



Efnisgæðaritið

Efnisrannsóknir og efniskröfur

Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd

- | | |
|----------------|--|
| Kaflí 1 | Formáli |
| Kaflí 2 | <i>Inngangur (janúar 2021)</i> |
| Kaflí 3 | Fylling |
| Kaflí 4 | Styrktarlag |
| Kaflí 5 | Burðarlag |
| Kaflí 6 | Slitlag |
| Kaflí 7 | Steinsteypa |
| Viðauki 1 | Lýsing á prófunaraðferðum |
| Viðauki 2 | Efnisgerðir við vega- og gatnagerð |
| Viðauki 3 | Jarðmyndanir – byggingarefni við vegagerð |
| Viðauki 4 | Gerðarprófanir, framleiðslueftirlit og frávikskröfur |
| Viðauki 5 | Sýnataka |
| Viðauki 6 | Vinnsluaðferðir |
| Viðauki 7 | Orðalisti – skilgreiningar og skýringar |
| Viðauki 8 | Ýtarefni um malbik |
| Viðauki 9 | Samanburður á eiginleikum steinefna og kröfum |
| Viðauki 10 | Berggreining og gæðaflokkun |



Efnisyfirlit:

2	Inngangur	1
2.1	Uppbygging veghlots	3
2.2	Steinefnanotkun í vegagerð	7
2.3	Val á efnistöðum	7
2.4	Evrópustaðlar og íslenskir fylgistaðlar	8
2.5	Stærðaflokkun steinefna	11
2.6	Sandur undir hellur, götusteina, við rör, jarðstrengi og sem hálkuvörn	12
2.7	Eftirlit með framkvæmdum	18

2 Inngangur

Í þessum kafla er gerð grein fyrir því hvernig vegir eru byggðir upp í lögum sem hafa hvert sínu hlutverki að gegna í veghlotinu og ástæður þess að gera þarf mismunandi kröfur til steinefna í hverju lagi. Einnig er í stuttu máli fjallað um efnisnotkun í vegagerð hér á landi, hvað helst þurfi að hafa í huga við val á efnisnáumum. Fjallað er um Evrópustaðla fyrir steinefni (Aggregates) og vegagerðarefni (Road Materials) og innleiðingu staðlanna hér á landi. Sagt er frá íslenskum fylgistöðlum um framleiðslu steinefna og malbiks. Í kafla 2.6 er sagt frá ílagnarsandi undir hellur, götusteina, við rör og jarðstrengi og einnig um hálkuvörnarsand. Í kafla 2.7 er umfjöllun um gæðastýringu og eftirlit með framkvæmdum.

Í köflum 3 til 6 er fjallað nánar um hvert lag vegarins. Þar er ýtarleg umfjöllun um það hvernig staðið skuli að efnisrannsóknnum við hönnun, framleiðslu og framkvæmdir og um kröfur sem gerðar eru til vegagerðarefna. Í kafla 7 er fjallað um steinsteypu og alla efnisþætti hennar þ.e. vatn, sement, íblendi, íauka og steinefni í steinsteypu. Í viðaukum er m.a. ýtarefni um steinefni til vegagerðar, vinnslu þeirra, sýnatöku og prófunaraðferðir. Í viðauka 4 er umfjöllun um gerðarprófanir, framleiðslueftirlit og frávikskröfur. Einnig er birt yfirgrípsmikið orðasafn í viðauka 7. Vakin er athygli á viðauka 9 en í honum er gerður samanburður á prófunarniðurstöðum og kröfum. Í viðauka 10 er fjallað um berggreiningu og gæðaflokkun steinefna.

Kröfur sem settar eru fram í köflum 3 til 6 miðast annars vegar við meðalumferð ársins á dag (ÁDU) og hins vegar meðalumferð þungra bíla á dag (ÁDU_p). Fjöldi bíla miðast við tveggja akreina veg og þungir bílar teljast vera bílar með heildarþyngd > 3,5 tonn. Kröfur til fyllinga, styrktarlags og burðarlags miðast við meðalumferð þungra bíla á dag yfir allt árið (ÁDU_p, árdagsumferð þungra bíla). Ástæðan er sú að þungir bílar eru allsráðandi varðandi álag og niðurbrot í þessum lögum. Í því sambandi má benda á þá þumalfingursreglu að niðurbrot í burðarlagi getur til dæmis verið 10 þúsund sinnum meira af völdum þungs bíls en fólksbíls ef þyngdarmunur á bílunum er tífoldur¹. Það er álitamál hvort rétt sé að miða við þunga bíla > 3,5 tonn þar sem þyngri bílar valda mun meira niðurbroti og veldur 10 tonna bíll t.d. um 70 földu niðurbroti

¹ AASHO (American Association of State Highway Officials) Road Test 1961 setti þessar niðurstöður fram á grundvelli yfirgrípsmikilla álagsmælinga á tilraunaköflum sem svokallaða fjórða veldis reglu til að lýsa áhrifum misþungra bíla á niðurbrot burðarlags (þyngd þungs bíls/þyngd fólksbíls)⁴. Til dæmis (10 tonn/1 tonn)⁴ = 10.000 sinnum meira niðurbrot.

miðað við 3,5 tonna bíl. Ástæðan fyrir þessari ákvörðun er sú að það er venjan hér á landi við talningu bíla að miða við að mörkin séu við 3,5 tonn. Kröfur til slitlaga miðast hins vegar við meðalumferð allra bíla á dag yfir allt árið (ÁDU, árdagsumferð), enda ræður slit af völdum nagladekkja miklu um endingu slitlaga ef umferð er mikil. Þungur bíll á nagladekkjum er reyndar talinn slíta slitlagi fimm til tífalt meira en fólksbíll, en á móti kemur að hlutfall fólksbíla er yfir 90% á umferðarmestu vegunum.

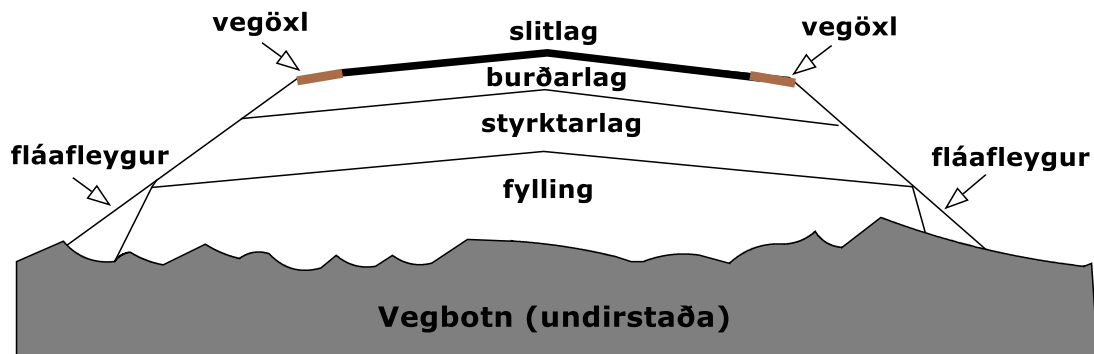
Það er á valdi veghönnuðar hvaða kröfur til steinefna hann velur að gera hverju sinni. Þó er mikilvægt að rökstyðja slíka ákvörðun vel ef valið er að slaka á kröfum miðað við kröfur Efnisgæðaritsins. Kröfur Efnisgæðaritsins eru leiðbeinandi og miðast við að byggður verði traustur vegur með langan líftíma. Önnur sjónarmið geta komið til álita svo sem að stytta hannaðan líftíma vegarins og að kostnaður sé of mikill við að framleiða steinefni sem standast allar kröfur á viðkomandi svæði. Einnig ber að nefna sérstaklega að kröfur um styrk steinefna í burðarlag miðast við að bundna slitlagið verði þunn klæðing. Ef fyrirhugað er að leggja burðarlagsmalbik ofan á óbundið burðarlag og síðan slitlagsmalbik kemur til greina að draga úr kröfum til styrks steinefna í óbundna burðarlaginu (LA gildi). Ástæðan er sú að spennur (álag) frá umferð ökutækja minnka hratt með auknu dýpi í veghlotinu og þar með minnkar niðurbrot steinefna í óbundna burðarlaginu. Einnig kemur til álita að draga úr kröfum fyrir styrk steinefna í burðarlag ef fyrirhugað er að styrkja það með sementi eða biki. Einnig má nefna að til greina kemur að gera minni kröfur til neðri hluta burðarlags en efri hluta. Kröfur til steinefna í burðarlag miðast við heildarfjölda þungra bíla á tveggja akreina vegi, Ef akreinar eru fleiri en ein í hvora átt kemur til greina að taka tillit til að álag dreifist mismunandi milli akreina og draga þar með úr kröfum til berggæða steinefna. Þó verður ávallt að tryggja að umferðarmestu vegir landsins hafi mjög gott burðarþol og að vegyfirborð þeirra haldi góðum sléttleika allan líftíma vegarins.

Kröfur um slitþol steypu í slitlag á vegi og brýr fara eftir umferðarálagi (ÁDU) en kröfur til annarrar steypu eru mismiklar eftir því hversu miklu áreiti frá umhverfinu steypan mun verða fyrir.

Hjá vegagerðinni er starfandi Vegorðanefnd og fjallar nefndin um hugtök sem tengjast vegagerð. Nefndin hefur sett í gagnagrunn og birt á netslóðinni <https://vegordasafn.vegagerdin.is> fjölda orða og orðasambanda og fylgja með skilgreiningar og skýringar á hugtökunum auk þýðinga á ensku og norsku. Áfram verður unnið að því að bæta við safnið orðum og orðasamböndum sem notuð eru í vegagerð. Í kafla 6 sem fjallar um slitlög eru birt venslarit fyrir hugtök um bikbundin efni sem unnið hefur verið að, m.a. vegna tilkomu nýrra efna til notkunar í bikbundin slitlög.

2.1 Uppbygging veghlots

Hefðbundinn vegur skiptist í undirbyggingu og yfirbyggingu, sem saman er nefnt veghlot. Undirbyggingin er vegbotn og fylling. Yfirbyggingin er gerð úr styrktarlagi, burðarlagi og slitlagi. Á mynd 2-1 er yfirlit yfir helstu heiti byggingarhluta veghlots, eins og þau eru notuð í þessu riti.



Mynd 2-1: Heiti byggingarhluta í veghloti (teikning ekki í réttum mælikvarða)

Ástæðan fyrir lagskiptingu vega er sú að gera þarf mismunandi kröfur til efnisgæða eftir staðsetningu lags í veghlotinu. Kröfurnar eru mestar efst, þar sem spennur eru stærstar og áraun mest, en minnka samhliða lækkandi spennum og áraun þegar neðar dregur. Einnig þarf að hafa í huga að lag sem er ofan við áætlað frostdýpi sé ónæmt fyrir áhrifum frostþenslu. Í reynd er það þó oftast látið nægja hér á landi utan þéttbýlis að burðarlag og styrktarlag séu úr efni sem er ónæmt fyrir frostáhrifum, þó frostdýpi sé meira en sem nemur þykkt þessara laga. Í þéttbýli er hinsvegar algengt að byggja götur úr frostfríu efni niður fyrir frostdýpi. Slitlag myndar slétt yfirborð sem þarf meðal annars að hafa gott slitþol og veðrunarþol.

Neðsti hluti veghlots er **fylling**. Hún er gerð úr þeim efnum sem fyrir eru í vegstæðinu eða næsta nágrenni þess og/eða úr efni sem flutt er að úr námum. Efni sem nota á í fyllingu á að flokka í frost- og burðarþolsflokka samkvæmt norskum reglum og eru þeir ráðandi um þykktir þeirra laga sem koma ofan á. Fyllingin jafnar vegbotninn og undirbyggingin fær þannig rétta hæð áður en yfirbyggingin er sett á. Fyllingin má vera með brattari fláa en styrktarlag og burðarlag (allt að 1:1,25) og er þá settur utan á hana **fláafleygur**, sem hefur minni halla. Vegna öryggissjónarmiða er nú í vaxandi mæli gerð krafa um flatann fláa (fláafleyg) og skal hann á nýbyggingum vera að lágmarki 1:3 og helst 1:4. Mikilvægt er að tryggja að fláafleygurinn hindri ekki afvötnun vegarins og því er hann ekki látinn ná nema upp að neðri brún styrktarlags. Undirbyggingin (fyllingin og undirliggjandi vegbotn) þarf að geta borið yfirbygginguna og álag vegna umferðar án verulegra formbreytinga. Einnig er rétt að hafa í huga að fyllingin þarf að geta borið álag vinnuumferðar. Fyllingu þarf að þjappa vel og yfirborðið skal vera nægilega þétt og með halla til að tryggja að vatn geti runnið af því.

Ofan á fyllinguna kemur **styrktarlag**. Við uppbyggingu veghlots er mikilvægt að ekki sé of mikill munur á burðarþoli mismunandi laga, en það á að aukast jafnt og þétt upp á við. Því eru gerðar meiri kröfur til efnis í styrktarlagi en í fyllingu en minni en í burðarlagi. Hlutverk styrktarlagsins er, með burðarlaginu, að dreifa umferðaráluginu á undirbygginguna þannig að ekki komi fram formbreytingar á slitlaginu. Styrktarlagið þarf að hafa þann eiginleika að geta leitt vatn burt úr veghlotinu. Einnig þarf styrktarlag að standast kröfur um berggæði og styrk steinefna og vera ónæmt fyrir frostáhrifum.

Styrktarlagi er oft skipt upp í tvo hluta, efra- og neðra styrktarlag, þar sem meiri kröfur eru gerðar til efnis í efri hlutanum, en til neðri hluta styrktarlags eru fyrst og fremst gerðar kröfur um að efnið sé ekki næmt fyrir frostáhrifum auk kröfu um kornadreifingu þess.

Burðarlag er næsta lag undir **slitlagi**. Gerðar eru meiri kröfur til efnis í burðarlagi en í styrktarlagi. Burðarlagið tekur við álagi af umferðinni og dreifir því niður í styrktarlagið, og þau saman niður í fyllinguna. Hlutverk burðarlagsins er að koma í veg fyrir formbreytingar í slitlaginu. Það þarf því að vera stíft og stöðugt, en jafnframt að hafa lektareiginleika þannig að ekki safnist í það vatn. Steinefnið í burðarlagi þarf að hafa ákveðinn styrk vegna aflrænnar áraunar sem það verður fyrir og einnig að vera ónæmt fyrir frostáhrifum. Burðarlag er gjarnan lagt í tveimur lögum, þar sem efni í neðri hluta þess getur verið grófara en efnið í efri hlutanum. Gerðar eru ákveðnar kröfur um kornadreifingu efna í þessum lögum, sem meðal annars taka tillit til þess að efni má ekki vera of gróft né of fínt miðað við þykkt lagsins og einnig er grófleikinn háður gerð slitlags sem kemur ofan á. Efri hluta burðarlagsins er hægt að binda, annað hvort með sementi eða biki.

Slitlagið er efsta lag veghlotsins. Hlutverk þess er að skapa jafnt og slétt ökusvæði, m.a. þarf að vera tryggt að nægilegt viðnám sé á milli dekkja og slitlags til að hindra að ökutæki renni til á veginum. Slitlagið þarf að þola áraun frá umferðinni, s.s. slit og núningsáhrif frá dekkjum ekki síst nagladekkjum. Það þarf að þola veðrun svo sem frost/þíðu-áraun og vera þétt og hindra sem mest að vatn komist niður í undirliggjandi lög. Slitlög geta verið bundin eða óbundin. Malarslitlög teljast óbundin, þótt til dæmis kalsíumklóríð sé oft notað til að rykbinda þau. Bundin slitlög geta verið annað hvort steipt eða bikbundin. Malbik og klæðingar teljast til bikbundinna slitlaga. Fyrir þessar síðastnefndu gerðir þarf að vera tryggt að viðloðun sé nægileg milli steinefna og bindiefna því annars er hætta á að göt komi á slitlagskápuna þegar steinar losna úr henni.

Vegaxlir² eru utan við slitlagsbrúnir. Æskilegt er að efnið í þeim hafi sem mest af eiginleikum slitlags og hefur því færst í vöxt á undanförunum árum að bikbinda axlir vega, sem lagðir eru bundnu slitlagi.

Milli laga veghlotsins, kann að vera nauðsynlegt að koma fyrir **síulagi**. Á það við þegar hætta er á að finna efni úr einu lagi gangi inn í grófari efni í næsta lagi fyrir ofan eða neðan. Í stað síuefna, má einnig nota síudúka í sama tilgangi, en aðlaga skal hann aðstæðum á hverjum stað. Ekki er fjallað um síuefni annars staðar í þessu riti enda eru síukröfur þær sömu fyrir öll lög veghlotsins. Krafa er um að > 50% af síuefni skuli vera > 2mm og krafa til fínefnamagns (< 0,063 mm) er sú sama og til styrktarlagsefnis. Einnig er gerð krafa um að mesta steinastærð síulags skuli vera minni en hálf lagþykkt og að síulagið sé að minnsta kosti 150 mm þykkt.

Ef tryggja á að frostlyftingar verði ekki í veginum þarf að bæta við **frostvarnarlagi** (n. frostsikringslag) milli fyllingar og styrktarlags. Einnig getur verið þörf á **jöfnunarlagi** (n. avrettingslag) milli laga veghlotsins. Í þessu riti er ekki fjallað sérstaklega um þessi lög, en frostvarnarlag skal að lágmarki uppfylla kröfur til neðri hluta styrktarlags og jöfnunarlag skal uppfylla kröfur til næsta lags ofan við lagið sem verið er að jafna.

² Vegöxl er einnig nefnd vegræma sem er safnheiti fyrir rönd við hlið akbrautar, sem stundum er akfær. Vegræmur eru hliðræma, kantræma, neyðarræma, miðræma og öryggisræma (<https://vegordasafn.vegagerdin.is>)

Þegar lagt er mat á það hvort þörf sé á síulagi eru síukröfur reiknaðar fyrir hver þau tvö samliggjandi lög sem hugsanlega þarf að skilja að með síulagi. Útreikningunum er lýst hér á eftir með dæmum. Hinsvegar er almennt ekki þörf fyrir sérstakt síulag ef þess er gætt að hæfilegur munur sé á kornadreifingu samliggjandi laga í veghlotinu. Gerð síuefnis ákvarðast af kornadreifingu í þeim efnunum sem það á að skilja að, samanber töflu 2-1 a). Í töflunni stendur „S“ fyrir smágerðara efnið en „G“ stendur fyrir það grófara. Enn fremur tákna d_{xx} möskvastærð í sigti sem $xx\%$ af efninu smjúga. Að öðru leyti skal síuefnið uppfylla sömu kröfur og efnin sem það er síuefni fyrir.

Tafla 2-1 a): Síukröfur fyrir allar vegtegundir og lög veghlotsins

Stærðahlutfall Grófara (G) / Smágerðara (S)	Kröfur
d_{15G}/d_{85S}	≤ 5
d_{50G}/d_{50S}	≤ 25

Til dæmis getur smágerðara efnið (S) verið fyllingarefni og grófara efnið (G) verið styrktarlagsefni. Þegar reiknað er hlutfallið d_{15G}/d_{85S} tákna d_{15G} þá sigtastærð (mm) sem 15% styrktarlagsefnisins smýgur í gegnum og d_{85S} tákna þá sigtastærð sem 85% af fyllingarefninu smýgur í gegnum. Þetta hlutfall skal vera ≤ 5 sbr. töflu 2-1 a). Ef hlutfallið er hærra, þarf að skjóta inn síulagi á milli þessara tveggja laga. Með sama hætti er reiknað hlutfallið d_{50G}/d_{50S} . Þessu getur líka verið öfugt farið þannig að smágerðara lagið sé ofan á því grófara, t. d. smágert styrktarlagsefni ofan á grófu fyllingarefni. Ef valið er að setja síulag á milli laga í veghlotinu þarf að gæta þess að síukröfur séu uppfylltar bæði gagnvart undirliggjandi lagi og því lagi sem byggt er ofan á síulagið. Mikilvægt er að gæta þess að síukröfur séu uppfylltar milli styrktarlags og fyllingar og styrktarlags og vegbotns t.d. til að tryggja að fínafni blandist ekki inn í styrktarlagið. Til að tryggja að síulag sem byggt er ofan á vegbotn eða fyllingu afvatnist mun betur en efnið sem það er lagt ofan á skal kanna hvort krafan í töflu 2-1 b) sé uppfyllt. Hlutfallið $d_{15} \text{ síulag} / d_{15} \text{ vegbotn/fylling}$ er þá reiknað á sambærilegan hátt og lýst er hér að ofan.

Tafla 2-1 b): Viðmiðunarregla um afvötnunareiginleika síulags

Stærðahlutfall síulag / vegbotn eða fylling	Kröfur
$d_{15, \text{ síulag}} / d_{15, \text{ vegbotn/fylling}}$	≥ 5

Nokkra hugmynd má fá um heppilegt síulag með því að reikna út svokallaða markapunkta fyrir sáldurferil síulagsins út frá síukröfunum og sáldurferlum laganna sem síulagið á að skilja að. Með því að nota skilyrðin sem eru sett fram í töflum 2-1 a) og 2-1 b) má finna markapunkta eða hlið sem sáldurferill síulagsins þarf að þræða til að síukröfurnar séu uppfylltar og ef síulag er lagt á vegbotn eða fyllingu að afvötnunareiginleikar síulagsins séu fullnægjandi.

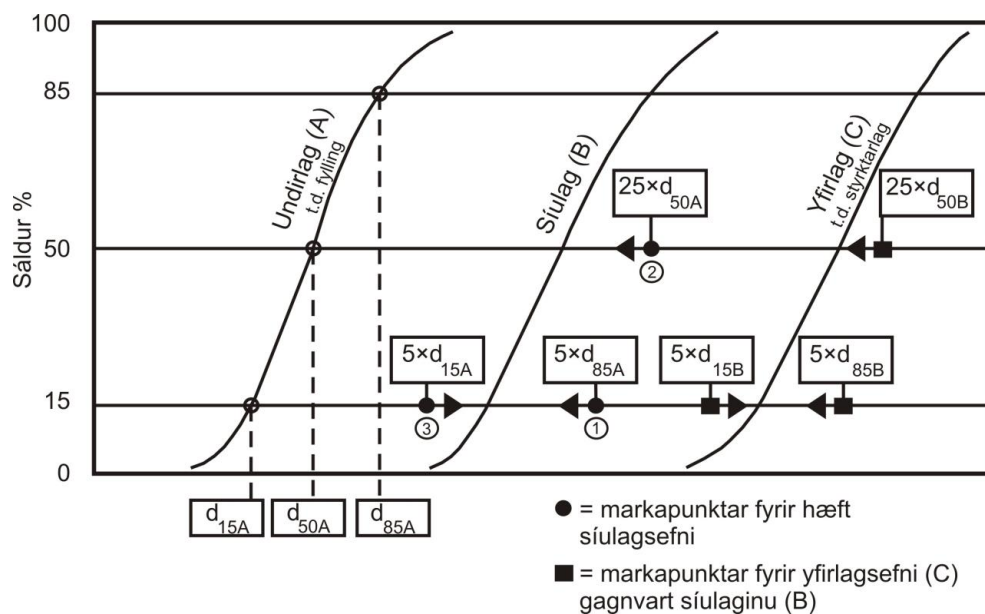
Fyrsta síukrafan segir að d_{15} fyrir síulagið (B) skuli mest vera $5 \times d_{85}$ fyrir undirlagið (A). Markapunkturinn $5 \times d_{85}$ er merktur 1 á mynd 2-2 og sáldurferill síulagsins verður að koma vinstra megin við hann.

Önnur síukrafan segir að d_{50} fyrir síulagið (B) skuli mest vera $25 \times d_{50}$ fyrir undirlagið (A). Markapunkturinn $25 \times d_{50}$ er merktur 2 á mynd 2-2 og sáldurferill síulagsins verður líka að koma vinstra megin við hann.

Þriðja krafan, sem tryggir hlutfallslega afvötnunareiginleika síulags, segir að d_{15} fyrir síulagið (B) skuli vera minnst $5 \times d_{15}$ fyrir undirlagið (A). Markapunkturinn $5 \times d_{15}$ er merktur 3 á mynd 2-2 og sáldurferill síulagsins verður að koma hægra megin við hann. Sáldurferill síulagsins á sem sé að fara um hliðið sem markast af markapunktunum 1 og 3 og á auk þess að liggja vinstra megin við markapunktinn sem er merktur 2.

Samsvarandi reikninga (þ.e. fyrstu og aðra síukröfu) er rétt að gera fyrir síulagið og yfirlagið (C) til að ganga úr skugga um að yfirlagið uppfylli síukröfur gagnvart síulaginu.

Ekki er raunhæft að draga markalínur milli markapunkta vegna þess að ef t.d. síulagið er fært til hægri að markapunktum $5 \times d_{85A}$ og $25 \times d_{50A}$ þá er óvíst að yfirlagið sé enn innan markapunkta og þarf því að reikna fyrir hvert einstakt tilvik.

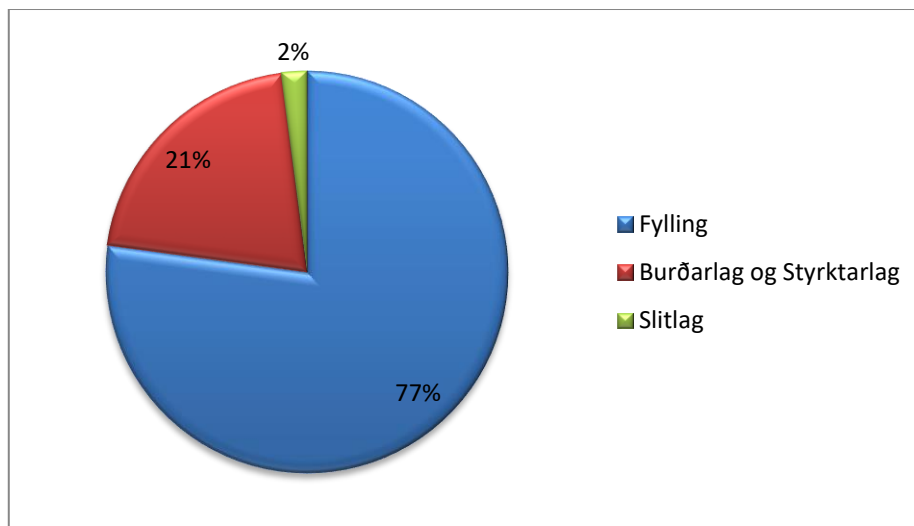


Mynd 2-2: Markapunktur reiknaðir út frá síukröfum

2.2 Steinefnanotkun í vegagerð

Til að gefa hugmynd um efnisnotkun í vegagerð, má taka árið 2008 sem dæmi, sjá mynd 2-3. Þá var efnisnotkun til vegagerðar samtals tæplega 5 milljón rúmmetrar (m^3), þar af liðlega 3,8 milljón m^3 í fyllingar, liðlega 1 milljón m^3 í styrktar- og burðarlög og um 0,1 milljón m^3 í slitlög.

Um 60% af steinefnisnotkuninni í landinu er til vegagerðar sem er svipað hlutfall og annarsstaðar á Norðurlöndum. Heildarefnisnotkun á Íslandi er hins vegar margföld á við önnur Evrópulönd mæld í tonnum á íbúa, enda hefur uppbygging hér á landi verið mjög hröð bæði í vegagerð og á öðrum sviðum mannvirkjagerðar. Líklegt er að þróunin á næstu áratugum verði sú að heildarefnisnotkun í vegagerð muni minnka en að hlutfallslegt magn gæðafna í efri lög vegarins muni vaxa. Þetta stafar af því að efnisnotkun til viðhalds á efri lögum veganna mun fara vaxandi hlutfallslega miðað við efni til nýbygginga. Vinnsla á bergi hefur farið vaxandi á undanförunum árum, en á árinu 2008 var slík vinnsla um 35% af heildinni en var árið 2002 einungis um 10% af heildarefnisnotkun til vegagerðar hérlendis. Til samanburðar er vinnsla bergs allt að 50% af heildarefnisnotkun á Norðurlöndunum og í sumum Evrópulöndum eru allt að 90% af steinefnum til mannvirkjagerðar unnin úr bergi.



Mynd 2-3: Skipting efnisnotkunar í vegagerð árið 2008

2.3 Val á efnistöku

Nálægt markaðssvæðum við þéttbýli eru verk yfirleitt boðin út með þeim hætti að verktaka er ætlað að útvega steinefni til verksins. Verktaki kaupir þá efnið af steinefnaframleiðendum sem starfrækja námuvinnslu á svæðinu. Hér á landi hefur hins vegar verið algengt utan þéttbýlissvæða að Vegagerðin leiti að og rannsaki jarðmyndanir sem eru vænlegar sem efnistökusvæði og semji við landeigendur um leyfi til efnistöku fyrir viðkomandi verk. Í útboðsgögnum er þá gerð grein fyrir efnistöku þar sem verktaka er ætlað að taka efni til verksins. Efnisgerðum og jarðmyndunum er lýst í viðaukum 2 og 3.

Yfirgripsmikil skýrsla um efnisvinnslu hefur verið gefin út³ og einnig handbók um sama efni sem var gefin út í febrúar 2018⁴.

Við val á efnistöku er mikilvægt að styðjast við rannsóknir á steinefnum til að tryggja að efni sem eru valin séu hæf til vegagerðar. Einnig er mikilvægt að bera saman mismunandi valkosti, bæði með tilliti til efnisgæða og kostnaðar við vinnslu og flutning efnisins. Magn efnisins, efniskröfur, og vinnslu- og flutningskostnaður eru vegin saman í slíku mati. Kröfur til fyllingarefna eru t.d. almennt litlar en hins vegar er oft um mikið magn að ræða og því er leitast við að lágmarka flutningsvegalegd. Efniskröfur eru meiri til efstu laga veghlotsins en efnismagn tiltölulega lítið og því eru efni í burðarlag og slitlag oft flutt tugi kílómetra frá efnistöku að vegstæði. Það sama á við um steinefni sem notað er í gæðasteypu og slitlagssteypu, að það er oft flutt langar leiðir. Það getur verið kostnaðarsamt að vinna vegagerðarefni úr bergi, en með slíkri vinnslu fást oft hæfustu efnin í burðarlag og slitlag og getur því klapparvinnsla verið hagkvæmari en að flytja hæft efni úr setlögum langar leiðir. Efni í hvert lag vegarins eru valin þannig að þau standist kröfur, en mikilvægt er að sólunda ekki gæðaeffnum í neðri lög vegarins á svæðum þar sem skortur er á slíkum efnum. Til dæmis ætti ekki að byggja vegfyllingar úr hágæðaeffnum, sem geta nýst t.d. sem steypuefni eða sem steinefni í klæðingu eða malbik. Við val á efnistöku ber að hafa í huga að áraun malarflutninga á vegakerfið er mikil og frá því sjónarmiði er óæskilegt að flytja efni of langa vegalegd. Einnig þarf ávalt að taka tillit til umhverfissjónarmiða þegar efnistöku staðir eru valdir en ýtarlegar upplýsingar um þau mál er að finna á vefsíðunni <http://www.namur.is/>. Vegagerðin skráir námur á landinu og hægt að sjá staðsetningu námanna ásamt helstu upplýsingum um þær á slóðinni: <http://namur.vegagerdin.is/>. Með því að smella á námupunkta á korti/loftmynd er hægt að skoða niðurstöður steinefnarannsókna.

2.4 Evrópustaðlar og íslenskir fylgistaðlar

Samhæfdir Evrópustaðlar sem ná yfir prófanir á steinefnum og framleiðslu þeirra tóku gildi 2004. Endurskoðun framleiðslustaðlanna (e. Product Standards) og samræming þeirra og jafnvel samruni 4 framleiðslustaðla í einn staðal er í vinnslu. Líkur eru á að endurskoðaðir staðlar verði gefnir út í fyrsta lagi á árinu 2022. Þessir staðlar eru gefnir út af staðalnefnd CEN TC/154 sem fjallar um steinefni (e. Aggregates). Framleiðslustaðlarnir eru leiðandi varðandi það hvaða prófanir á efniseiginleikum steinefna til vegagerðar skuli eða megi gera og þar eru settir fram kröfuflokkar fyrir hvern mældan eiginleika. Ísland er aðili að evrópska efnahagssvæðinu (EES) og ber því að fara eftir ákvæðum staðlanna. Yfir 40 prófunaraðferðir hafa nú verið settar fram sem Evrópustaðlar fyrir prófanir á steinefnum og níu framleiðslustaðlar sem fjalla um steinefni til mismunandi nota, svo sem í steinsteypu, malbik og óbundin efni.

Ekki er skylda að nota alla þá prófunarstaðla sem settir eru fram og sumir þeirra miðast við sér aðstæður í einstökum löndum. Því er nauðsynlegt að velja úr þá staðla sem byggingariðnaðurinn í hverju landi kemur sér saman um að æskilegt eða nauðsynlegt sé að nota til að tryggja að fullnægjandi upplýsingar liggi fyrir um gæði steinefna til mannvirkjagerðar. Í Efnisgæðaritinu er tekið mið af íslenskum fylgistöðlum með framleiðslustöðlum þar sem valdar hafa verið þær prófunaraðferðir

³ Hafdís Eygló Jónsdóttir og Gunnar Bjarnason 2013: Vinnsla steinefna til vegagerðar - Tækjabúnaður, verkætni og framleiðslueftirlit.

⁴ Hafdís Eygló Jónsdóttir og Gunnar Bjarnason 2018: Handbók um vinnslu steinefna til vegagerðar. Sjá slóð beggja rita: <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/leidbeiningar-og-stadlar/efnisrannsoknir/>

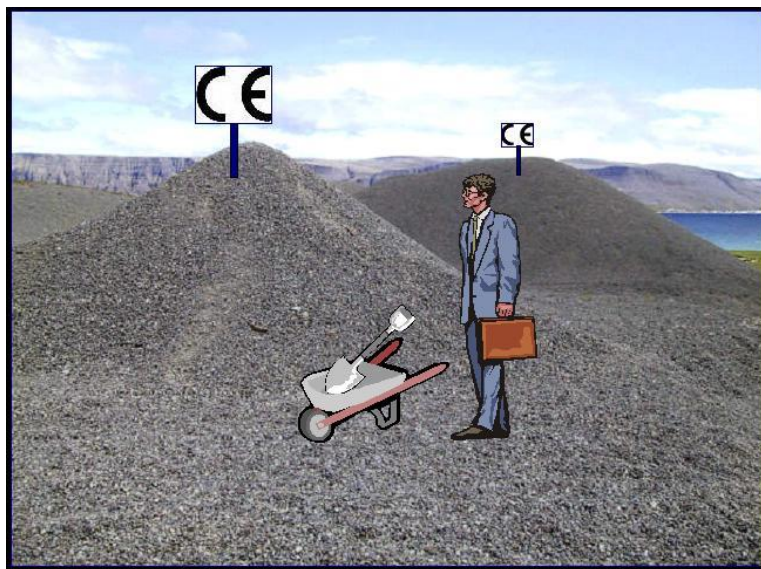
sem eru taldar henta best íslenskum steinefnum og aðstæðum. Gerð er grein fyrir þeim í einstökum köflum og viðauka 4. Prófunaraðferðum er lýst í viðauka 1.

Framleiðslustaðlar fyrir óbundin steinefni, bikbundin steinefni og steinefni í steinsteypu eru settir fram á samræmdan hátt, en þó eru tilteknar prófunaraðferðir og kröfur þess eðlis að þær henta eingöngu viðkomandi framleiðsluafurð. Í stöðlunum er í sumum tilfellum gefinn kostur á að velja á milli tveggja eða fleiri prófunaraðferða sem mæla sambærilega eiginleika steinefna. Í framleiðlustöðlunum er að finna ákvæði varðandi framsetningu prófunarniðurstaðna á sýnum, t.d. hvað varðar kornadreifingu, lögun, styrk, veðrunarþol og efnainnihald þeirra, svo eitthvað sé nefnt. Einnig eru viðaukar í öllum framleiðlustöðlunum (e. Annex ZA) með lýsingu á því hvernig standa skuli að gæðayfirlýsingu (e. Declaration of Performance, DoP).

Í framleiðlustöðlum fyrir steinefni er fjallað um gerðarprófanir og framleiðslueftirlit sem ber að viðhafa og er grundvöllur CE merkingar framleidds steinefnis. Unnið er að því að hluti framleiðslustaðlanna verði sameinaðir í einn framleiðslustaðal fyrir steinefni til hinna ýmsu nota.

Margar aðildarþjóðir hafa skrifað fylgistaðla (e. National Annex eða National Document), til þess að innleiðing Evrópustaðla á steinefnasviðinu gangi hnökralaust fyrir sig. Slíkur fylgistaðall, ÍST 76, er gefinn út af Staðlaráði Íslands og tók fyrst gildi hérlendis árið 2013. Fylgistaðallinn verður gefinn út í endurskoðaðri útgáfu þegar að endurskoðaðir framleiðslustaðlar verða gefnir út. Fylgistaðallinn er með framleiðlustöðlunum ÍST EN 12620 *Steinefni í steinsteypu*, ÍST EN 13043 *Steinefni í malbik og klæðingar á vegi, flugvelli og önnur umferðarsvæði* og ÍST EN 13242 *Steinefni í mannvirki og vegagerð, notuð óbundin eða bundin með vatnshverfum efnnum*. Í fylgistaðli ÍST 76 eru sett fram ákvæði um prófanir, tíðni prófana og gæðastöðugleika (e. Constancy of Performance) vegna framleiðslu steinefna. Í fylgistaðlinum felst samkomulag milli framleiðenda og kaupenda steinefna svo og prófanastofa, t.d. hvað varðar val á prófunaraðferðum sem nota skal til mælinga á eiginleikum steinefna til mismunandi nota. Fylgistaðallinn tekur afdráttarlausu afstöðu til prófunaraðferða og eftirlitskerfa (e. AVCP). Þar kemur fram að eftirlit með framleiðslu skuli vera einungis á hendi framleiðanda steinefnis (eftirlitskerfi AVCP 4) við framleiðslu á steinefni til óbundinna nota (ÍST EN 13242), en að tilnefndur aðili (e. Notified Body) skuli staðfesta gerðarpróf og eftirlit framleiðanda (eftirlitskerfi AVCP 2+) við framleiðslu steinefnis í steinsteypu (ÍST EN 12620) og við framleiðslu bikbundins steinefnis (ÍST EN 13043). Á grundvelli yfirlýsingar framleiðanda um eiginleika steinefna, sbr. ÍST 76, getur framleiðandi CE-merkt sína framleiðslu. Meginefni fylgistaðals um framleiðslu steinefna er birt í viðauka 4.

Í lok árs 2013 kom upp sú staða að nýjustu útgáfur framleiðslustaðla EN 12620, EN 13043, EN 13139, EN 13242, EN 13383-1 og EN 13450 undir staðlanefnd CEN TC 154 voru dregnar til baka af tæknilegum ástæðum. Eldri útgáfur hafa tekið gildi á meðan unnið er að nýrri útgáfu sameinaðs staðals. Að mestu var um að ræða ritstjórnarleg atriði (e. editorial), en að sama skapi hefur þessi vinna leitt til ákveðinnar samræmingar milli staðlanna. Formlegri atkvæðagreiðslu um nýja útgáfu staðlanna lauk í ágúst 2018 og voru staðlarnir samþykktir af öllum aðildarþjóðunum. Hinsvegar krafðist ráðgjafastofa (HAS consultants) fjölmargra breytinga á stöðlunum sem mun seinka enn útgáfunni. Reiknað er með að sameinuð útgáfa þessara staðla muni koma út á árinu 2022 að undangengnu „CEN Enquiry“ og „Formal Vote“. Nýi staðallinn mun fá númerið ÍST EN 17555-1. Í Efnisgæðaritinu er tekið mið af þeim staðaldrögum sem samþykkt voru af aðildarþjóðunum í formlegri atkvæðagreiðslu, þótt þeir hafi formlega séð ekki tekið gildi en eftir útgáfu nýja staðalsins mun að sjálfsögðu verða vísað til hans. Framleiðslustaðlar undir CEN TC 227, sem fjalla um vegagerðarefni m.a. malbik og klæðingu, voru gefnir út á árinu 2016. Sambærileg ritstjórnarleg atriði þarfnast leiðréttingar í þeim stöðlum en líklegt er að sú leiðrétting bíði 5 ára endurskoðunar staðlanna. Í Efnisgæðaritinu er tekið mið af stöðlunum sem voru gefnir út 2016 en tóku ekki formlega gildi með auglýsingu í OJEU tíðindunum sem er forsenda gildistöku. Endurskoðun fylgistaðlanna ÍST 75 og ÍST 76 mun bíða þar til nýjar útgáfur staðlanna hafa verið gefnar út.



Staðlanefndin CEN TC/227, fjallar um staðla fyrir vegagerðarefni (e. Road Materials) og fjalla undirnefndir hennar um malbik, klæðingar, steinsteypu og óbundin lög í vegi og flugvelli. Endurskoðaðir framleiðslustaðlar um mismunandi gerðir malbiks, ÍST EN 13108-1 til 9 voru gefnir út árið 2016 en voru ekki formlega auglýstir í OJEU (e. Official Journal of the European Union). Einnig voru gefnar út nýjar útgáfur af stöðlum um gerðarprófanir og framleiðslueftirlit með malbiki, þ.e. ÍST EN 13108-20 og 13108-21. Staðlaráð Íslands gaf árið 2013 út fylgistaðal, ÍST 75, sem gildir hérlendis og verður staðallinn endurskoðaður þegar nýjar útgáfur staðla hafa tekið gildi. Fylgistaðallinn er með framleiðslustöðlunum ÍST EN 13108-1 Malbiksblöndur – Efnislýsingar – Hluti 1: Stífmalbik (AC) og ÍST EN 13108-5 – Hluti 5: Steinríkt malbik (SMA) og setur fram ákvæði um prófanir, tíðni prófana og samræmiskerfi vegna

framleiðslu malbiks. Í fylgistaðlinum er m.a. tilgreint hvaða lágmarkskröfur um prófanir við framleiðslueftirlit (e. Factory Production Control, FPC) skv. ÍST EN 13108-21 skuli gerðar héraendis, svo og hvaða gerðarprófanir (e. Type Testing, TT), skv. ÍST EN 13108-20 skuli gera á malbiki. Ákvæði um framleiðslueftirlit og framkvæmdaeftirlit með malbiki og klæðingu eru í kafla 6 í þessu riti og í viðauka 4. Vert er að benda á hér að þar sem umferð er ≥ 8000 ÁDU eða þar sem þungaumferð er ≥ 400 ÁDU_p (miðað við heildarumferð á vegi eða götu) og einnig þar sem er sambærilegt álag á malbikinu skal gerðarprófa malbik með hjólfaraprófi, slitpolsprófi og vatnsnæmiprófi auk hefðbundinna prófana sem tiltekna eru í fylgistaðlinum.

2.5 Stærðaflokkun steinefna

Tafla 2-2 sýnir tillögu að heitum stærðaflokka steinefna sem hefur verið samþykkt af Vegorðanefnd.

Stærðabil fyrir korn eða steina minni en 125 mm í þvermál eru í samræmi við framleiðslustaðla CEN/TC 154 og prófunarstaðla ÍST EN 933-1 og 2. Fyrir stærri steina er höfð hliðsjón af flokkun sem kynnt er í orðabókinni Glossary of Geology eftir Bates og Jackson⁵. Öll mál í þeirri bók miðast þó í grunninn við enska kerfið sem byggir á málsetningu í tommum en stærðir hafa hér verið færðar til metrakerfis í eðlilegu framhaldi af ISO 565 R20 sigtaröðinni. Þess ber að geta að hugtakið Grettistak er í jarðfræði notað yfir grjót sem verður eftir þegar jökull bráðnar en slíkt grjót getur verið af ýmsum stærðum. Til fróðleiks eru einnig birtar í töflunni þyngdir grjóts sem miðast við að rúmpyngd þess sé 2,85 Mg/m³ (tonn/m³). Annars vegar er gert ráð fyrir að grjótið sé kúlulaga og hinsvegar að það sé teningslaga. Í reynd er grjótið vigtað við byggingu rofvarna og brimvarna.

Í Evrópustaðli um brimvarnargrjót, ÍST EN 13383 (e. Armourstone), eru auk sigtastærða að 250 mm gefnir upp eftirfarandi þyngdarflokkar (e. heavy grading) 300 - 1000 kg, 1000 - 3000 kg, 3000 - 6000 kg, 6000 - 10000 kg og 10000 - 15000 kg en auk þess léttari þyngdarflokkar milli 5 og 300 kg (e. light grading).

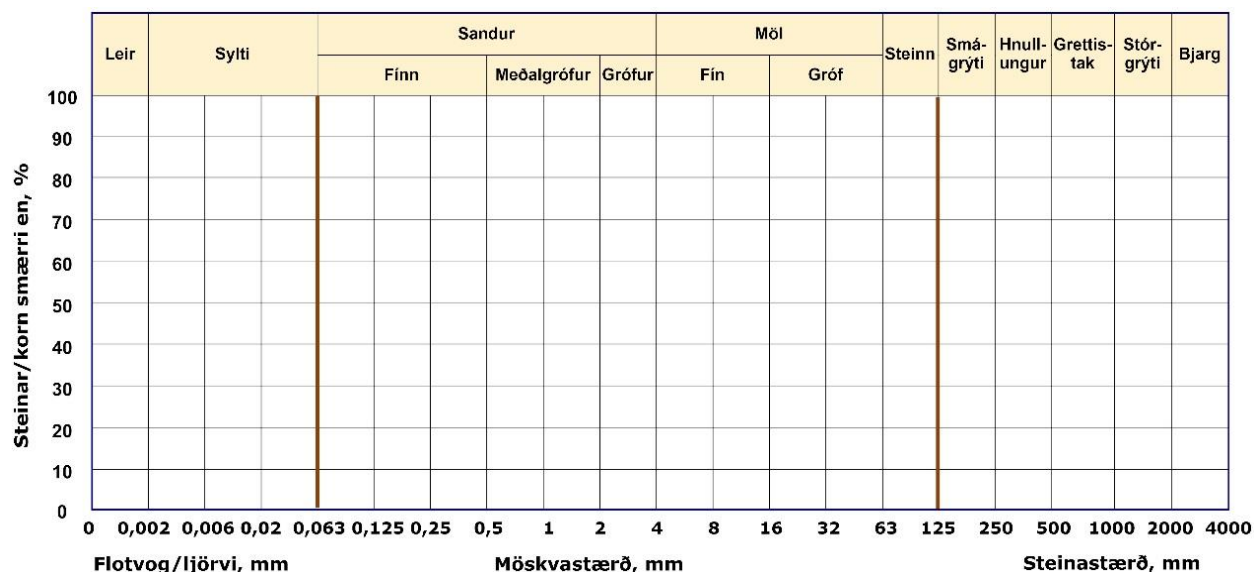
Tafla 2-2: Stærðaflokkun steinefna

Íslensk heiti stærðaflokka	Stærðabil, mm	Þyngd kúlulaga grjóts	Þyngd teningslaga grjóts	Enskt heiti stærðaflokka (Bates og Jackson)
Leir	< 0,002			Clay
Sylti	0,002-0,063			Silt
Sandur	0,063-4			Sand, < 4 mm
Möl (völur)	4-63			Pebble, 4-64 mm
Steinn	63-125			Small cobble, 64-128 mm
Smágrýti	125-250	3 – 23 kg	6 – 45 kg	Large cobble, 128-256 mm
Hnullungur	250-500	23 – 185 kg	45 – 360 kg	Small boulder, 256-512 mm
Grettistak	500-1000	0,185 – 1,4 tonn	0,36 – 2,85 tonn	Medium boulder, 512-1024 mm
Stórgnýti	1000-2000	1,4 – 12 tonn	2,85 – 23 tonn	Large boulder, 1024-2048 mm
Bjarg	2000-4000	12 – 97 tonn	23 – 182 tonn	Very large boulder, 2048-4096 mm

Á mynd 2-4 eru möskvastærðir og steinastærðir allra stærðaflokkanna teiknaðar á x-ás. Myndin er annars notuð til að sýna sáldurferla og þá er þyngdarhlutfall sáldurs á y-ás. Þess ber að geta að mikill munur er á því hvernig stærðir steinefnakorna eru mældar.

⁵ Bates, R.L., and Jackson, J.A., eds., 1987, Glossary of geology (3d ed.): Alexandria, Va., American Geological Institute, 788 p

Smæstu stærðirnar leir og sylti eru mældar með flotvog (e. hydrometer) eða ljörva (e. laser) en stærðir frá 0,063 – 125 mm eru mældar með sigtun. Hérlandis hefur verið ákveðið að nota sigtaröð 1 (e. basic set plus set 1) úr grunnsigtaröð ISO 565/R20, sbr. töflu 1 í framleiðslustöðlum fyrir steinefni. Þessari tilhögun er lýst í fylgistaðli ÍST 76 og einnig í viðaukum 1 og 4 í Efnisgæðaritinu. Prófunaraðferðum er lýst í viðauka 1. Fyrir rofvarngrjót eru sett fram ákvæði um þyngdir steina og er þá miðað við að þeir hafi lögun tenings og miðast stærðin þá við hliðarlengd á teningnum. Stærðir rofvarngrjóts eru oft mældar með málbandi en einnig er hægt að stærðargreina grjótið með myndgreiningu. Það er því ekki nákvæmt orðalag að tala um möskvastærðir eða sáldur fyrir grjót sem er stærra en 125 mm.



Mynd 2-4: Stærðaflokkar steinefna

2.6 Sandur⁶ undir hellur, götusteina, við rör, jarðstrengi og sem hálkuvörn

Hvorki ílagnarsandur undir hellur, götusteina, við rör og jarðstrengi, né hálkuvornarsandur eru til umfjöllunar í meginköflum Efnisgæðaritsins. Ástæðan er sú að slíkur sandur er sérstök framleiðsluafurð sem fellur ekki að umfjöllun meginkaflanna. Í BUSL skýrslu nr. B-32 „Steinlagnir í vega- og gatnagerð⁷“ er fjallað um athuganir sem gerðar voru með ílagnarsand með sérstöku tilliti til eiginleika sandsins með snjóbræðslurörum. Hafa ber þó í huga að kröfur til burðalags, ílagnarefnis og fúguefnis undir hellu- og steinlagnir þarf ætíð að velja í samræmi við aðstæður hverju sinni. Hér á eftir er fjallað um ílagnarsand í stuttu máli og sagt frá helstu efnisgerðum og kröfum.

Kröfur til sands sem hér er til umfjöllunar eru fyrst og fremst varðandi kornastærð og kornastærðardreifingu, bergbrigði, brotstig, styrk að einhverju leyti og frostþol. Yfirleitt eru þessir þættir, aðrir en kornadreifing, metnir sjónrænt, þar sem staðlaðar prófunaraðferðir til að mæla ofangreinda þætti eru af skornum skammti í sandstærðum.

⁶ Hefð er fyrir því að nota orðið sandur yfir 0/8 mm ílagnarefni. Í raun er sandur skilgreindur á stærðarbilinu 0,063 til 4,0 mm, en þar fyrir ofan tekur við fínmol.

⁷ Jón Skúli Indriðason, Lech Pajdak, Ólafur Melsted, Þorgeir S. Helgason og Þór Gunnarsson 2001: Steinlagnir í vega- og gatnagerð – lokaskýrsla. BUSL skýrsla nr. B-32.

Sandur umhverfis háspennustrengi þarf auk ofangreindra eiginleika að vera núinn og hafa góða varmaleiðni. Háلكuvarnarsandur þarf hins vegar helst að hafa hátt brothlutfall.

Burðarlag undir ílagnasand undir hellur og götusteina:

Í burðarlag undir ílagnasand undir hellur og götusteina skal nota frostfría mól, lausa við mold og leir. Burðarlagsefnið, sem gjarnan er óflokkað 0/22 eða 0/32 mm og jafnvel grófara þarf að þjappa vel og slétta eins og kostur er í rétta hæð.

Burðarlaginu er oft komið fyrir og það þjappað í tveimur lögum þar til endanlegri hæð er náð, en hæðarlega burðarlags er háð því hvort hitalögn verður undir yfirborðinu eða ekki. Við sléttun og þjöppun á burðarlaginu er mikilvægt að hæðarlega sé nákvæm.

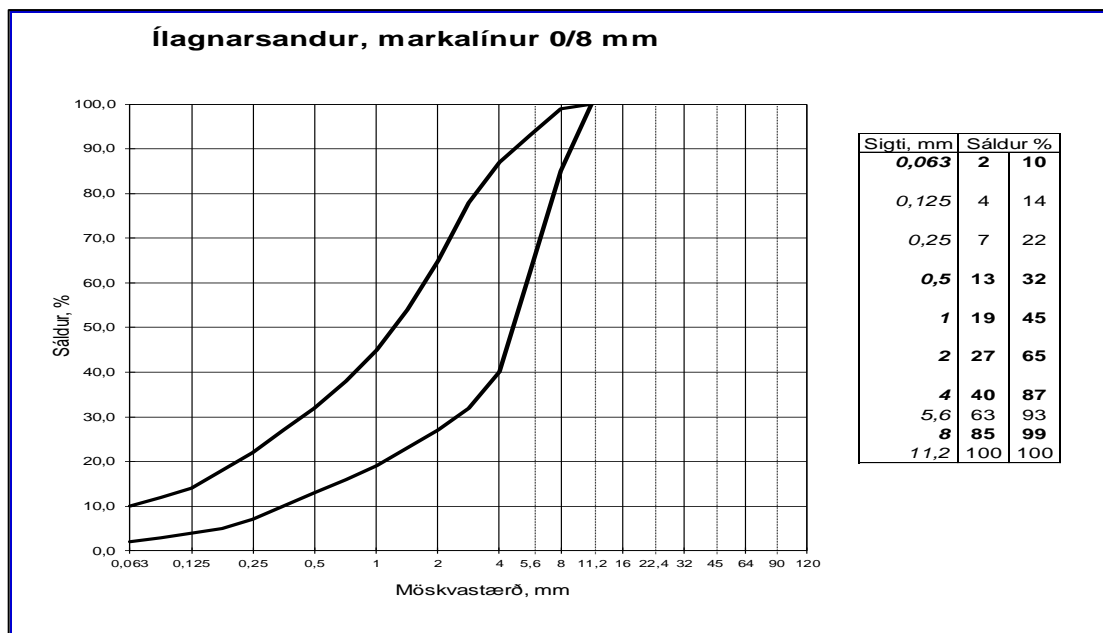
Mjög mikilvægt er að efsti hluti burðarlagsins hafi verið vel blandaður, þannig að hvergi séu í honum hreiður eða oddhvassir steinar uppi við yfirborð hans. Ef svo er þarf að fylla í með ílagnarsandi og þjappa vel, þannig að t.d. plaströr leggist á slétt og steinalaust yfirborð ef um snjóbræðslulögn er að ræða.

Ílagnasandur undir hellur og götusteina:

Það getur verið vandasamt að slétta nákvæmlega yfirborð burðarlags sem hefur verið þjappað undir hellulögn eða götusteina. Því er oft sett þunnt sandlag ofan á burðarlagið til þess að unnt sé að mynda slétt yfirborð. Vegna þess hve burðargeta og stæðni sands er lítil er reynt að hafa sandlagið sem allra þunnst til þess að forðast skrið í laginu. Sandlagið á helst ekki að vera þykkara en 30 til 50 mm undir venjulegum kringumstæðum, en samkvæmt fróðlegum dönskum leiðbeiningum skal sandlagið vera < 30 mm.⁸ Hér er mælt með að hafa þykkt sandlagnsins < 30 mm ef kostur er. Þar sem snjóbræðsla er lögð í sandinn getur þurft að hafa lagið aðeins þykkara t.d. 60 til 80 mm til þess að verja snjóbræðslurörin. Snjóbræðslulöngur eru gjarnan 25 mm í ytra þvermál og skal sandþekjulag undir lögnum vera 0-10 mm og sandþekjulag yfir lögnum 25-35 mm.

Markalínur 0/8 mm ílagnarsands undir hellur og götusteina eru sýndar á mynd 2-5. Ef fínefni < 0,063 mm eru > 7% gildir sú krafa að minna en 3% af þyngd efnisins má vera fínna en 0,02 mm til að fyrirbyggja að frostlyftingar, sem skemma og aflaga hellu- eða steinlögnina, geti átt sér stað.

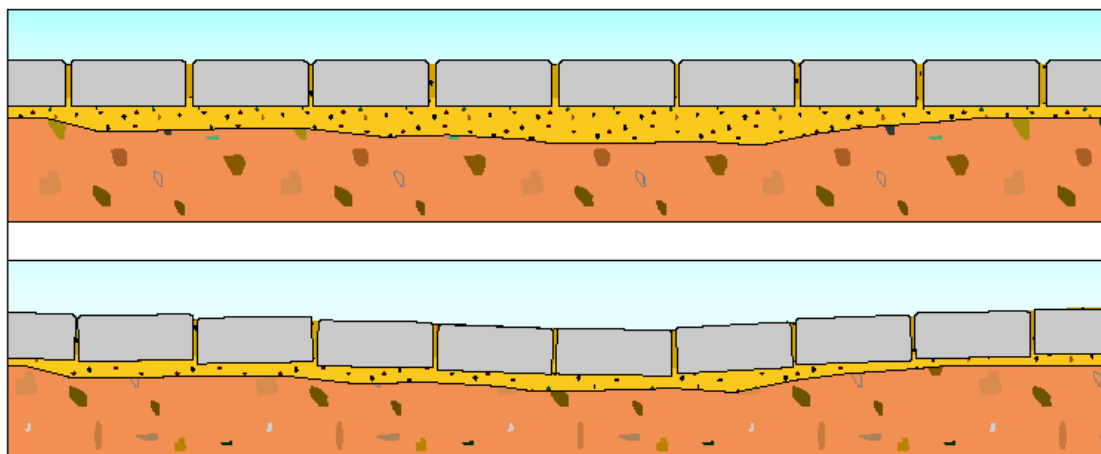
⁸ <https://www.danskbyggeri.dk/>



Mynd 2-5: Markalínur 0/8 mm ílagnarsands undir hellur og götusteina

Sandurinn skal vera þjöppunarhæfur, frostfrír og hafa nægjanlegan styrkleika til að hann molni ekki niður við þjöppun eða umferðarálag og verði þannig frostnæmur. Kornastærð skal vera innan markalína á mynd 2-5. Bent skal á að í dönsku leiðbeiningunum sem vísað er í hér að framan eru markalínurnar mjög svipaðar og á mynd 2-5, en þó með þeirri undantekningu að leyfilegt er að 0% sé < 0,125 mm. Hér er mælt með að nota markalínurnar á mynd 2-5, þ.e.a.s. að hafa 2% neðri mörk fínefna (0,063 mm). Brotinn sandur hefur betri stæðni en ávalur sandur og hentar því vel undir hellulögn. Dæmi um sand með þeim eiginleikum, sem auk þess er frostþolinn myndast við vinnslu á fersku bólstrabrotabergi.

Mynd 2-6 sýnir hvernig skrið og aflögun hellulagnar getur orsakast af of þykku sandlagi ílagnarsands.



Mynd 2-6: Skrið og aflögun hellulagnar sem orsakast af of þykku sandlagi

Ílagnasandur undir malbik:

Ef leggja á snjóbræðslurör undir malbik er sandurinn jafnaður út í rétta þykkt og þjappaður án titrunar eina yfirferð. Síðan er gjarnan þjappað í endanlega þykkt með 5 til 7 tonna sjálfkeyrandi tromluvalta í fjórum yfirferðum. Fyrstu tvær yfirferðir eru farnar án titrunar, en seinni yfirferðir með lágmarks titrun. Hraði valta skal vera 1,5 - 2 m/s. Við þjöppun skal raki sandsins vera sem næst hagstæðasta raka skv. Proctor prófi. Hér gildir eftir sem áður að þykkt ílagnarsandlagsins er haldið í lágmarki til að koma í veg fyrir hjólfaramyndun vegna skriðs í sandlaginu, en skrið í sandlaginu er mjög háð þykkt lagsins.

Ílagnarsandur umhverfis jarðstrengi:

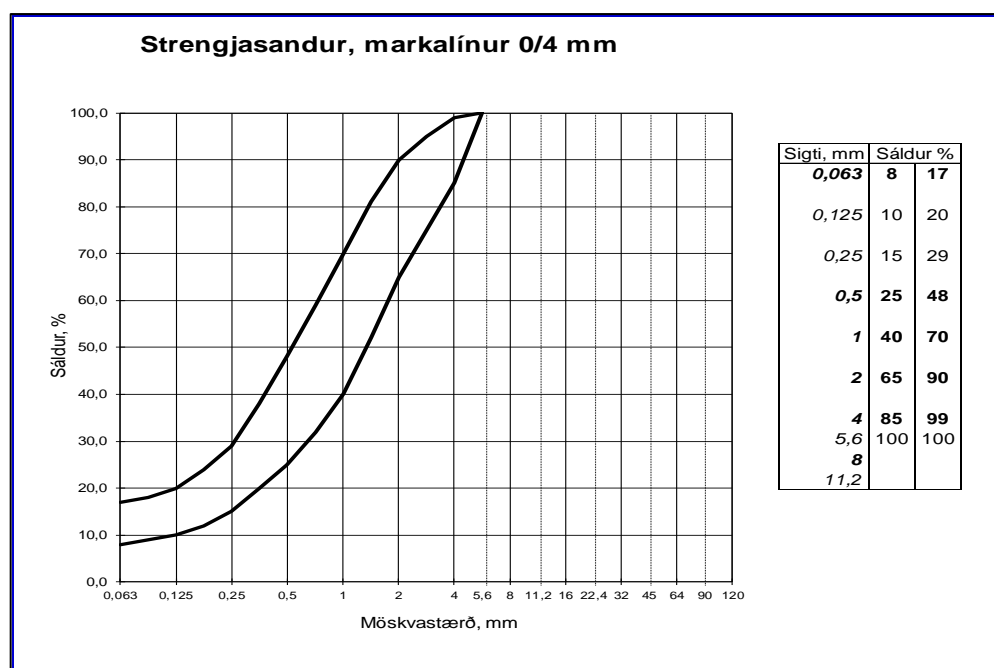
Jarðstrengir skulu lagðir í sand með flokkunarstærð 0/8 mm. Ekki skal nota leirkenndan sand og í sandinum mega heldur ekki vera steinar með hvössum brúnum. Undir jarðstreng skal ganga frá 150 mm þykku sandlagi og síðan 150 mm sandlagi ofan á jarðstreng. Ofan á sand skal síðan fylla í skurð með burðarlagsefni.

Strengjasandur umhverfis háspennustrengi:

Sandur sem nota á umhverfis háspennustrengi þarf að uppfylla strangar kröfur um efniseiginleika, m.a. varðandi varmaviðnám, enda er mjög mikilvægt að slíkir strengir ofhitni ekki. Eftirfarandi kröfur hafa verið settar fram í verkefnum hérlandis:

- Sandurinn má ekki innihalda skel, blöðrótt korn eða lífrænt efni
- Ekki er leyfilegt að nota brotið efni
- Sandurinn þarf að vera þjappanlegur, æskilegt er að $C_u > 5$ ($C_u = D_{60}/D_{10}$)
- Hámarks kornastærð skal vera < 11 mm
- Fínefna innihald ($< 0,063$ mm) skal vera á bilinu 8 – 17%. Í sumum tilfellum hafa mörkin verið sett á bilinu 6 – 20%.
- Varmaviðnám skal vera $< 1,5$ W/m K, við 5% rakastig

Á mynd 2-7 er sett fram dæmi um 0/4 mm strengjasand við háspennustrengi, þótt velja megi að nota grófara efni allt að flokkunarstærð 0/8 mm með hámarks kornastærð < 11 mm.



Mynd 2-7: Dæmi um markalínur fyrir 0/4 mm strengjasand umhverfis háspennustrengi

Strengjasand getur þurft að blanda sérstaklega til að ná réttri varmaleiðni við lágt rakastig og góðum þjöppunareiginleikum.

Mikilvægt er að frágangur og þjöppun sands sé góð. Miðað er við að þjappað sé með 200 kg plötubjöppu. Þjappa skal a.m.k. þrjár umferðir og huga að því að þjöppur séu hæfilega stórar til að komast með góðu móti í lagnaskurð. Tryggja skal að sandur sé þjappaður rakur og getur verið nauðsynlegt að vökva sand til að tryggja það.

Þegar söndun er lokið skal fylla í skurðinn upp að yfirborði með uppgröfnu efni og tryggja að síukröfur séu uppfylltar og/eða að jarðdúkur sé notaður milli strengjasandsins og fyllingarefnisins.

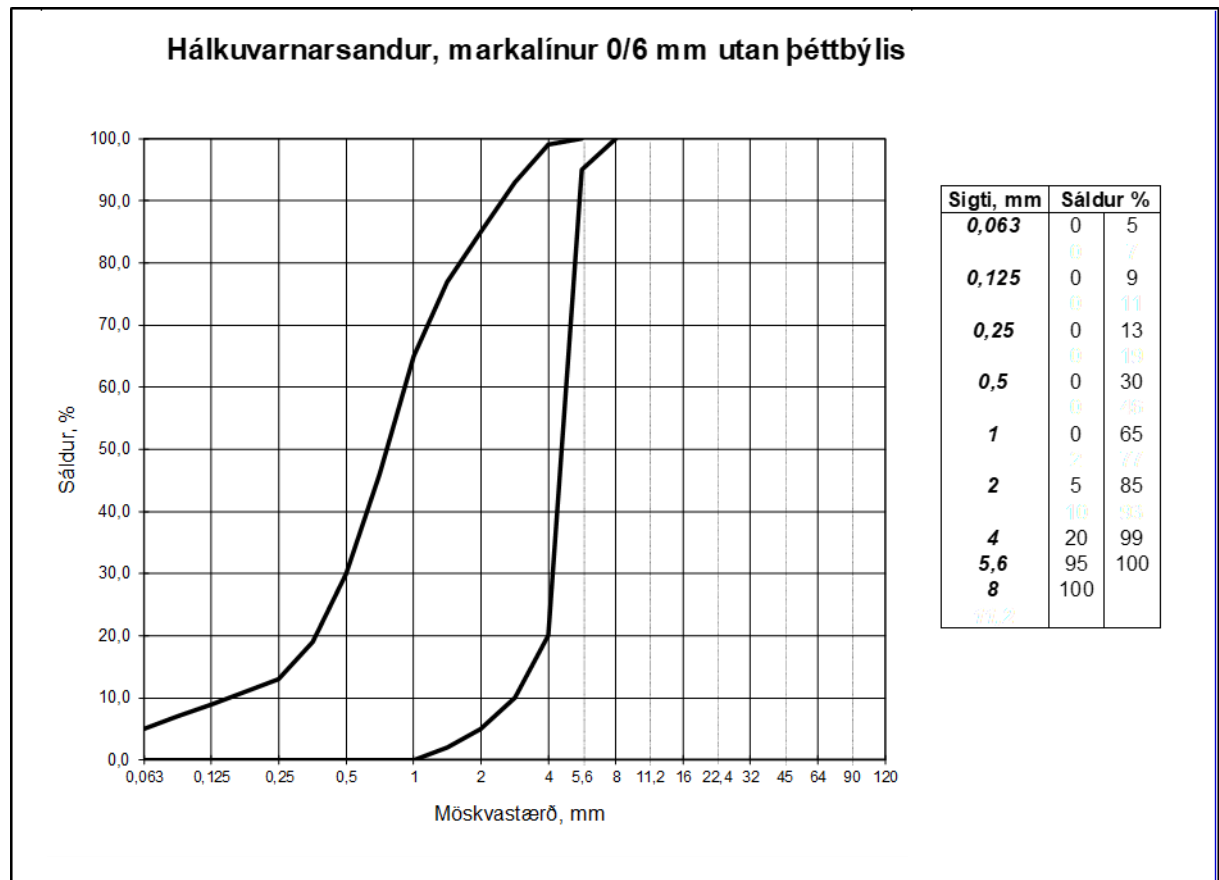
Ílagnasandur umhverfis veitulagnir:

Kringum hitaveitulagnir og vatnslagnir skal nota sand og fína mól án hvassra brúna með stærstu kornastærð ≤ 16 mm og með $< 9\%$ fínefni ($< 0,063$ mm). Auk þess er gerð krafa um að $< 3\%$ efnisins sé $\leq 0,02$ mm og að hlutfallið $d_{60}/d_{10} > 1,8$.

Hálkuvarnarsandur:

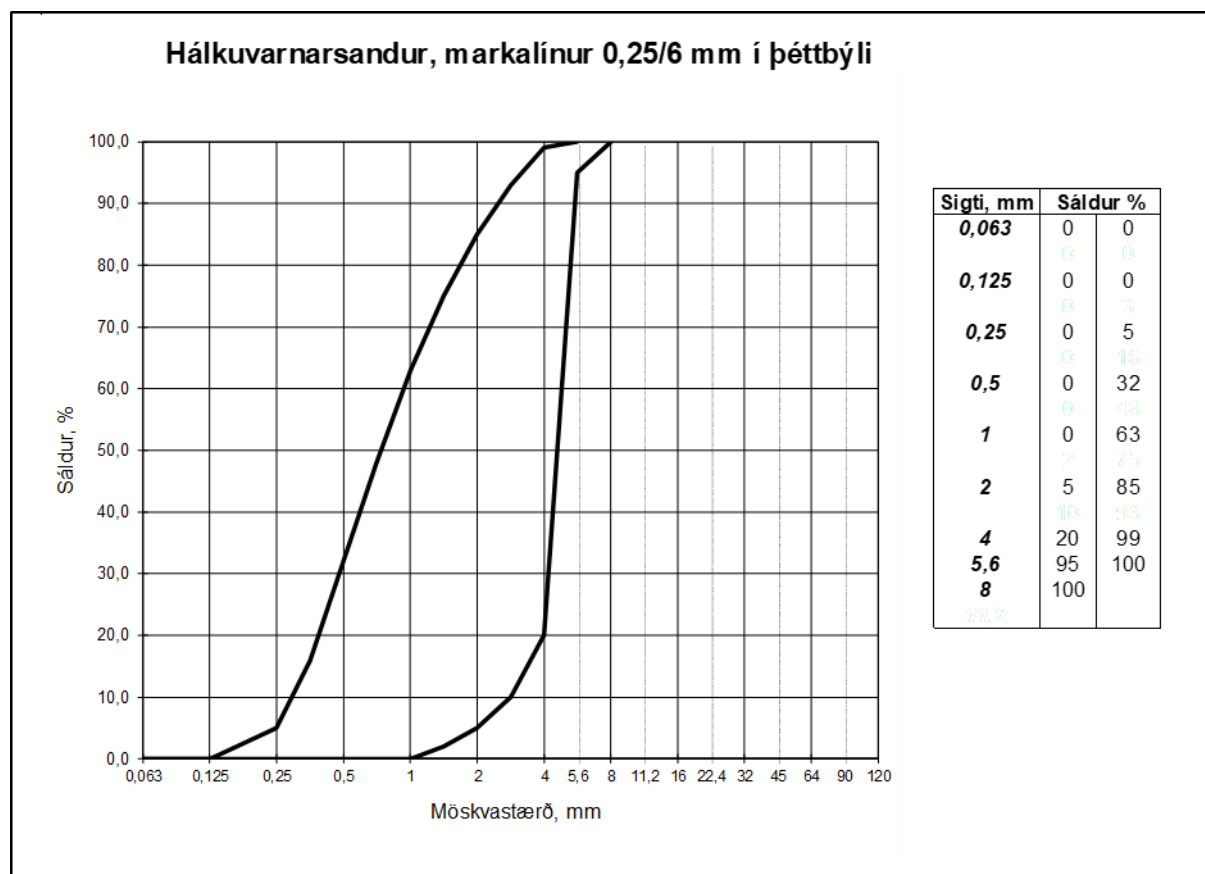
Að frátöldum umerðarmestu vegum á Íslandi, sem eingöngu eru háلكuvarðir með salti, er sandur notaður til háلكuvarna á meginhluta vegakerfisins, á þeim vegköflum sem á annað borð eru með skilgreindar háلكuvarnir skv. þjónustureglum. Nauðsynlegt er að sandur til háلكuvarna sé tiltölulega fínefnasnauður og alls ekki of grófur. Þetta hefur með virkni háلكuvarnar að gera, en jafnframt til að tryggja jafna dreifingu með efnisdreifurum. Ef sandurinn er of grófur getur verið hætt á steinkasti sem leiðir til skemmda á bifreiðum. Háلكuvarnarsandur þarf helst að hafa hátt brothlutfall til að veita gott viðnám og festast í yfirborðinu. Á myndum 2-8 og 2-9 eru settar fram markalínur fyrir háلكuvarnarsand sem með lítsháttar breytingum byggja á rannsókn norsku

Vegagerðarinnar⁹. Í þéttbýli er mjög mikilvægt að tryggja að ekki sé svifryk (smærra en 10 míkrometrar, 0,01 mm) í hálfuvarnarsandi og er við þær aðstæður mælt með að lítið af sandinum sé smærri en 0,250 mm (sjá markalínur á mynd 2-9). Með þvotti á hálfuvarnarsandi er hægt að losna að mestu við svifryk úr efninu.



Mynd 2-8: Markalínur fyrir 0/6 mm hálfuvarnarsand utan þéttbýlis

⁹ Feltforsök með ulik ströсандskvalitet, Vegdirektoratet, Vegavdelingen 2017.



Mynd 2-9: Markalínur fyrir 0,25/6 mm hálkuvarnarsand í þéttbýli

2.7 Eftirlit með framkvæmdum

Á undanförunum árum hefur Vegagerðin unnið að því að koma á laggirnar virku eftirliti með framkvæmdum með það að markmiði að koma á gæðastjórnun í framkvæmdum Vegagerðarinnar. Það á bæði við hvað varðar vinnu verktaka og umsjón og eftirlit með framkvæmdum. Hluti af gæðastýringu verkkaupa felst í því að útbúin sé eftirlitsáætlun af umsjónarmanni og eftirlitsmanni fyrir hvert verk til að tryggja að haft sé virkt eftirlit með öllum þáttum viðkomandi verks.

Í eftirlitsáætlun fyrir verk koma fram helstu upplýsingar um verkið, samantekt á kröfum verklýsingar og útboðslýsingar ásamt kröfum verklagsreglna. Einnig er lýsing á því hvernig uppfylla skuli allar kröfur, hvort sem um er að ræða kröfur til verktaka eða verkkaupa og hvernig skráningu skuli háttað og hvaða gögn skuli liggja fyrir.

Umsjónarmaður og eftirlitsmaður byrja gerð eftirlitsáætlunar fyrir viðkomandi verk þegar gerð útboðsgagna er að ljúka. Þeir fara yfir og meta kröfur í gögnum með tilliti til mikilvægis, eftirfylgni og framvindu verks. Ákveðið er í áætluninni hvernig eftirliti skal háttað, hvað skal skoða, hvernig og með hvaða tíðni. Eftirlitsáætlun verks skal ávallt vera í fullu samræmi við útboðsgögn. Þegar gengið hefur verið frá verksamningi skal fullgild eftirlitsáætlun liggja fyrir.

Fyrir ákveðna verkþætti getur verkkaupi lagt fram eyðublöð fyrir dagskýrslur og/eða áfangaskýrslur og krafist þess að verktaki fylli þær út og afhendi. Algengir verkþættir

eru til dæmis efnisvinnsla, ræsalögn og lögn klæðinga og malbiks. Verkkaupi getur, telji hann þörf á, farið fram á að verktaki útfylli sérstakar dagskýrslur fyrir alla verkþætti í framvindu verks.

Á rýnifundi í upphafi verks er verktaka afhent þau eyðublöð, rafrænt eða á pappír, sem hann skal nota sem dagskýrslur í verkinu. Þá þarf einnig að liggja fyrir ákvörðun um skil á þeim gögnum. Verkkaupi framfylgir eftirliti á grundvelli eftirlitsáætlunar fyrir viðkomandi verk.

Gerð er krafa um að verkaupi og verktaki fari saman yfir framvindu og gæði verksins á hverjum verkfundi. Ef verktaki er ekki að vinna samkvæmt útboðsgögnum verksins er það bókað í fundargerð. Eftirlitsmaður heldur dagbók þar sem allar heimsóknir eru skráðar. Þar skal einnig skrá úttektir á verkþáttum, hvernig staða þeirra er, athugasemdir varðandi framkvæmd verksins, samskipti við verktaka o.fl. Ef gæði eru ekki í samræmi við kröfur hefur skapast frávik og er það skráð sérstaklega. Ef frávik er utan marka sem sett eru í útboðsgögnum er þess krafist að verktaki geri úrbætur þannig að ákvæði útboðsgagna séu uppfyllt.

Vorið 2019 var gefið út kver um eftirlit með framkvæmdum og var því dreift til eftirlitsmanna. Stefnt er að því að gefin verði út handbók sem byggir að miklu leyti á þessu kveri.