõelmete ligikaudsed mahud karjäärides.....	33
2 OLEMASOLEVATE UURINGUTE ÜLEVAADE PAEKIVISÕELMETE KASUTUSVÕIMALUSTEST	37
3 PAEKIVISÕELMETE KASUTAMINE MINEVIKUS.....	43
4 PAEKIVISÕELMETE LABORATOORSED UURINGUD.....	51
4.1 Mineroloogiline koostis.....	51
4.2 Sõelmete laboratoorsed katsetulemused.....	56
4.2.1 Külmakerkekatsed.....	73
4.3 Katsetus Tallinna Tehnikakõrgkooli teekonstruktsioonide laboratooriumis.....	74
5 PÕLEVKIVIAHERAINE JA MUUD KARJÄÄRIMATERJALID.....	78
6 KARJÄÄRIMATERJALIDE PESUSEADMED JA PESEMINA.....	83
KOKKUVÕTE	92
LISA 1 Karjääride nimistu.....	95
L1.1 Analema.....	95
L1.3 Harku.....	101

L1.4 Kurevere.....	105
L1.5 Kogula.....	109
L1.6 Marinova.....	114
L1.7 Reinu.....	116
L1.8 Rõstla.....	120
L1.9 Tarva.....	123
L1.10 Ubja.....	128
L1.11 Vao.....	130
LISA 2 Paekivikarjäärid Eestis, nende aktiivne tarbevanu ja viie aasta kekmised tootmismahud.....	134
LISA 3 Paekivisõelmetega sooritatud katsed Tallinna Tehnikakõrgkooli teekonstruktsioonide laboratooriumis.....	136

Kokkuvõte

- Paekivisõelmeid on täna karjäärides **ca 10 mln m³** (ainuüksi Vao karjäär on hinnanguliselt 4 mln m³);
- Sõelmete keskmine osakaal killustiku tootmisest moodustab vahemiku 20 – 30%. Hinnanguliselt tekib paekivisõelmeid juurde 440 - 660 tuh m³/a;
- Sõelmeid kasutatakse põldudele lupjamiseks, sidumata segudesse killustikaluste ehitamisel, kruusa ja liiva hulka, tehnoloogilise toormena jne;
- Allesjäävate sõelmete hulk sõltub karjääri asukohast. Väga ligikaudse hinnangu kohaselt on kolme viimase aasta sõelmeid kokku karjäärides **ca 1 - 1,5 milj m³**.

Paekivisõelmete kasutamine

- Pesemata sõelmed:
 - Peenosiste sisaldus kuni 25%, filtreeruvus puudub, väga külmakeohtlikud, kapillaartõus üle 2,5m, imavad vett ja kaotavad veeküllastunud olekus kandevõimest kuni 50% (leondumisohtlikud);
 - Sobivad kasutamiseks kohtades, kus ei ole nõutud filtratsioonimoodul;
 - Kannavad suurt koormust juhul, kui ei pea olema pikalt veeküllastunud olekus;
 - Teede muldkehad, aktiivtsooni all, kui on takistatud kapillaartõus materjali.

- Pesemata paekivisõelmetega on võimalik „stabiliseerida“ ühtlase terastikulise koostisega liiasid, millel on raske saavutada vajalikku tihedusastet. Erinevas vahekorras segud on võimalikud olenevalt vajalikust filtratsioonimoodulist.

Proov oli tellija poolt tähistatud: nr 3. 40 % paetuhk/sõelmed.

Katsetamine ja tulemused

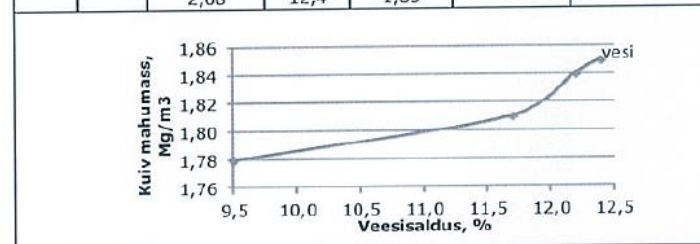
Jrk nr	Omadus	Katsemeetod	Proovi		Katsetamise		Tähis
			nr	fr mm	fr mm	tulemus	
1.	Filtratsioonimoodul (maksimaalse tiheduse ja optimaalse veesisalduse juures)	GOST 25584-90 (Lisa 5)	769	-	0/5	1,76 m/ööp	K ₁₀

2. Terakoostis EVS-EN 933-1:2012 (kuivisõelumine) järgi:

reg. nr	Läbib sõela ava (mm) massi %-des	
	8	4
	100	94

3. Maksimaalne kuiv mahumass ja optimaalne veesisaldus määrati standard Proctor seadmega EVS-EN 13286-2:2010 meetodika kohaselt.

Reg nr	Katse fr mm	Märg mahumass Mg/m ³	Vee-sisaldus, %	Kuiv mahumass Mg/m ³	Optimaalne veesisaldus, %	Maksimaalne kuiv mahumass Mg/m ³
	0/4	1,95	9,5	1,78	12,2	1,84
		2,02	11,7	1,81		
		2,06	12,2	1,84		
		2,08	12,4	1,85		



- Pestud paekivisõelmed (puhtalt):
 - Peenosiste sisaldus puistest ca 4%, kapillaartõus 40cm, filtratsioonimoodul 0,9 m/ööp; mõõdukalt külmakerkeotlik, vett imavad (niiskussisalduse tõus 9,5%-lt 14,1%-ni) ja leondumisohtlikud (kaotavad kandevõimest kuni 50%);
 - Tihendades peenosiste sisaldus tõuseb (vibroplaadi all 6% ja güraatoris 8%-ni). Materjali purunemine jätkub dünaamilise koormuse käigus;
 - Sobib kasutamiseks kohtades, kus ei ole dünaamilise koormuse mõjualas (hoonete jms alused, platsid, kergliiklusteed, trasside tagasitäited);
 - Sobib kapillaartõusu katkestavaks kihiks;
 - Tugevusnäitajad: $E = 80 \text{ MPa}$, $\varphi = 36^\circ$, $c = 25 \text{ kPa}$.

- Pestud paekivisõelmed (Männiku liivaga):
 - Juba 30% kvartslüiva lisamine muudab materjali oluliselt stabiilsemaks;
 - Kokkusurutavus vähenes ödomeetriteimis oluliselt; purunemisaste oli tihendamisel väiksem; kapillaartõusu kõrgus vähenes;
 - Pestud paekivisõelmete segu kvartslüivaga vahekorras 50/50 võiks kasutada muldkehade töötsoonides tingimusel, et materjali niiskus ei ületa pikaajaliselt optimaalset niiskust;
 - Segu võiks kasutada ka veeküllastunud olekus, kuid siis töötsoonist väljaspool.

TÄNAN!

Toetaja: SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

Narva mnt 7A, 10117 Tallinn

Projekti meeskond:

Sven Sillamäe

Prof. Rein Einasto (geoloogiline ülevaade)

Aat Sarv (geoloogiline ülevaade, karjäärid ja mahud)

Karel Saar (karjääriseadmed)

Margus Vaino (katsed TTK teekonstruktsioonide laboris)

Täname projekti elluviimisega seotuid:

Marikai Karilaid (BDA Consulting OÜ), Annika Taukul (BDA Consulting OÜ), Anne Kraav (TTK), Tarmo Sildeberg (TTK), Rene Pruunsild (TTK), Karin Lellep (TTK), Peeter Talviste (iPT Projektijuhtimine), Kalle Kirsimäe (Tartu Ülikool), Silver Siht (AS Teede Tehnokeskus), Uile Lemberg (Eesti Keskkonnauuringute Keskus), Raul Oja (Ice Concept OÜ), Üle AS (Anti Kasuk), ViaCon Eesti AS, prof. Leena Korkiala-Tanttu (Aalto University), Henry Gustavsson (Aalto University), Matti Lojander (Aalto University). TTK tudengid Raimo Kivi, Artjom Melnikov, Romm Jakovlev, Ken Raima, Karli Ots.



KESKKONNAINVESTEERINGUTE
KESKUS