

Töö nr 16-11-1304

**PÕLEVKIVI LENDTUHA TAASKASUTAMINE HÜDRAULILISE
SIDEAINENA PEHMETE PINNASTE TUGEVADAMISEL**

RH VIITENUMBER 179362

**IV KÖIDE: ETTEPANEKUD KEEVKIHI PÕLEVKIVILENDTUHA
STANDARDISEERIMISEKS**

27. veebruar 2018

Autorid

Arina Koroljova (EE)

Peeter Talviste

Juhataja

Peeter Talviste

Tallinn, 2018

AUTORIÕIGUS © OÜ IPT PROJEKTJUHTIMINE

Kõik õigused kaitstud. Töö ja selle ülesehitus on kaitstud Eesti Vabariigi autoriõigusseaduse kohaselt. Seda dokumenti või selle osa ei tohi kopeerida ega paljundada mis tahes viisil ilma OÜ IPT Projektjuhtimine antud kirjaliku loata.

SISUKORD

1 ÜLDOSA	4
1.1 Töö tellija	4
1.2 Uuringu taust ja eesmärgid.....	4
1.3 Uuringu ülesehitus	4
1.4 Kasutatud kirjandus	5
2 CFB (KPT) TUHA STANDARDISEERIMISE VAJADUS.....	7
3 EUROOPA JA EESTI STANDARDITE NÕUETE ÜLEVAADE.....	9
4 CFB (KPT) TUHA LABORIUURING.....	13
5 CFB (KPT) KATSETULEMUSTE ANALÜÜS	15
5.1 Survetugevuse katsed.....	16
5.2 Tardumise algus.....	16
5.3 Peensus.....	16
5.4 Mahupüsivus	17
5.5 Sulfaatidesisaldus	17
5.6 Hüdrauliline aktiivsus, CaO _{vaba} sisaldus, eripind, tihedus ja kloriidide sisaldus	17
5.7 Järeldused.....	19
6 KOKKUVÕTTED JA ETTEPANEKUD KPT TUHA STANDARDISEERIMISEKS.....	20

1 ÜLDOSA

1.1 Töö tellija

Käesoleva uuringu tellis Enefit Energiatootmine AS. Projekti koordinaatoriks on Arina Koroljova (EE).

Kuna uuring viiakse läbi paralleelselt Rail Baltic arendusega, siis kuuluvad uuringuid suunavasse meeskonda ka Priit Ilves (Reaalprojekt OÜ), Anti Moppel (MKM), Raido Kivikangur (TJA), Indrek Orav (RBE OÜ), Epp Zirk (RBE OÜ).

Uuringut toetas Keskkonnainvesteeringute Keskus.

1.2 Uuringu taust ja eesmärgid

Soomes ja Rootsis on levinud praktika kasutada erinevaid tuhkasid pinnase tugevdamisel mass-stabiliseerimise tehnoloogiaga. Mass-stabiliseerimise tehnoloogia ei ole Eestis veel samas mahus rakendust leidnud, kuid Simuna-Vaiatu teelõigul on läbi viidud pilootprojekt (OSAMAT LIFE+ 09/ENV/EE/227) mass-stabiliseerimise võimaluste selgitamiseks teedeehituses. Mass-stabiliseerimist kaalutakse ka Rail Balticu trassil, kuna sügavatel turbaaladel võib see olla üks võimalikest ökonoomsetest tehnoloogilistest lahendustest trassi rajamiseks.

Uuringu üldeesmärgiks on põlevkivi CFB tuha (*Circulating Fluidized Bed* - keevkihi katel) katsetamine sideainena erinevate omadustega pinnaste tugevdamisel, saadud andmete põhjal tuha taaskasutussüsteemi väljatöötamine ning tuha riigistandardi loomiseks ettepanekute tegemine tagades tuha taaskasutamissüsteemi kasutuselevõtmise läbi uue tehnoloogilise lahenduse. Põlevkivituha taaskasutussüsteemi väljatöötamine ja kasutuselevõtmine baseerub Rail Balticu trassilt võetud pinnaseproovide ja tuha segude katsetamisel, analüüsi tegemisel, millega selgitatakse tuhasegude käitumist sõltuvalt pinnase tüübist ja omadustest ühe aasta jooksul laboratoorses tingimustes. Muu hulgas teostatakse vajalikud keskkonnauuringud.

1.3 Uuringu ülesehitus

Uuring põhineb laborikatsetel. Välitööde käigus koguti Rail Baltica trassilt turbaproovid, põlevkivi CFB tuha proovid võeti Eesti Energia AS tootmisprotsessi käigus ja toimetati katseid läbiviinud laboritesse. Laborikatsete käigus määrati turba ja tuha omadused, töötati välja sobivad tuhk-tsement retseptid turba mass-stabiliseerimise uurimiseks, valmistati vastavalt väljatöötatud retseptidele katsekehad ning määrati nende geotehnilised ja leostusomadused.

Vastavalt ptk.1.1 loetletud töögrupi 29.11.2016.a. koosoleku protokollile tehti stabiliseerimiskatsed vaid turbaga, nõrkade savide mass-stabiliseerimise kohta on esitatud ülevaade olemasolevate uuringute põhjal.

Uuringu tulemused on esitatud neljas kõites:

I kõide – Turba stabiliseerimiskatsed, savipinnaste stabiliseerimine ja põlevkivi CFB tuha omadused.

- analüüsitakse tuhkade toimet hüdraulilise sideainena erineva kvaliteediga turbas, uuritakse sõltuvust turba kvaliteedist - põlevkivituha toimet sideainena ja antakse soovitusel põlevkivituhkade kasutamiseks erinevate omadustega turbas;
- analüüsitakse tuhkade toimet hüdraulilise sideainena nõrkades savipinnastes, tuginedes varasematele uuringutele;
- ettevalmistavad katsed CFB tuha standardiseerimiseks/sertifitseerimiseks

II kõide – Turba stabiliseerimise keskkonnauuringud

- teostatakse keskkonnauuringute tulemuste analüüs: tulemused võrreldakse Euroopa ja Eesti vastavate õigusaktide piirväärtustega, tehakse järeldused põlevkivituhkade keskkonnamõjust sookeskkonnale.

III kõide – CFB tuha taaskasutamine

- teostatakse CFB tuha taaskasutamise analüüs: tuha transporti käsitlev osa on koostatud 90% ulatuses Eesti Energia poolt. Analüüsitakse CFB taaskasutamise võimalusi pehmete pinnaste stabiliseerimiseks Rail Baltic trassil, kirjeldatakse tuha vastu võtmist ja kasutamist ehitusobjektidel ning antakse juhised tuha kasutamiseks.

IV kõide (käesolev aruanne) – CFB tuha standardiseerimine

- teostatakse standardiseerimisvõimaluste analüüs: analüüs on koostatud 90% ulatuses Eesti Energia poolt.

1.4 Kasutatud kirjandus

[1] **Tsimas Stamatis et al.**, *Statistical analysis as a key for the selection of suitable fractions of lignite fly ashes towards their further exploitation*, Proceedings of the EUROCOALASH 2012 Conference, Thessaloniki Greece, September 25-27, 2012.

[2] Polska Norma, PN-G-11011, Materiały do podsadzki zestalaney i doszczelniania zrowow, Polski Komitet Normalizacyjny.

[3] EVS 925:2017 „Ehituslik Põletatud Põlevkivi. Spetsifikatsioon, toimivus ja vastavus“, Eesti Vabariigi Standardikeskus, www.evs.ee.

[4] Narva Elektriijaamade keevkihtkatelde tuha ja tuhk/tsemendisegude vastavus Portland-põlevkivitsemendi standarditele ja keskkonnoahutuse uuring, Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut, Tallinn 2014.

- [5] AS Narva Elektriijaamad Eesti Elektriijaama kaheksandast plokist portlandtsemendi tootmiseks vajaliku koostise ja omadustega põletatud põlevkivi saamise võimaluste uurimine, TTÜ, 2005.
- [6] Lembi-Merike Raado, Rein Kuusik, Tiina Hain, Mai Uibu, Peeter Somelar, *Oil shale ash based stone formation – hydration, hardening dynamics and phase transformations*, Oil Shale, 2014, Vol. 31, No. 1, pp. 91–101.
- [7] Lembi-Merike Raado, Tiina Hain, Eneli Liisma, Rein Kuusik, *Composition and properties of oil shale ash concrete*, Oil Shale, 2014, Vol. 31, No. 2, pp. 147–160.
- [8] Raado, L.M, Nurm, V., *Properties of fluidized bed burnt oil shale ashes*, Proceedings of European Symposium on Service Life and Serviceability of Concrete Structures ESCS-2006, Finland, pp.200-205.
- [9] Põlevkivi keevkühikatuha ja DeSOx tuha baasil valmistatava uue CEM II tsemendi retseptuuri väljatöötamine, TTÜ Ehitusmaterjalide õppetool Ehitusmaterjalide Teadus- ja Katselaboratoorium. Tallinn, 2016.

2 CFB (KPT) TUHA STANDARDISEERIMISE VAJADUS

Materjali standardiseerimine on selle materjali soovitud kvaliteedi nõuete fikseerimine standardis. Standardis kehtestatakse minimaalsed nõuded ning energiatootmises tekkivate tuhkade standardiseerimine on eriti oluline, kuna võimaldab tuha kvaliteedi fikseerimise kaudu muuta tuha staatuse jäätmetest toodeteks ja nii lihtsustada tuha taaskasutust.

Eesti Energia Narva elektrijaamades tekib põlevkivist energia tootmisel keevkihi põletamisplakkides nn keevkihi lendtuhk (edasi aruande esimese kolmes köites kasutatud inglise keelse lühendina CFB või selles aruandes eesti keelse lühendina KPT). Hetkel ei ole KPT-d ühegi kasutamiseviisi jaoks standardiseeritud. Samas tõendavad hulgalised uuringud selle sobivust erinevates valdkondades: tsemendi ja betooni tootmises, põllumajanduses, plastmasside tootmises ning teedehituses. Mitmete aastate jooksul kogutud eksperimentaalsed ja unikaalsed teadusandmed on aluseks KPT standardiseerimises ning tuha kvaliteedi kontrollarvude standardis fikseerimisel.

Rail Baltic raudtee rajamisel saab ühe võimalusena KPT-d sideainena kasutada tsemendi asendajana. Raudtee ehitamisel kasutatakse kindla kvaliteediga standardiseeritud materjale. Seega, selleks et KPT-d Rail Baltic trassi rajamisel kasutada, peavad teaduslike uurimistulemuste alusel kehtestatud kvaliteedinõuded olema standardis fikseeritud.

Euroopas ja Eestis (ja ka mujal maailmas) eksisteerib pikaajaline energiatootmisel tekkivate tuhkade standardiseerimise ja sertifitseerimise kogemus. Euroopas näiteks reguleerivad tuha kasutamist järgmised standardid:

1. Seeria - EN 450 „Betonis kasutatav lendtuhk“.
2. Seeria - EN 13282 „Hüdrauliline teesideaine“.
3. Seeria - EN 14227 “Hüdrauliliselt seotud segud“.
4. Seeria - EN 13055 „Kergtäitematerjalid“.
5. Seeria - EN 197-1 „Tsement. Harilike tsementide koostis, spetsifikatsioonid ja vastavuskriteeriumid“.

Lisaks rakendatakse kohalikke standardeid tuha kasutamiseks valdkondades mida ülaloetletud standardis ei kata. Iga riik otsustab ise - millise kvaliteediga materjal (tuhk) sobib kasutamiseks konkreetselt antud riigi tingimustes vajalikes rakendustes (valdkond, kohalikud toorained, kasutuse asukoht, ilmastik, tehnoloogiad jne.). Näiteks, Kreekas on väljatöötatud pruunsöe tuha kvaliteedinäitajad kasutamiseks teede ehitamisel ja betooni retseptides (Hellenic Fly

Ashes, FEK 551, Part B, National Technical Specifications [1]); Poolas kehtivad kohalikud nõudmised tuha kvaliteedile kaevanduste täitmisel (Mining- Materials for backfilling and caulking or caving – requirements and test, PN-G-11011, Polish Committee for Standardization [2]); Eestis kasutatakse tuhka tsemendi ja betooni toomises, kasutatavale tuhale on kehtestatud kvaliteedinõuded Eesti Vabariigi standardiga EVS 927:2017 [3] jne.

Tuha standardiseerimine, olgu siis riigi tasemel või rahvusvahelises mastaabis, annab tarnijale võimaluse tuhka kindlal eesmärgil tootena turustada. Standardis esitatud kvaliteedinõuded ja spetsifikatsioon (näiteks vaba kaltsiumi, kloori sisaldus, survetugevus ja teised) informeerib võimalikke ostjaid materjali kvaliteedist.

Rahvusvaheline ja riigi kohalik standard sisaldab sisuliselt sama informatsiooni - materjali tehnilised parameetrid. Ometi on nende kasutamiskiirkond on erinev. Materjal, mille kvaliteet vastab Euroopa standarditele, on kasutatav kogu Euroopa Liidus. Materjal, mille kvaliteet vastab ainult kohalikule standardile, ongi vaid kohalikult kasutatav. Et seda, kohalikule standardile vastavat materjali kasutada kogu Euroopas, tuleks ta eelnevalt Euroopas standardiseerida. Kasutusvaldkonda normatiivdokumentides viidatakse kõigepealt Euroopa standarditele ning näiteks Itaalia normatiivdokumentides ei pruugi Eesti standardile viiteid olla. Seega, kuigi tuha standardiseerimine riigi tasemel on ülioluline (sellega omandab tuhk toote staatuse), oleks eelistatum siiski saavutada standardiseerimine/sertifitseerimine Euroopa tasandil.

Kuna Rail Baltic raudtee ehitamisel vaadeldakse KPT-d peamiselt kui teede ehitamisel kasutatavat materjali, siis kontrolliti järgneval analüüsil KPT sobivust Euroopa ja Eesti standarditele, mis käsitlevad teedeehitust.

Teede ehitamiseks tuhmade kvaliteet määratakse kahe Euroopa standardite seeriatega:

- EN 13282 „Hüdrauliline teesideaine“
- EN 142277 „Hüdrauliliselt seotud segud“.

Eestis esitatakse tuhmadele nõudeid standardis:

- EVS 925:2015 „Materjal teede aluste stabiliseerimiseks. Koostis, spetsifikatsioonid ja vastavuskriteeriumid“.

KPT standardiseerimisel on kaks teed: kas kontrollitakse vastavust olemasolevatele standarditele (Euroopa, Eesti) või luuakse uus Eesti standard. Eesti standard on hea alus ka selleks, et vajadusel hiljem algatada tuha standardiseerimine ka Euroopa.

Alljärgnevalt esitatakse tuha vastavuse analüüs olemasolevatele standardite nõuetele ning hinnatakse teoreetilist sobivust/mitte sobivust nende standardite nõuetele.

3 EUROOPA JA EESTI STANDARDITE NÕUETE ÜLEVAADE

EVS-EN 13282 – 1: 2013 Hüdrauliline teesideaine. Osa1. Kiirkivistuv hüdrauliline teesideaine. Koostis, spetsifikatsioonid ja vastavuskriteeriumid.

Standard määratleb tehases valmistatavad kiirestikivinevad hüdraulilised teesideained, mis tarnitakse kasutusvalmilt nii kande-, kandvate alus- ja kattekihtide materjalide töötlemiseks, samuti kasutamiseks teede, raudteede, lennuväljade ja teiste taristuliikide mullatöödel.

Vastavalt standardile võib põletatud põlevkivi hüdraulilise sideaine põhikoostisosana olla *Tabelis 1* loetletud tingimustel ja juhtudel.

Kiirestikivinev hüdrauliline teesideaine on hüdrauliline sideaine, mis vastab *Tabelid 2, 3 ja 4*) toodud nõuetele 7- ja 28-päevasel kivistumisel saavutatud tugevuse, tuha peensuse, tuhale vee lisamisel tekkiva tardumise alguse, mahupüsivuse, sulfaatide sisalduse ja koostise osas..

EVS-EN 13282-2:2015 Hüdrauliline teesideaine. Osa 2: Normaalselt kivistuv hüdrauliline teesideaine. Koostis, spetsifikatsioonid ja vastavuskriteeriumid.

Standard määratleb ja spetsifitseerib normaalselt kivistuvad hüdraulilised teesideained, mis valmistatakse tehases ja tarnitakse kasutusvalmilt nii aluste ülemiste ja alumiste kihtide ning kattekihtide materjalide töötlemiseks kui ka kasutamiseks teede, raudteede, lennuväljade ja teiste taristuliikide mullatöödel.

Vastavalt standardile võib põletatud põlevkivi hüdraulilise sideaine põhikoostisosana olla *Tabelis 1* loetletud tingimustel ja juhtudel.

Normaalselt kivistuv hüdrauliline teesideaine on hüdrauliline sideaine, mis vastab *Tabelites 2, 3 ja 4* toodud nõuetele 56-päevasel kivistumisel saavutatud tugevuse, tuha peensuse, tuhale vee lisamisel tekkiva tardumise alguse, mahupüsivuse, sulfaatide sisalduse ja koostise osas.

EVS-EN 14227-4:2013 Hüdrauliliselt seotud segud. Spetsifikatsioonid. Osa 4: Lendtuhk hüdrauliliselt seotud segude jaoks.

Standard määratleb ränilised ja karbonaatsed lendtuhad, mida kasutatakse hüdrauliliselt seotud segudes teedel, lennuväljadel ja muudel liiklusaladel.

Seda Euroopa standardit rakendatakse lendtuhkadele, mis saadakse tolmse kivi- või pruunsöe põletamisel soojuselektrijaamades (*vt. Tabel 4*).

Karbonaatse tuha kvaliteet peab vastama standardi nõuetele osakeste suuruse, mahupüsivuse, reaktiivse kaltsiumoksiidi, veesisalduse ning lendtuha hüdraulilise aktiivsuse osas (vt. Tabelid 2, 3 ja 4).

EVS 925:2015 Materjal teede aluste stabiliseerimiseks. Koostis, spetsifikatsioonid ja vastavuskriteeriumid.

Standard käsitleb tööstuslikult valmistatavaid materjale (stabilisaator-sideaine TAS), mida kasutatakse teekatendi aluse üla- ja alakihtide ehitamiseks, samuti pinnase stabiliseerimiseks ja tugevdamiseks.

Vatsavalt standardile võib põletatud põlevkivi hüdraulilise sideaine põhikoostisosana olla Tabelis 1 loetletud tingimustel ja juhtudel.

Standard liigitab materjalid 2-, 7- ja 28-päevase survetugevuse põhjal ning määrab kindlaks materjalide mehaanilised, füüsikalised ja keemilised omadused: peensus, tardumise algus, mahupüsivus, sulfaatidesisaldus (vt. Tabelid 2, 3 ja 4).

Tabel 1. Erinevate standardite nõudmised tee ehitus materjali koostisosadele.

Põhilised koostisosad			
Standard EVS-EN 13282-1:2013	Standard EVS 925:2015	Standard EVS-EN 13282-2:2015	Standard EVS - EN 14227-4:2013
portlandsemendi klinker (K)	portlandsemendi klinker (K)	portlandsemendi klinker (K)	räniline lendtuhk (V)
granuleeritud kõrgahjuräbu (S)	granuleeritud kõrgahjuräbu (S)	granuleeritud kõrgahjuräbu (S)	kaltsiumiline lendtuhk (W)
putsolaansed materjalid: looduslikud putsolaanid (P) ja looduslikud kaltsineeritud putsolaanid (Q)	lendtuhk: räniline lendtuhk (V) ja kaltsiumiline lendtuhk (W)	putsolaansed materjalid: looduslikud putsolaanid (P) ja looduslikud kaltsineeritud putsolaanid (Q)	
lendtuhk: räniline lendtuhk (V) ja kaltsiumiline lendtuhk (W)	lubjakivi (L, LL)	lendtuhk: räniline lendtuhk (V) ja kaltsiumiline lendtuhk (W)	
põletatud põlevkivi (T)	ehituslubjad vastavalt standardile EVS-EN 459-1;	põletatud põlevkivi (T)	
lubjakivi (L, LL)	põletatud põlevkivi tolmpõletuse kateldest (PT);	lubjakivi (L, LL)	
	põletatud põlevkivi keevkihi kateldest (PK)		
	lendtolm (LT)		
	õlitööstuse tuhad (ÕT)		

Tabel 2. Erinevate standardite nõudmised tee ehitus materjalile mehaaniliste omaduste osas.

Mehaanilised omadused							Standard EVS - EN 14227-4:2013
Standard EVS-EN 13282-1:2013		Standard EVS 925:2015		Standard EVS-EN 13282-1:2015			
	Tugevusklass	Piirväärtus	Tugevusklass	Piirväärtus	Tugevusklass	Piirväärtus	
Survetugevus, 2 p, Mpa			12,5	—			
			22,5	≥ 8,0			
			32,5	≥ 10,0			
Survetugevus, 7 p, Mpa	E 2	≥ 5,0					
	E 3	≥ 10,0	12,5	—			
	E 4	≥ 16,0	22,5	≥ 15,0			
	E 4-RS	≥ 16,0	32,5	≥ 24,0			
Survetugevus, 28p, Mpa	E 2	≥ 12,5...≤32,5					
	E 3	≥ 22,5...≤42,5	12,5	≥ 12,5...≤32,5			
	E 4	≥ 32,5...≤52,5	22,5	≥ 22,5...≤42,5			
	E 4-RS	≥ 32,5...	32,5	≥ 32,5...≤52,5			
Survetugevus, 56p, Mpa					N1	≥ 2,5...≤22,5	
					N2	≥ 12,5...≤32,5	
					N3	≥ 22,5...≤42,5	
					N4	≥ 32,5...≤52,5	

Määratakse vajadusel

Tabel 3. Erinevate standardite nõudmised tee ehitus materjalile füüsikaliste omaduste osas.

Füüsikalised nõuded				
	Standard EVS-EN 13282-1:2013	Standard EVS 925:2015	Standard EVS-EN 13282-2:2015	Standard EVS - EN 14227-4:2013
Peensus	Piirväärtused, kõik tugevusklassid			
Peensus, jääk sõelal 90 µm, %	≤15	≤15	≤15	
Läbind sõela ava 315 µm, %				≥ 95
Läbind sõela ava 90 µm, %				≥ 70
Tardumise algus, min	Tugevusklass	Piirväärtus	Piirväärtused, kõik tugevusklassid	
	E 2	≥90	≥150	≥120
	E 3			
	E 4			
	E 4-RS	≤90		—
Mahupüsivus, mm	Piirväärtused, kõik tugevusklassid			
	≤10	≤10	≤30	≤10

Tabel 4. Erinevate standardite nõudmised tee ehitus materjalile keemiliste omaduste osas.

Keemilised nõuded				
	Standard EVS-EN 13282-1:2013	Standard EVS 925:2015	Standard EVS-EN 13282-2:2015	Standard EVS - EN 14227-4:2013
Sulfaatidesisaldus, %	Tugevusklass	Piirväärtus	Piirväärtused, kõik tugevusklassid	
	E 2	kuni 11,5	kuni 7	kuni 11,5
	E 3			
	E 4			
	E 4-RS			
Reaktiivne kaltsiumoksiid, %	Piirväärtused, kõik tugevusklassid			
	—	—	—	≥5

Ülevaatest selgub, et põletatud põlevkivi (põlevkivituhk) on lubatud põhikoostisainena kasutada teedehituses kahe Euroopa (EVS-EN 13282-1; EVS-EN 13282-2) ja ühe Eesti (EVS 925) standardi kohaselt. Materjali kvaliteedi põhikriteeriumiteks on 2...56 päevane survetugevus, peensus, tardumise algus, mahupüsivus ja sulfaatide sisaldus.

Euroopa standardit EVS-EN 14227-4 rakendatakse lendtuhkadele, mis saadakse tolmse kivi- või pruunsöe põletamisel soojuselektrijaamades. Põletatud põlevkivi toodetakse põlevkivist, seega, standardit ei saa rakendada põlevkilendtuhkadele, kuid standardi nõuded karbonaatsetele lendtuhkadele (põlevkivituhk on ka karbonaatne) saab kasutada näidisena uue riigistandardi loomisel.

4 CFB (KPT) TUHA LABORIUURING

KPT tuhk tekib põlevkivi põletamisel keevkihi katlas 900 °C juures. KPT tuhk tekib keevkihi katla gaasikäikude erinevates kohtades. Antud töös uuriti KPT lendtuhka, mis püütakse väljuvate gaaside puhastamisel elektrifiltri esimeses väljas.

KPT tuha katsetamisprogramm koostati arvestades kahte vajaliku ülesande täitmise vajadusi:

1. KPT tuha kvaliteedi määramine ja olemasolevatele standarditele vastavuse kontrollimine.
2. Uue riikliku standardi loomine.

Kui tuha kvaliteet vastab olemasolevatele standarditele, saadakse järgmisena sertifikaat sertifitseerimisasutusest ning toode on valmis kasutamiseks.

Juhul, kui tuha kvaliteet ei vasta olemasolevatele standarditele, kuid pinnase stabiliseerimisel annab rahuldavaid tulemusi (teede ehitamise kriteeriumite järgi), luuakse uus Eesti Vabariigi tuhastandard, kus kinnitatakse katsetamisel saadud kvaliteeti.

4.1 Põlevkivi CFB tuha proovid

Põlevkivi CFB (keevkihi katla) tuha proovid võeti 21.12.2016, 22.01.2017 ja veebruari keskel elektrijaama rutiinse töö käigus.

Veebruari keskel võetud proovi lipikul puudus märke proovi võtmise kuupäeva kohta. Jaanuaris (22.01.2017) võetud proovil lipikul oli märke "CFB tuhk 8. plokk" ja veebruaris võetud proovil märke "CFB tuhk elektrifiltri I väli".

Proovid toimetati Tallinna Tehnikaülikooli laborisse vastavalt 22.12.2016, 02.02.2017 ja 17.02.2017.

4.2 Põlevkivi CFB tuha omadused

Peenus määrati EVS-EN 196-6 kohaselt eripinnana eelnevalt määratud tuha tiheduse kaudu. Vaba kaltsiumoksiidi sisaldus määrati EVS-EN 451-1 ja kloriidi- ning sulfaadisisaldus EVS-EN 196-2 kohaselt.

Mahupüsivus määrati EVS-EN 459-2 kohaselt ($SO_3 > 4\%$) ning normaalkonsistents ja tardumisajad EVS-EN 196-3 kohaselt. Vastavad katsetulemused on esitatud *Tabelis 5*. Märkimisväärne on, et 22.12.2017 laborisse viidud proovi tardumisaja algus oli olulise ajalise hilinemisega võrreldes veebruaris laborisse viidud proovidega (840 minutit ja 45–50 minutit), samuti fikseeriti tardumise lõpp hilinemisega (1440 minutit ja 260–320 minutit).

Oluline on ära märkida, et turbaproovide stabiliseerimisel kasutati just 22.12.2017 laborisse viidud CFB tuhka.

Tabel 5. Põlevkivi CFB tuha tihedus, eripind, vaba CaO, kloriidide ja SO_3 sisaldused ning mahupüsivus, normaalkonsistents ja tardumisajad.

Proov laborisse	Tihedus, g/cm ³	Eripind, m ² /kg	CaO _{vaba} , %	Kloriidid, %	SO ₃ , %	Taigna normaal-	Tardumisaeg, min		Mahupüsivus (SO ₃ >4%)
						konsistents, %	algus	lõpp	
22.12.2016	2,73	225	9,67	0,36	5,82	64,0	~14 tundi	~24 tundi	rahuldab nõude
2.02.2017	2,74	221	10,66	0,29	5,68	64,0	50	320	rahuldab nõude
17.02.2017	2,75	223	9,90	0,28	5,91	64,0	45	260	rahuldab nõude

Survetugevus määrati EVS-EN 196-1 kohaselt vesi/sideaineteguriga 0,50, kasutades mördi valmistamiseks tsemendi asemel tuhka. Mördist valmistatud 3 katsekeha-prismat, mõõtmetega 40x40x160 mm, kivistati temperatuuril (20±2) °C 48 h vormides ja edasi kuni katsetamiseni 28 ja 56 päeva vanuselt suhtelisel niiskusel >95 %. Survetugevus määrati poolitatud katsekehadel. Vastavad katsetulemused on esitatud *Tabelis 6*. Ka mörtide survetugevus on 22.12.2017 laborisse viidud CFB tuhal kõige väiksem.

Tabel 6. CFB tuha mörtide survetugevus 28- ja 56-päevaselt.

Proov laborisse	Katsekeha valmistamine	28 päeva survetugevus, N/mm ²	56 päeva survetugevus, N/mm ²
22.12.2016	16.01.2017	2,5	3,4
2.02.2017	8.02.2017	3,0	4,0
17.02.2017	21.03.2017	3,6	3,8

Aktiivsus arvutati EE 10579981 ST 5 lisa A kohaselt põhikoostisega R_{põhi} (80 % CEM I 42,5N + 20 % tuhka) ja kontrollkoostisega R_{kontroll} (CEM I 42,5N) valmistatud kivinenud mördist katsekehade survetugevuste suhtena. Katsekehad valmistati, kivistati ja katsetati EVS-EN 196-1 kohaselt. Vastavad katsetulemused on esitatud *Tabelis 7*.

Tabel 7. Mörtide aktiivsus. R_{põhi} koostis: 80% CEM I 42,5N + 20% tuhka. R_{kontroll} koostis: CEM I 42,5N. Aktiivsus $A=R_{põhi}/R_{kontroll}$.

Proov laborisse	Katsekeha valmistamine	Proovide katsetamine	R _{põhi} survetugevus, N/mm ²	R _{kontroll} survetugevus, N/mm ²	Aktiivsus, %
22.12.2016	10.01.2017	7.02.2017	53,2	60,8	87,5
2.02.2017	8.02.2017	8.03.2017	55,0	61,7	89,1
17.02.2017	21.03.2017	18.04.2017	54,1	61,7	87,7

5 CFB (KPT) KATSETULEMUSTE ANALÜÜS

Katseprogrammi raames uuriti KPT tuha vastavust olemasolevatele standarditele survetugevuse, peensuse, tardumise alguse, mahupüsivuse ja sulfaatide sisalduse osas. Katsete üksiktulemused on esitatud *peatükis 4*.

Alljärgneval katsetulemuste analüüsil orienteeruti standardile EVS-EN 13282-2:2015, sest eeldatavasti standardite EVS-EN 13282-1 ja EVS 925 nõuded survetugevuse osas on KPT tuha jaoks liiga kõrged. Sellise järelduse saab teha KPT tuha varasematele uuringutele [4, 5, 6, 7, 8] tuginedes. Samuti, nõuab standard EVS-EN 13282-1 vähemalt 20%-list portlandtsemendi klinkrit lisandit hüdraulilise sideaine koostises. Sellise komposiit-sideaine omaduste uuringud ei olnud antud töö eesmärk. Seega, katsetulemuste analüüsimisel ei vaadelda standardi EVS-EN 13282-1 nõudeid.

Lisaks peatükis 4 kirjeldatud katsetele määrati laboris ka KPT tuha hüdrauliline aktiivsus. Karbonaatsete tuhade hüdraulilist aktiivsust kontrollitakse standardi EVS-EN 14227-4:2013 kohaselt. Lisaks kasutati analüüsil Narva elektrijaamade tuha kvaliteedikardi väljastamisel regulaarselt mõõdetavad omadusi: tuha CaO_{vaba} sisaldus, eripind, tihedus ja kloriidide sisaldus.

KPT tuha proovid võeti detsembris 2016, jaanuaris ja veebruaris 2017 ning toimetati katselaborisse. Iga proovivõtmise käigus võeti üks proov, kokku kolmproovi. Katsed on läbiviidud akrediteeritud Tallinna Tehnika Ülikooli Ehitusmaterjalide teadus-ja katselaboratooriumis. Täielik katseprogramm ja katsete tulemused on analüüsi tarbeks koondatud ühte tabelisse - *Tabelisse 8*.

Tabel 8. KPT katsetavad parameetrid ja katsetulemused.

KPT parameetrid		Meetod	Tulemus 1	Tulemus 2	Tulemus 3	Keskmine
1	Survetugevus, 28 päeva vanuses, MPa	EN 196-1	2,5	3	3,6	3,03
2	Survetugevus, 56 päeva vanuses, MPa	EN 196-1	3,4	4	3,8	3,73
3	Tardumise algus, min	EN 196-3	14h	50	45	48,0
4	Peensus, jääk sõelal 90 µm, %	EN 196-6	2,8	3,1	3,0	2,97
5	Mahupüsivus, SO ₃ > 4%	EN 196-3, EN 452-9	rahuldab nõue	rahuldab nõue	rahuldab nõue	rahuldab nõue
6	Sulfaatidesisaldus, %	EN 196-2	5,82	5,68	5,91	5,80
7	Pasta normaalkonsistents, %	EN 196-3	64	64	64	64,0
8	CaO vaba, %	EN 451-1	9,67	10,66	9,9	10,08
9	Eripind, m ² /kg	EN 196-6	225	221	223	223,0
10	Tihedus, g/cm ³	EN 196-6	2,73	2,74	2,75	2,74
11	Kloriidid, %	EN 196-2	0,36	0,29	0,28	0,31
12	Aktiivsus 28 p (etalon ja lisandiga), %	EE 10579981 ST 5	87,5	89,1	87,5	88,03

Tulemus 1 – detsembris 2016 laborisse toimetatud KPT katsetulemused; Tulemus 2 – jaanuaris 2017 laborisse toimetatud KPT katsetulemused; Tulemus 3- veebruaris 2017 laborisse toimetatud KPT katsetulemused.

5.1 Survetugevuse katsed

Uuringu raames katsetati KPT tuha mördi survetugevus peale 28 ja 56 päeva pikkust tardumist, mis oli vastavalt 3,03 MPa ja 3,73 MPa kolme määranu keskmisena.

Standardi EVS 925 minimaalne survetugevuse nõue 28 päeva tardunud segule on 12 MPa. Standardi EVS-EN 13282-2 minimaalne survetugevuse nõue 56 päeva tardunud segule on 2,5 MPa.

Selgub, et KPT tuha 56 päeva tardunud segu survetugevus vastab standardi EVS-EN 13282-2 nõudele ning KPT tuha 28 päeva tardunud segu survetugevus ei vasta standardi EVS 925 nõudele (*Tabel 9*).

5.2 Tardumise algus

Tardumise alguse osas käituvad erineval ajal võetud tuhaproovid erinevalt. Detsembris võetud proovi segu tardumise alguse ajaks on 14 tundi ja see on oluliselt pikem kui jaanuaris ja veebruaris võetud proovide segudel – vastavalt 50 ja 45 minutit. Töös määratud näitajad ei too esile erinevuse põhjust.

Varasematel uuringutel on KPT tuha segu tardumise alguseks määratud 110 minutit [9] ja 90 minutit [6].

Nii varasemate uuringute [6, 9] kui ka käesoleva uuringu käigus läbi viidud katsed näitasid, et tardumise alguse osas ei vatsa tulemused standardites EVS-EN 13282-2 ja EVS 925 kehtestatud nõuetele (*Tabel 9*).

5.3 Peensus

Nõue materjali peensuse osas on standardites EVS-EN 13282-2 ja EVS 925 kehtestatud maksimaalse jäägina sõelal ava suurusega 90 µm, mis ei tohi ületada 15% analüüsitava materjali massist. KPT tuha puhul on jäägiks sõelal suurusega 90 µm keskmiselt 2,95%. Peensuse nõuete osas vastab KPT tuhik standarditele EVS-EN 13282-2 ja EVS 925 (*Tabel 9*).

Standard EN 14227-4 kehtestab karbonaatsetele tuhikadele peensusnõude sõela avaga 90 µm läbiva materjali osakaaluna ja see peab olema $\geq 70\%$ analüüsitava materjali massist. Arvestades, et jäägiks sõelal avaga 90 µm määrati 2,95%, siis sama sõela läbiva materjali osakaal on suurem kui 90% ning ka standardi EN 14227-4 nõuded materjali peensusele on KPT tuhal täidetud.

5.4 Mahupüsivus

Mahupüsivuse analüüsil juhinduti standardi EVS-EN 13282-2 nõuetest. Standardi EVS-EN 13282-2 kohaselt määratakse mahupüsivus materjalile, kus SO₃ sisaldus >4 %, ehituslubja standardi EVS-EN 459-2 kohaselt nn. kookide pragunemise jälgimisega, arvnäitajaid ei määrata. TSK tuha mahupüsivus rahuldab standardiga EVS-EN 459-2 kirjeldatud nõuded.

Vastavalt varasematele uuringutele [4, 7, 9], kõigub mahupüsivus 1...3 mm piirides. Nende uuringute kohaselt rahuldab TSK tuh� mahupüsivusnõude ka standardi EVS-EN 13282-2 järgi (*Tabel 9*).

Vastavalt standardile EN 14227-4 ei tohi karbonaatsete tuh�ade mahupüsivust ületada 10 mm.

5.5 Sulfaatidesisaldus

Standardi EVS-EN 13282-1:2015 kohaselt on sideainena kasutatava põletatud põlevkivituha lubatud sulfaatide sisalduse ülempiiriks 11,5% (massi- või kaaluprotsendina). Seejuures kehtib see tingimus kui suurem osa sulfaatidest pärineb põletatud põlevkivist. Standardi EVS 925:2015 vastav nõue sulfaatide sisalduse ülempiiri osas on kuni 7% (massi- või kaaluprotsendina).

Käesoleva uuringu katseliselt määratud KPT tuha sulfaatide keskmine sisaldus on 5,8%, mis rahuldab standardite EVS-EN 13282-2 ja EVS 925 nõuded mõlemal juhul (*Tabel 6*).

Tabel 9. KPT tuha katsetulemused ja vastavus standardite nõuetele.

Parameeter	Standard EVS 925:2015		Standard EVS-EN 13282-2:2015		Katsetulemus
	Tugevusklass	Piirväärtus	Tugevusklass	Piirväärtus	
Survetugevus, 28p, MPa	12,5	≥ 12,5...≤32,5			3,03
Survetugevus, 56p, MPa			N1	≥ 2,5...≤22,5	3,73
Tardumise algus, min		≥150		≥120	48,00
Peensus, jääk sõelal 90 µm, %		≤15		≤15	2,97
Mahupüsivus, SO ₃ > 4%		≤10		≤30	rahuldab nõue
Sulfaatidesisaldus, %		kuni 7		kuni 11,5	5,80

5.6 Hüdrauliline aktiivsus, CaO_{vaba} sisaldus, eripind, tihedus ja kloriidide sisaldus

Narva elektrijaamade KPT tuha kvaliteedikardi andmetele ja KPT tuha hüdraulilise aktiivsuse määramate tulemused on koondatud *Tabelisse 10*.

Tabel 10. KPT tuha katse tulemused kvaliteedikaadilt

Parameeter	Katsetulemus
Pasta normaalkonsistents, %	64,00
CaO _{vaba} , %	10,17
Eripind, m ² /kg	223,00
Tihedus, g/cm ³	2,74
Kloriidid, %	0,33
Aktiivsus 28 p (etalon ja lisandiga), %	88,30

Normaalkonsistentsi saavutamiseks vajab KPT tuhk võrreldes tolmpõletusest tulenevate tuhkadega suuremat veehulka. Tolmpõletustuha veetarve normaalkonsistentsi saavutamiseks on 26...27% (massi- või kaaluosana kuiva tuha massist või kaalust), samal ajal KPT tuha pasta normaalkonsistents saavutatakse 70% juures [7, 9]. Käeoleva uuringu tulemused kinnitavad varasemaid tulemusi – pasta normaalkonsistents saavutati 64% juures.

CaO_{vaba} sisaldus mõõdetakse proovide võtmisel Eesti elektrijaama laboris. Kvaliteedikartidele märgitud regulaarsed kontrollkatsed näitavad CaO_{vaba} sisalduse väärtuseid vahemikus 8...11%. Antud töö raames määrati keskmiseks laborisse toimetatud proovide CaO_{vaba} sisalduseks 10,17%.

KPT tuha eripind on käesoleva uuringu kohaselt keskmiselt 223 m²/kg. Vastavalt erinevatele uuringutele ja Eesti elektrijaama mõõtmistele jääb eripinna väärtus tavaliselt vahemikku 200...225 m²/kg.

KPT tuha erikaal (tuhaosakeste tiheduse suhe tihedusse) on keskmiselt 2,74, see suurus on saadud arvestades laboris määratud tuhaosakeste tihedust 2,74 g/cm³. Eestis tavapäraselt purdmaterjaline paiknevate looduslike pinnaste erikaal on 2,65...2,8 ja PKT tuhk ei erine selle näitaja poolest tavalisest pinnasest.

Kloriidide sisaldus KPT tuhas on 0,33%. Tolmpõletuse lendtuhkade keskmiseks kloriidide sisalduseks on 0,46% (Narva elektrijaamade labori regulaarsed mõõtmised). Kloriide on KPT tuhas seega vähem, kui tolmpõletuse tuhkades keskmiselt.

KPT tuha hüdrauliline aktiivsus arvutati standardi EE 10579981 ST 5 lisa A kohaselt põhikoostisega R_{põhi} (80 % CEM I 42,5N + 20 % tuhka) ja kontrollkoostisega R_{kontr} (CEM I 42,5N) valmistatud kivinenud mördist katsekehade survetugevuste suhtena. Katsekehad valmistati, kivistati ja katsetati EVS-EN 196-1 kohaselt.

Materjali aktiivsus määratakse standardi EN 14227-4 kohaselt karbonaatsetele tuhkaelele vaid vajadusel. Nimetatud standard ei esita sellele näitajale ka mingisuguseid piiranguid. Katsetulemuste interpreteerimiseks võib kasutada aga ka standardit EVS 927:2015. Vastavalt sellele standardile peab „betooni PP“ (tolmpõletuse filtrituha) aktiivsus olema $\geq 85\%$ etaloni survetugevusest. „Betooni PP“ aktiivsuse keskmiseks näitajaks on 94% (etaloni survetugevusest). KPT tuha aktiivsuse näitaja on pisut vähem – 88% (etaloni survetugevusest), kuid standardi piirides.

5.7 Järeldused

Kokkuvõtteks võib välja tuua, et KPT tuha omadused ei vasta olemasolevale Eesti standardi EVS 925 nõuetele vaid survetugevuse ja tardumise alguse osas. Samuti ei vasta KPT tuhk tardumise alguse osas Euroopa standardi EVS-EN 13282-2 nõuetele.

Kõigi ülejäänud analüüsitud kvaliteedikriteeriumite osas vastab KPT tuhk standardite EVS 925 ja EVS-EN 13282-2 nõuetele.

6 KOKKUVÕTTED JA ETTEPANEKUD KPT TUHA STANDARDISEERIMISEKS

Rail Baltic raudtee trassi ehitamisel võib ühe võimalusena kaaluda Narva elektrijaamades tekkivate põlevkivituhkade kasutamist. Eeldusteks on tuhkade tootena legaliseerimine. Käesoleva töö raames kontrolliti laboris keevkihis põletamisel tekkiva lendtuha (KPT) tehnilist sobivust Rail Baltic raudtee trassile jäävate soomassiivide turba stabiliseerimiseks ning määrati KPT tuha enda omadused neid omadusi kehtivates standardites toodud nõuetega võrreldes. Alljärgnevalt on esitatud ettepanekud sammude osas, mis on vajalikud KPT tuha tootena legaliseerimiseks.

Tänu erinevate uuringutele läbiviimisele ja potentsiaalsete klientidega suhtlemisele on käesolevaks ajaks (aastaks 2017) jõutud faasi, kus KPT tuha järele on tekkinud nõudlus kindlal otstarbel – teedeehituses sideainena kasutamise näol. Varasemate uuringute (sh pilootuuring OSAMAT) ja käesoleva uuringu tulemused näitavad KPT tuha sobivust kasutamisel sideainena teede ehituses – tuhka sideainena kasutades tehtud konstruktsioonid vastavad teedeehituse tehnilistele nõuetele. Tuha kasutamine ei avalda mõju keskkonnale ega inimestele. Et tuhka saaks tootena kasutada peab tuhk ise aga vastama konkreetsetele tehnilistele nõuetele. Selleks tuhki standardiseeritakse või kontrollitakse tuha kvaliteedi vastavust olemasolevale standardile ning seejärel teostatakse regulaarselt järelevalvet tuha kvaliteedi üle vältimatu sertifitseerimisasutuse poolt.

Jäätmeseaduse kohaselt (JäätS § 2¹) lakkab jääde olema jäätmete staatuses kui:

- 1) asja kasutatakse tavapäraselt kindlal otstarbel;
- 2) asjale on olemas kindel turg või selle järele on nõudmine;
- 3) asi vastab konkreetseks otstarbeks ettenähtud tehnilistele nõuetele, õigusnormidele ja tootestandarditele;
- 4) asja kasutamine ei avalda negatiivset mõju keskkonnale ega inimese tervisele.

Antud töö raames kontrolliti KPT tuha vastavust olemasolevatele Euroopa standardile EVS-EN 13282-2:2015 ja Eesti standardile EVS 925:2015. Vastavalt katsetulemustele ei vasta KPT tuhki standardi EVS 925 nõuetele survetugevuse ja tardumise alguse aja osas. Samuti ei vastanud KPT tuhki Euroopa standardi EVS-EN 13282-2 nõuetele tardumise alguse aja osas. Nii ei ole, hoolimata asjaolust, et kõigi ülejäänud kontrollimist vajavate ja kontrollitud näitajate osas olid mõlema ülal loetletud standardi nõuded täidetud, võimalik KPT tuhka sertifitseerida ning kasutada tootena vastavalt olemasolevatele standarditele.

Uue standardi loomine algab tõendamisest, et konkreetse kvaliteediga materjal on tehniliselt sobiv konkreetsel kasutuslal kasutamiseks ning ei avalda mõju keskkonnale ega inimese tervisele. Selleks, et tõendada KPT tuha sobivust teede ehitamisel on tehtud erinevad sihipärased uuringud (sh ka pilootuuringud). KPT tuha tehniline sobivus ja ohutus uuriti reelasetes tingimustes Narva-Mustajõe ja Simuna-Vaiatu teede lõikude ehitamisel OSAMAT pilootprojekti raames. Samuti on läbiviidud hulgalised uuringud laboritingimustes (Soome, Rootsi sadamate sh reostunud settete ja pinnaste stabiliseerimine, leostuskatsete läbiviimine).

Uue standardi loomist arutati Eesti Vabariigi Standardikeskuse (EVS), Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liidu ja TTÜ Sertifitseerimisasutuse esindajatega. Arutelude käigus jõuti ühisele arvamusele, et mõistlik on taotleda olemasoleva tuhandardi EVS 927 uue versiooni loomist. Põhjustena saab välja tuua järgmised aspektid:

- EVS 927:2017 „Ehituslik Põletatud Põlevkivi. Spetsifikatsioon, toimivus ja vastavus“ rakendub põletatud põlevkivile (põlevkivituha kaubanduslik nimetus), mis saadakse põlevkivi termilisel töötlemisel ja saadud peendisperse mineraalosa separeerimise teel.
- Oma tekkimise järgi kuulub KPT tuhk EVS 927 standardi alla. Samuti kuulub uus toode (KPT tuhast teesideaine) ehituslike materjalide hulka.
- KPT tuha omaduste erinevused olemasoleva standardiga määratud on väikesed ja käsitlevad vaid kahte kvaliteedikriteeriumit – survetugevus ja tardumise alguse aeg. Nii on KPT tuha teesideainena standardiseerimisel soovitatav lähenemine EVS 927 standardi käsitusala, üksikute tehniliste parameetrite ja järelevalve tingimuste täiendamine (ametlikult standardi uue versiooni taotlemine).

Tuginedes käesoleva töö raames ning eelnevalt läbiviidud uuringute tulemustele, samuti pädevate asutuste inimeste arvamusele, pakutakse standardi EVS 927 uue versiooni taotlemist ning uue osa sisseviimist, mis käsitleb tuha kvaliteeti teesideainena teede aluste ülemiste ja alumiste kihtide ning kattekihtide materjalide töötlemiseks kui ka kasutamiseks teede, raudteede, lennuväljade ja teiste taristuliikide mullatöödel. KPT tuhka võib „Teesideaine PP“-st selles käsitusalas eristada.

Et Eesti standard oleks ka Euroopa siseselt üheselt mõistetav, siis tuleks Euroopa standardites EVS-EN 13282-2 ja EVS-EN 14227-4 määratletud kuid standardis EVS 927 puuduvad kvaliteedi nõuded sisse viia ka standardisse EVS 927. Sisuliselt vaatlevad nii Euroopa kui kohalikud standardid sama materjali (antud juhul KPT tuhk) parameetreid, mis kinnitavad materjali kasutatavust tehnilisest aspektist lähtudes. Seega on otstarbekas EVS 927 standardi täiendamisel arvestada kõigi standardis EVS-EN 13282-2 kirjeldatud nõuetega. Konkreetselt võiks EVS 927 uus versioon reguleerida järgmised KPT tuha omadused (*Tabel 11*):

Tabel 11. EVS 927 täiendused teesideaine tehniliste parameetrite osas.

Parameeter	Meetod	Piirväärtus	Katsesagedus
Survetugevus, 56p, MPa	EN 196-1	$\geq 2,5 \dots \leq 22,5$	1 kord kuus
Tardumise algus, min	EN 196-3	≥ 30	1 kord kuus
Peensus, jääk sõelal 90 μm , %	EN 196-6	≤ 15	2 korda aastas
Mahupüsisvus, SO ₃ > 4%	EN 196-3, EN 452-9	≤ 30	2 korda aastas
Sulfaatidesisaldus, %	EN 196-2	kuni 11,5	2 korda aastas

Survetugevusele (56 päeva), peensusele, mahupüsisvusele ja sulfaatide sisaldusele kehtiksid standardis EVS 927 samad piirväärtused, kui standardis EVS-EN 13282-2. Tardumise alguse ajale kehtestatakse erinevad, KPT tuha omapära arvestavad nõuded. Läbiviidud katsed KPT tuhaga näitasid, et tardumine algab kiiremini võrreldes Euroopa standardi nõuetega, pakutakse alandada seda väärtust kuni 30 minutini. Loomulikult tuleb siinjuures kehtestada KPT tuha kasutusjuhendis sellest nõudest tulenevad erinõuded segude valmistamisel ehitusplatsil.

Tootmises tuleb tavapäraselt tihedamini kontrollida survetugevuse ja tardumise alguse kontrollarve, sest need väärtused on ehitustegevuste planeerimise põhiliseks sisendiks. Kontrollkatsete sagedus võiks survetugevuse ja tardumise alguse aja osas olla - 1 kord kuus.

Peensuse näitaja KPT tuha puhul jääb piirväärtusest kaugemale. KPT tuha jääk sõelal (90 μm , %) on katsete põhjal 2,97%. Piirväärtuseks on <15% ja on vähetõenäoline, et tootmise käigus nimetatud piirnorm varieeruks kuni 5 korda ja rohkem. Seega kontrollkatsete sageduseks võiks olla - 2 korda aastas.

KPT tuha uuringute tulemused [4, 7, 9] näitavad KPT tuha väikest paisumist: 1 kuni 3 mm. Mahupüsisvuse piirväärtuse (<10mm) ületamine on vähetõenäoline. Seega, kontrollkatsete sageduseks võiks olla - 2 korda aastas.

Sulfaatide sisaldus on uuringute kohaselt keskmiselt 5,75%, mis on poole vähem kui, maksimaalne piirväärtus (11,5%). Seda arvestades, võiks ka sulfaatide sisaldust määrata sagedusega - 2 korda aastas.