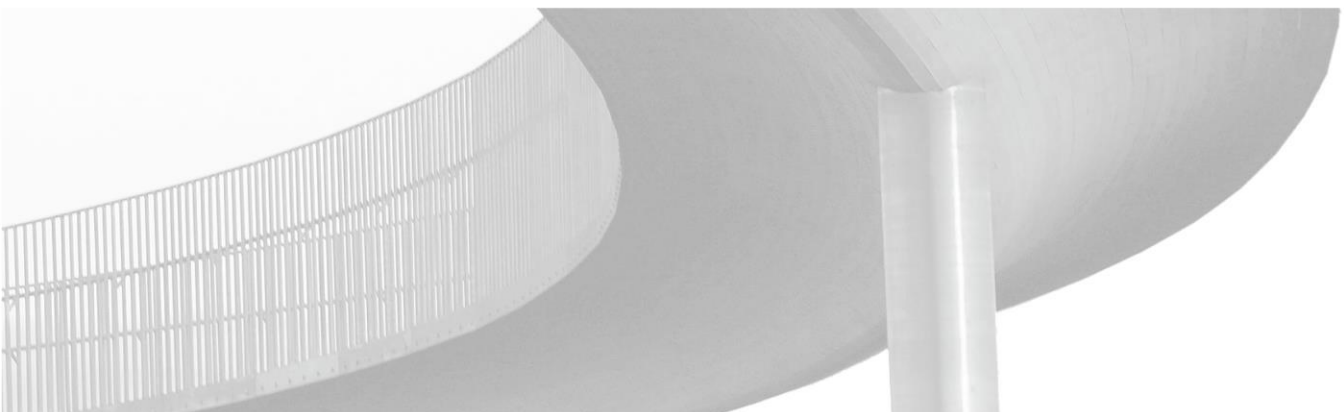




ÁSTAND SPENNIKAPLA Í STEYPTUM BRÚM

Áfangaskýrsla 2 – Ástandsmat á völdum brúm í íslensku vegakerfi

15.12.2017



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2970-160-SKY-002-V01

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

02 / 59

VERKEFNISSTJÓRI – FULLTRÚI VERKKAUPA

Guðmundur Valur Guðmundsson

VERKEFNISSTJÓRI – EFLA

Baldvin Einarsson

LYKILORÐ

STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
 Drög til yfirlstrar
 Lokið

DREIFING

- Opin
 Dreifing með leyfi verkkaupa
 Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Áfangaskýrsla 2 – Ástandsmat á völdum brúm í íslensku vegakerfi

VERKHEITI

Ástand spennikapla í steiptum brúm

VERKKAUPI

Vegagerðin

HÖFUNDUR

Kristján Steinn Magnússon
Baldvin Einarsson

ÚTDRÁTTUR

Haustið 2015 kom út fyrsta áfangaskýrsla þessa verkefnis, sem fjallaði um aðferðir sem notaðar eru við mat á ástandi spennikapla í steiptum brúm. Í þessari skýrslu, sem er önnur áfangaskýrsla verkefnisins, eru 12 brýr úr íslenska vegakerfinu valdar, þær metnar út frá breskum matslykli fyrir ástand eftirspenntra brúa sem staðfærður er á íslenskar aðstæður og þrjár þeirra tilteknar sem brýr sem henta vel til nánari skoðunar með þeim aðferðum sem lýst er í fyrstu áfangaskýrslu verkefnisins. Einnig er gerður samanburður á breskri verklýsingu fyrir uppennu og grautun, Alverki '95 frá Vegagerðinni og nýrri verklýsingu sem er í vinnslu hjá Vegagerðinni. Loks er mat lagt á hvaða upplýsingar er mikilvægt að séu skrásettar og varðveittar á framkvæmdatíma sem koma til gagns við ástandsmat á uppennnum mannvirkjum á líftíma þeirra.

ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Kristján Steinn Magnússon	15.9.17	Baldvin Einarsson	10.10.17	Baldvin Einarsson	15.12.17



SAMANTEKT

Haustið 2015 kom út fyrsta áfangaskýrsla þessa verkefnis, sem fjallaði um aðferðir sem notaðar eru við mat á ástandi spennikapla í steiptum brúm. Í þessari skýrslu, sem er önnur áfangaskýrsla verkefnisins, eru 12 brýr úr íslenska vegakerfinu valdar, þær metnar út frá breskum matslykli fyrir ástand eftirspenntra brúa sem staðfærður er á íslenskar aðstæður og þrjár þeirra tilteknar sem brýr sem henta vel til nánari skoðunar með þeim aðferðum sem lýst er í fyrstu áfangaskýrslu verkefnisins. Einnig er gerður samanburður á breskri verklýsingu fyrir uppspennu og grautun, Alverki '95 frá Vegagerðinni og nýrri verklýsingu sem er í vinnslu hjá Vegagerðinni. Loks er mat lagt á hvaða upplýsingar er mikilvægt að séu skrásettar og varðveittar á framkvæmdatíma sem koma til gagns við ástandsmat á uppspenntum mannvirkjum á líftíma þeirra.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar.

Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR	11
2 VALDAR BRÝR OG UPPLÝSINGAR UM ÞÆR	12
2.1 Öfundarfjörður (1980)	12
2.2 Héraðsvötn (1981)	12
2.3 Sanddalsá (1983)	13
2.4 Breiðdalsá í Breiðdal (1993)	14
2.5 Sog við Þrastarlund (1983)	15
2.6 Vesturós Héraðsvatna (1994)	15
2.7 Eyvindará (2001)	16
2.8 Norðfjarðará (2002)	16
2.9 Norðurá í Heiðarsporði (2002)	17
2.10 Kolgrafafjörður (2004)	18
2.11 Laxá í Dölum (2009)	18
2.12 Jóka í Skriðdal (2010)	19
3 BRESKUR MATSLYKILL	20
3.1 Áhættugreining	20
3.2 Áhættumat	23
3.2.1 Frummat	23
3.2.2 Einkunnagjöf til forgangsröðunar	24
3.2.3 Skýrslugerð	30
3.3 Áhættustýring	30
4 NIÐURSTÖÐUR ÚR MATSLYKLI	32
5 SAMANBURÐUR Á ÍSLENSKRI OG BRESKRI VERKLYSINGU	35
5.1 Grautur	35
5.1.1 Efniskröfur	35
5.1.2 Blöndunar- og skömmunarkröfur	36
5.1.3 Kröfur um prófanir	37
5.1.4 Kröfur um búnað	41
5.1.5 Kröfur um framkvæmd	43
5.2 Ídráttarrör	47
5.2.1 Ídráttarrör	47
5.2.2 Útloftunarop	48
5.3 Spennikaplar	48
5.3.1 Efniskröfur, geymsla, skurður, o.fl.	48
5.4 Uppspenna	52
5.4.1 Uppspenna	52
6 YFIRLIT GAGNA SEM NÝTAST VIÐ ÁSTANDSMAT	58
6.1 Grautur	58

6.2	Ídráttarrör _____	58
6.3	Spennikaplar _____	59
6.4	Uppspenna _____	59
7	NÍÐURSTÖÐUR _____	60

MYNDASKRÁ

Mynd 2-1 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Öundurarfjörð.	12
Mynd 2-2 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Héraðsvötn.	13
Mynd 2-3 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Sanddalsá.	14
Mynd 2-4 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Breiðdalsá í Breiðdal.	15
Mynd 2-5 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Sog við Þrastarlund.	15
Mynd 2-6 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Vesturós Héraðsvatna.	16
Mynd 2-7 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Eyvindará.	16
Mynd 2-8 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Norðfjarðará.	17
Mynd 2-9 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Norðurá í Heiðarsporði.	17
Mynd 2-10 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Kolgrafafjörð.	18
Mynd 2-11 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Laxá í Dölum.	18
Mynd 2-12 Yfirlitsmynd af brúnni yfir Jóku í Skriðdal.	19
Mynd 3.1 Flæðirit yfir matsferilinn skv. breska matslyklinum	21

TÖFLUSKRÁ

Tafla 3-1 Líkur á mismunandi áhættuatburðum	23
Tafla 3-2 Afleiðingar mismunandi áhættuatburða	24
Tafla 3-3 Áhættustig miðað við líkur og afleiðingar	24
Tafla 3-4 Aldursstuðull	25
Tafla 3-5 Brúarformsstuðull	26
Tafla 3-6 Viðkvæmir byggingarhlutar	27
Tafla 3-7 Ástand mannvirkis	27
Tafla 3-8 Möguleg sprungumyndun	28
Tafla 3-9 Afleiðingastuðull	29
Tafla 3-10 Söguleg atriði	29
Tafla 3-11 Úttektir	30
Tafla 4-1 Upplýsingar sem fundust fyrir brýrnar 12.	32
Tafla 4-2 Sundurliðun á einkunnagjöf fyrir brýrnar 12.	33
Tafla 5-1 Efniskröfur í verklýsingunum þremur.	35
Tafla 5-2 Blöndunar- og skömmunarkröfur í verklýsingunum þremur.	36
Tafla 5-3 Kröfur um prófanir í verklýsingunum þremur.	37
Tafla 5-4 Hitaháður fasti úr Alverki '95.	40
Tafla 5-5 Nauðsynleg próf skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.	40
Tafla 5-6 Kröfur til vellings í nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.	41
Tafla 5-7 Fyrirkomulag styrkprófa skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.	41
Tafla 5-8 Tíðni prófana á vellingsi skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.	41
Tafla 5-9 Kröfur um búnað í verklýsingunum þremur.	41
Tafla 5-10 Kröfur um framkvæmd grautunar í verklýsingunum þremur.	43
Tafla 5-11 Hitastig við ídælingu skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.	46

Tafla 5-12	Kröfur fyrir ídráttarrör í verklýsingunum þremur. _____	47
Tafla 5-13	Kröfur fyrir útloftunarop í verklýsingunum þremur. _____	48
Tafla 5-14	Kröfur fyrir spennikapla í verklýsingunum þremur _____	48
Tafla 5-15	Kröfur fyrir uppspennu í verklýsingunum þremur _____	53

1 INNGANGUR

Árið 2012 sótti Efla um styrk úr Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar til að leggja mat á ástand spennikapla í steiptum brúm. Markmið rannsóknarinnar voru metnaðarfull og fékkst styrkur til að vinna hluta hennar. Fyrsta hluta verkefnisins, samantekt á mögulegum aðferðum við mat á ástandi spennikapla í steiptum brúm, lauk árið 2015 með útgáfu á skýrslu. Í skýrslunni er lýst þeim aðferðum sem notaðar eru við mat á ástandi kapla í brúm erlendis, farið yfir kosti þeirra og galla og mat lagt á hverjar þeirra henti best við skoðun á ástandi kapla hér á landi.

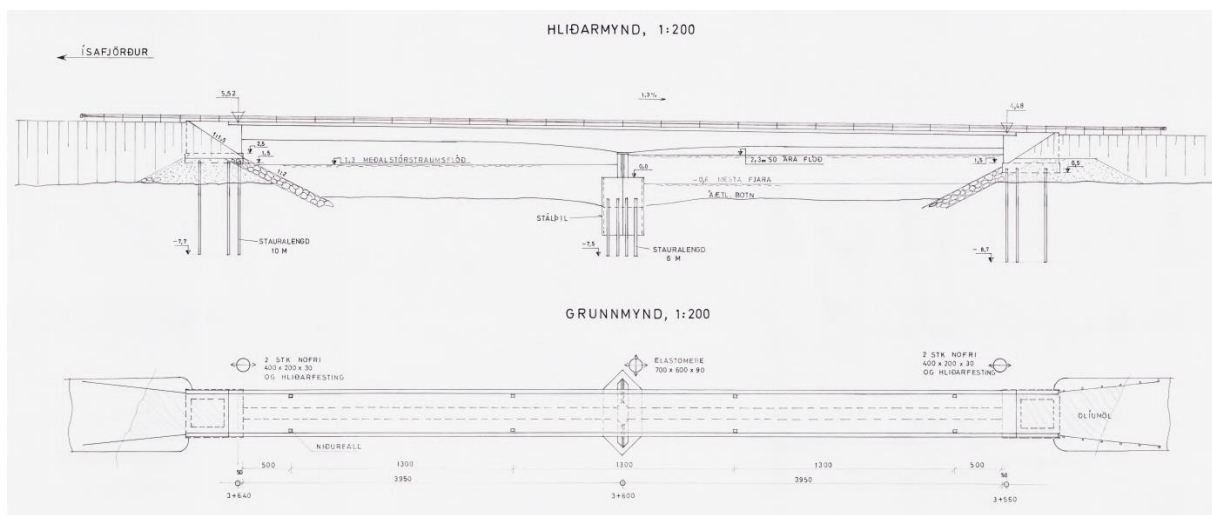
Skýrsla þessi lýsir vinnu við annan hluta verkefnisins, þ.e. söfnun á hönnunargögnum og upplýsingum á framkvæmdatíma fyrir valinn hluta af eftirspenntum brúm á Íslandi, mat á framkvæmdinni á hverjum stað m.t.t. erlendra matslykla og val á brúm sem þykja vænlegar til nánari skoðunar. Valdar voru 12 brýr úr íslenska vegakerfinu sem allar eru gerðar úr eftirspenntri steinsteypu. Elsta brúin sem valin var var byggð árið 1980 og sú yngsta árið 2010 og spanna brýrnar því stærstan hluta sögu eftirspenntra brúa á Íslandi. Breskur matslykill sem notaður er þar í landi við mat á ástandi eftirspenntra brúa var yfirfærður yfir á íslenskar aðstæður og honum beitt við mat á brúnum tólf, eftir því sem gögn yfir þær leyfðu. Brúnum er forgangsraðað út frá niðurstöðum matslykilsins og lagðar eru til 3 brýr sem þykja henta vel til nánari skoðunar af fagaðilum. Einnig er gerður samanburður á verklýsingum fyrir uppspennu og grautun milli bresks staðals, Alverks Vegagerðarinnar og nýrrar verklýsingar sem er í þróun hjá Vegagerðinni um þessar mundir. Dreginn er fram munur á árherslum í þessum verklýsingum og tillögur settar fram varðandi hvernig megi haga nýrri verklýsingu Vegagerðinnar svo að gagnlegar upplýsingar séu skrásettar á framkvæmdatíma til þess að hámarka gagnsemi matslykilsins við mat á ástandi eftirspenntra brúa á líftíma þeirra.

2 VALDAR BRÝR OG UPPLÝSINGAR UM ÞÆR

Eftirfarandi brýr úr íslenska vegakerfinu voru valdar til skoðunar í verkefninu. Byggingarár er í sviga fyrir aftan nafn brúarinnar.

2.1 Önunderfjörður (1980)

Brúin yfir Önunderfjörð þverar botn fjarðarins og er 80 m löng í tveimur höfum. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 300 ökutæki um brúna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Brúargólfíð er borið af samfelldum bita sem er spenntur upp í langátt. Á **MYND 2-1** má sjá yfirlitsteikningu af brúnni.

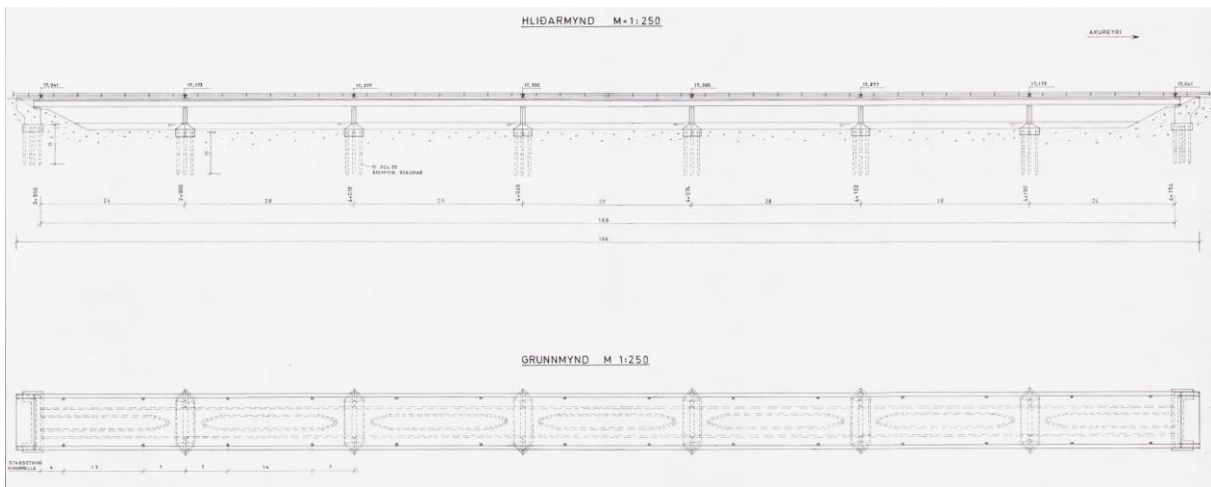


MYND 2-1 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Önunderfjörð.

2.2 Héraðsvötn (1981)

Brúin yfir Héraðsvötn við Vallhólma er 188 m löng í sjö höfum. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 1200 ökutæki um brúna á dag að meðaltali en brúin liggur á Hringveginum, Þjóðvegi 1.

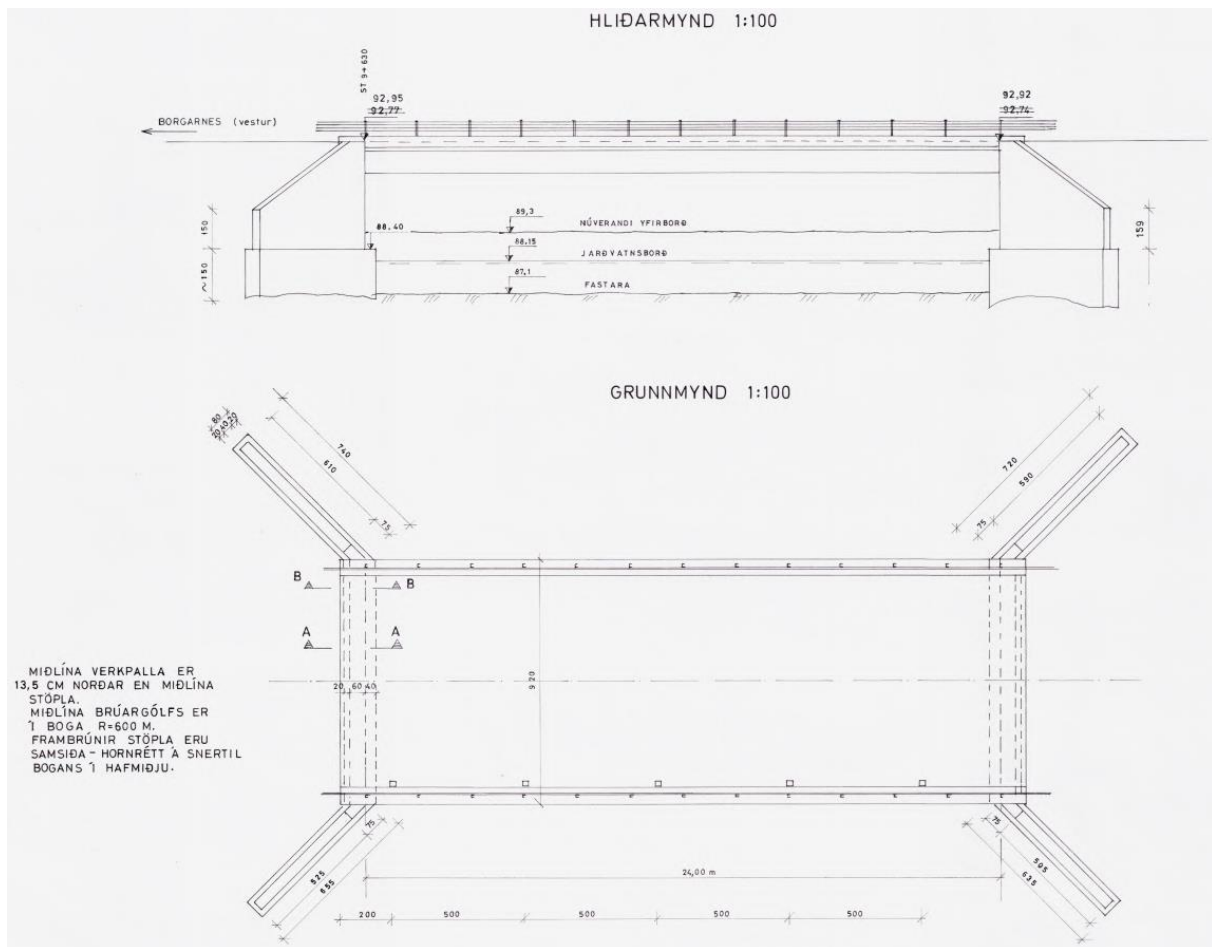
(Vegagerðin, 2016). Brúargólfið er samfelt með tveimur bitum sem eru spenntir upp í langátt. Á **MYND 2-2** má sjá yfirlitsteikningu af brúnni.



MYND 2-2 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Héraðsvötn.

2.3 Sanddalsá (1983)

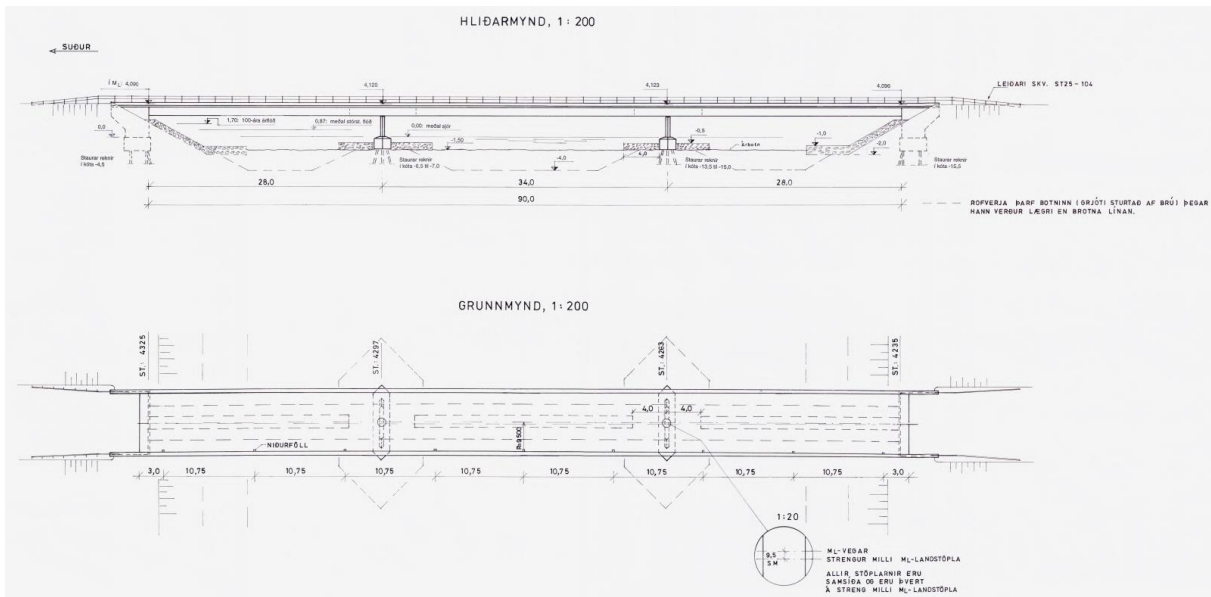
Brúin yfir Sanddalsá á Holtavörðuheiði er 24 m löng í einu hafi. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 1300 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali en brúin liggur á Hringveginum, Þjóðvegi 1. (Vegagerðin, 2016). Brúargólfið er einfalt undirstutt með tveimur bitum sem eru spenntir upp í langátt. Á **MYND 2-3** má sjá yfirlitsteikningu af brúnni.



MYND 2-3 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Sanddalsá.

2.4 Breiðdalsá í Breiðdal (1993)

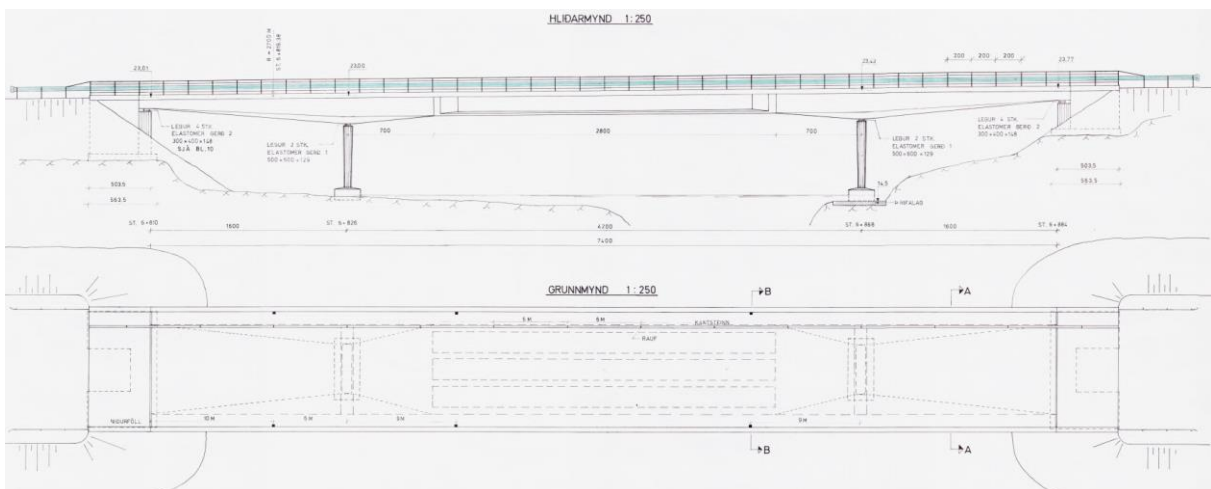
Brúin yfir Breiðdalsá í Breiðdal er 90 m löng í þremur höfum. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 180 ökutæki um brúna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Brúargólfið er samfellt með tveimur bitum sem eru spenntir upp í langgátt. Á **MYND 2-4** má sjá yfirlitsteikningu af brúnni.



MYND 2-4 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Breiðdalsá í Breiðdal.

2.5 Sog við Þrastarlund (1983)

Brúin yfir Sog við Þrastarlund er 74 m í þremur höfum. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 2900 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Undir brúargólfinu á miðhafinu eru fjórir forsteyptir bitar en á endahöfunum er þversniðið svokallað kassaþversnið. Þetta fyrirkomulag þýðir að þverliggjandi samskeyti eru á brúnni sem geta leitt af sér aukna hættu á tæringu. Á **MYND 2-5** má sjá yfirlitsteikningu af brúnni.

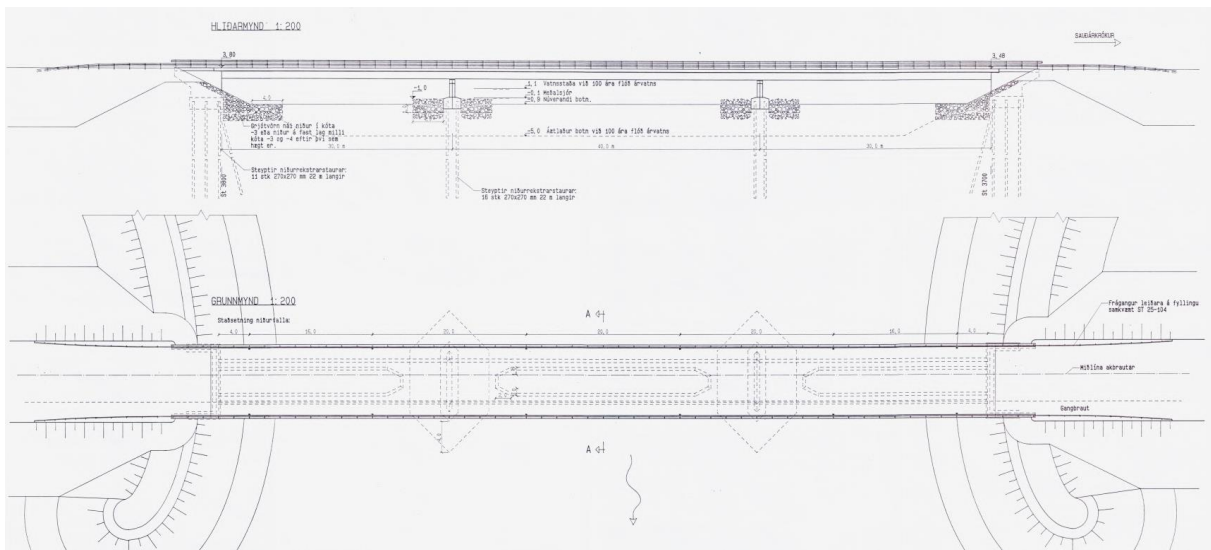


MYND 2-5 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Sog við Þrastarlund.

2.6 Vesturós Héraðsvatna (1994)

Brúin yfir Vesturós Héraðsvatna er 100 m löng í þremur höfum. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 540 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Tveir bitar eru í

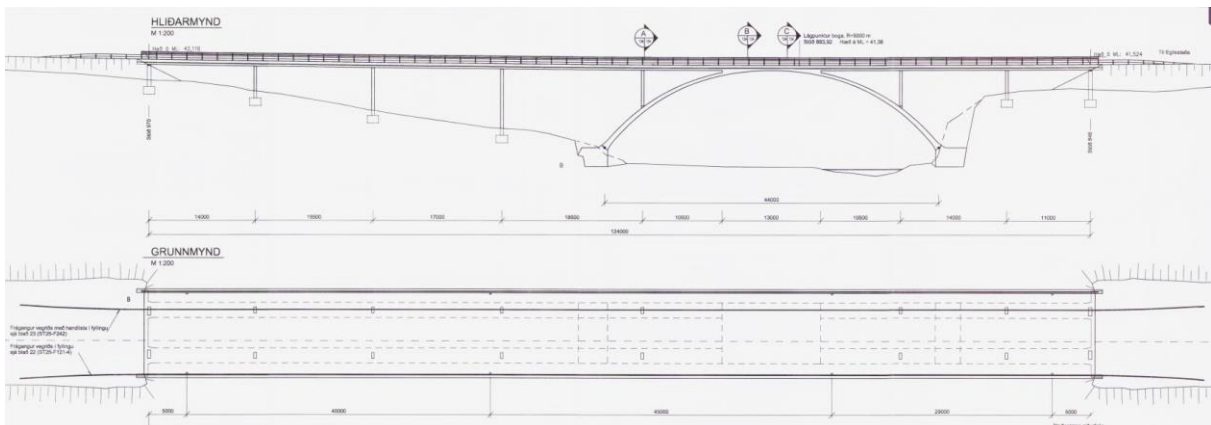
brúarþversniðinu sem er spennt upp í langátt og situr brúin á legum á land- og millistöplum. Á **MYND 2-6** má sjá yfirlitstekningu af brúnni.



MYND 2-6 Yfirlitstekning af brúnni yfir Vesturós Héraðsvatna.

2.7 Eyvindará (2001)

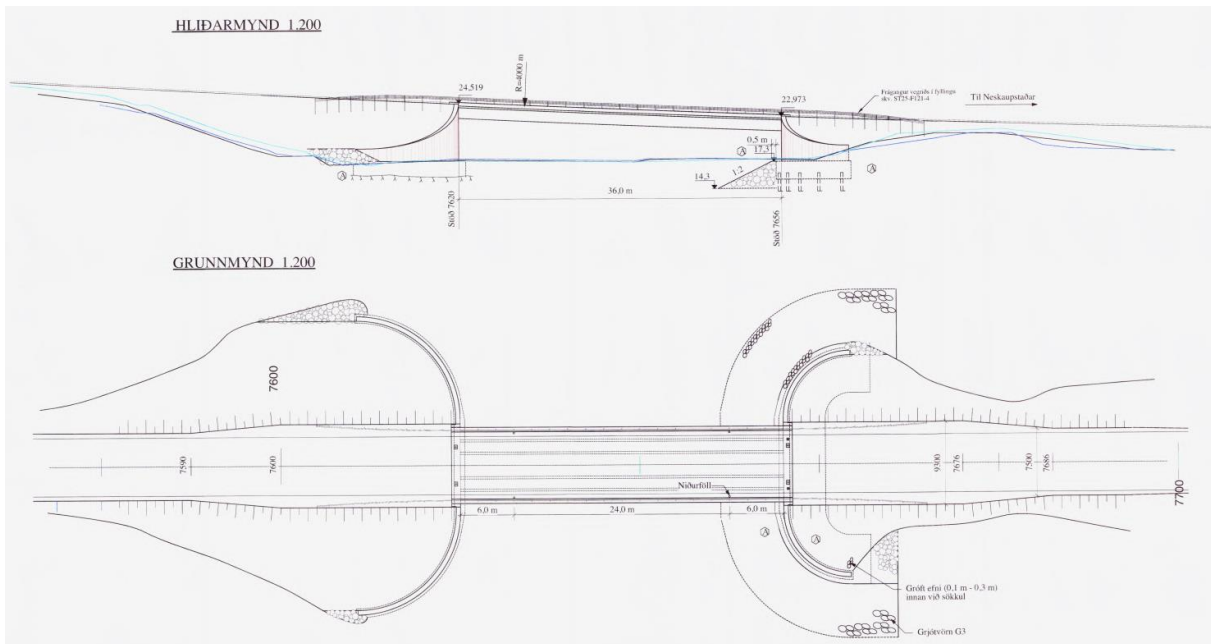
Brúin yfir Eyvindará er 124 m löng í átta höfum með steyptri bogaundirstöðu. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 1300 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Þversnið brúarinnar er gegnheil plata með spenniköplum í hvorum kanti auk þess sem steyptr bogaundirstaða er undir brúnni þar sem hún fer yfir ána. Á **MYND 2-7** má sjá yfirlitstekningu af brúnni.



MYND 2-7 Yfirlitstekning af brúnni yfir Eyvindará.

2.8 Norðfjarðará (2002)

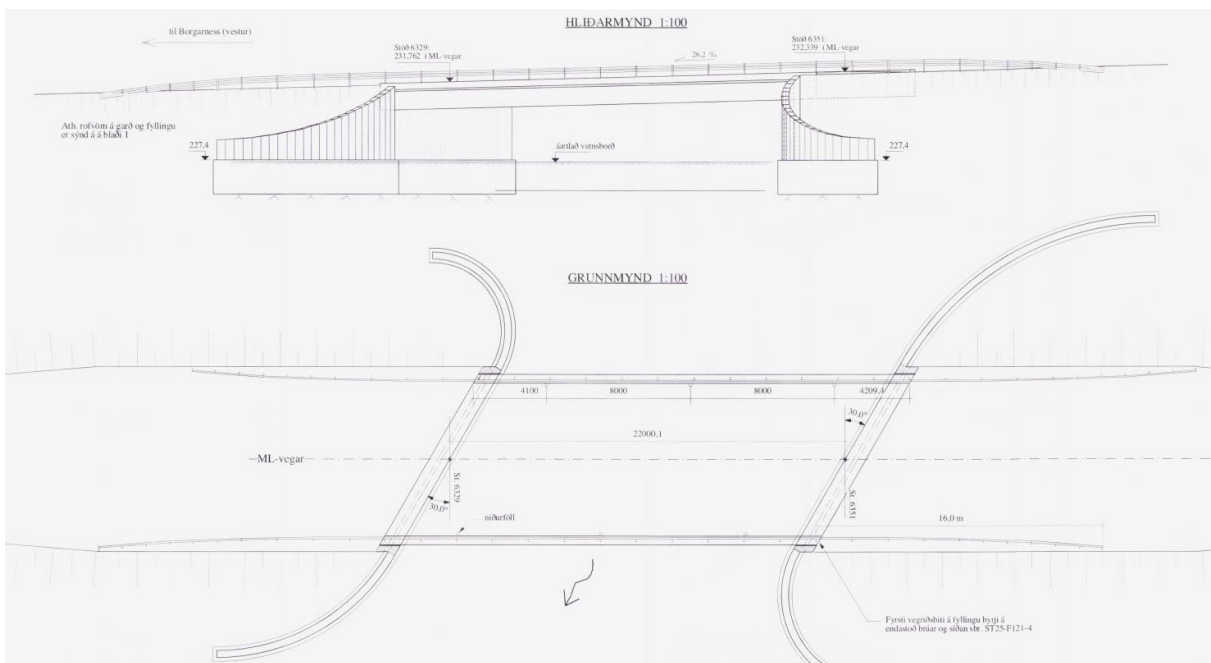
Brúin yfir Norðfjarðará er 36 m löng í einu hafi. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 480 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Brúargólfið er einfalt undirstutt með tveimur bitum sem eru spenntir upp í langátt. Á **MYND 2-8** má sjá yfirlitstekningu af brúnni.



MYND 2-8 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Norðfjarðará.

2.9 Norðurá í Heiðarsporði (2002)

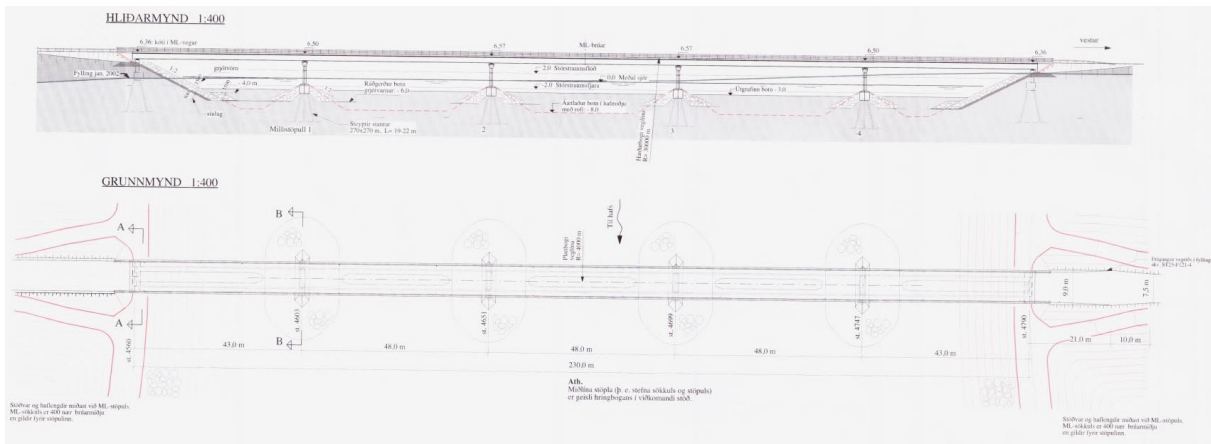
Brúin yfir Norðurá í Heiðarsporði er 22 m löng í einu hafi. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 1300 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali en brúin liggur á Hringveginum, Þjóðvegi 1. (Vegagerðin, 2016). Brúargólfíð er einfalt undirstutt með tveimur bitum sem eru spennir upp í langátt. Á **MYND 2-9** má sjá yfirlitsteikningu af brúnni.



MYND 2-9 Yfirlitsteikning af brúnni yfir Norðurá í Heiðarsporði.

2.10 Kolgrafafjörður (2004)

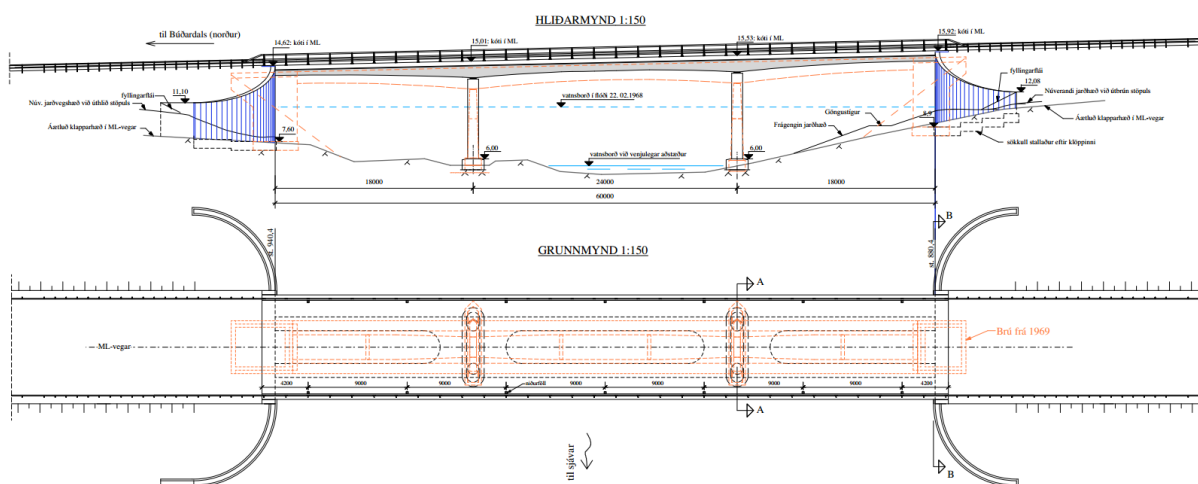
Brúin yfir Kolgrafafjörð er 230 m löng í fimm höfum. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 470 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Tveir bitar eru í brúarþversniðinu sem er spennt upp í langgátt og situr brúin á legum á land- og millistöplum. Á **MYND 2-10** má sjá yfirlitstekningu af brúnni.



MYND 2-10 Yfirlitstekning af brúnni yfir Kolgrafafjörð.

2.11 Laxá í Döllum (2009)

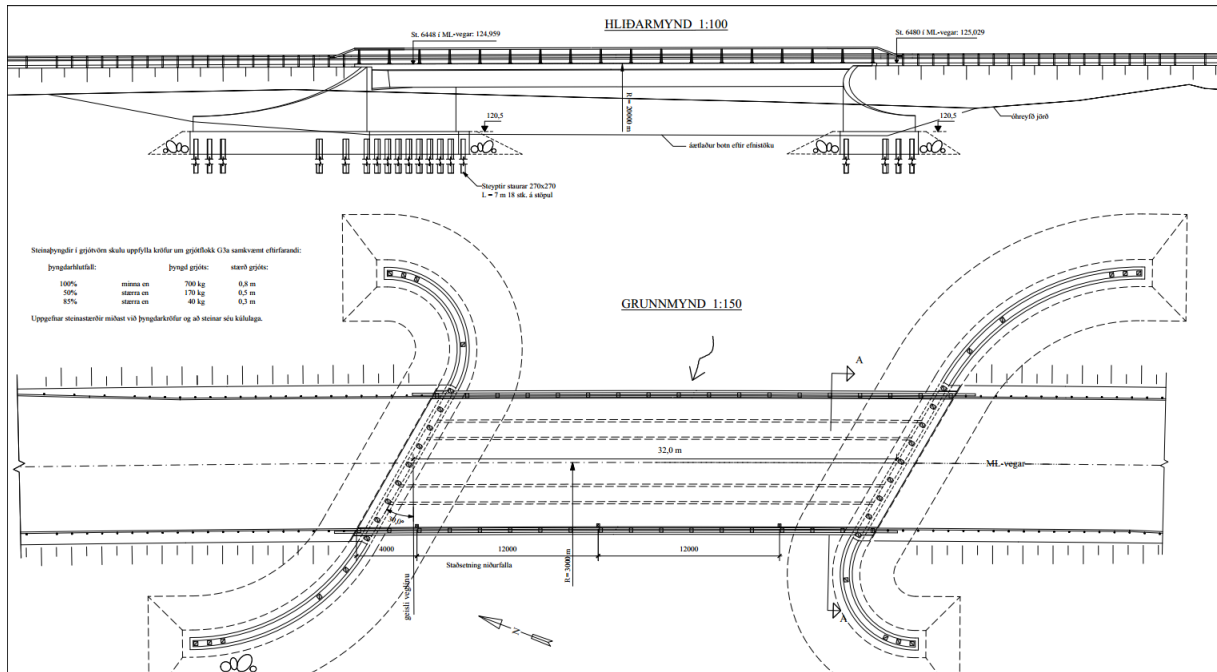
Brúin yfir Laxá í Döllum er 60 m löng í þremur höfum. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 610 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Tveir bitar eru í brúarþversniðinu sem er spennt upp í langgátt og situr brúin á legum á land- og millistöplum. Á **MYND 2-11** má sjá yfirlitstekningu af brúnni.



MYND 2-11 Yfirlitstekning af brúnni yfir Laxá í Döllum.

2.12 Jóka í Skriðdal (2010)

Brúin yfir Jóku í Skriðdal er 32 m löng í einu hafi. Samkvæmt gögnum frá Vegagerðinni fara um 170 ökutæki um brúnnna á dag að meðaltali. (Vegagerðin, 2016). Brúargólfið er einfalt undirstutt með tveimur bitum sem eru spenntir upp í langátt. Á **MYND 2-12** má sjá yfirlitsteikningu af brúnni.



MYND 2-12 Yfirlitsmynd af brúnni yfir Jóku í Skriðdal.

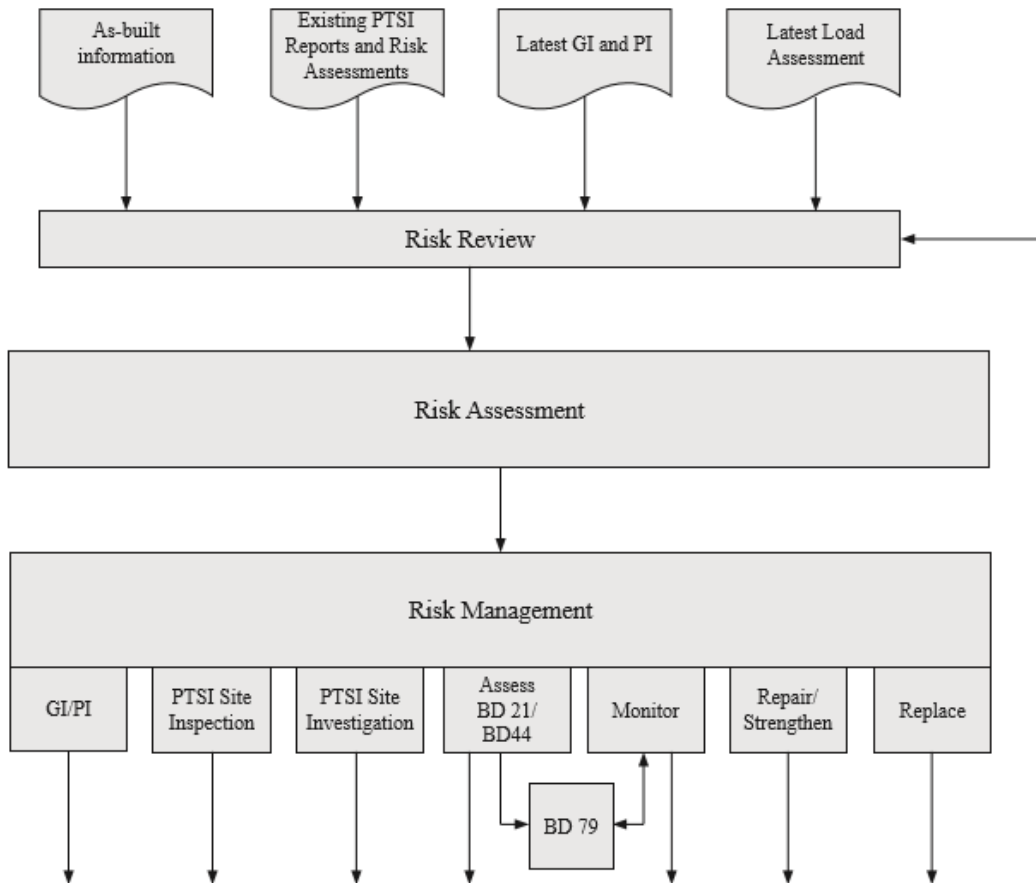
3 BRESKUR MATSLYKILL

Árið 2015 innleiddu bresk yfirvöld matslykil fyrir áhættugreiningu, áhættumat og áhættustýringu fyrir eftirspenntar brýr. (The Highways Agency, 2015). Málið á sér langa forsögu í Bretlandi en eftirlit með spenntum brúm á tíunda áratug síðustu aldar leiddi í ljós að í þónokkrum brúm var að finna holur í graut í kapalrörum og smávægilega tæringu á köplum. Í nokkrum brúm, t.d. Hammersmith Flyover brúnni í vestur London, var ástandið alvarlegt og tafarlausra viðgerða þörf.

Í þessum kafla er matslykillinn þýddur og staðfærður yfir á íslensku með það að markmiði að nýta hann til greiningar á þeim brúm sem lýst er í kafla 2.

3.1 Áhættugreining

Mat á ástandi kapla í eftirspenntum brúm ætti alltaf að byrja á áhættugreiningu. Í áhættugreiningu felst söfnun og rýni viðeigandi gagna fyrir viðkomandi brú. Mynd 3.1 sýnir flæðirit yfir matsferilinn skv. breska matslyklinum.



MYND 3.1 Flæðirit yfir matsferilinn skv. breska matslyklinum

Fyrsta skref í áhættugreiningu á tiltekinni brú er að safna saman gögnum um byggingu brúarinnar, svo sem hönnunarskýrslum, teikningum, verklýsingum og framkvæmdaskýrslum frá hönnuðum, verktökum, eftirlitsaðilum og verkkaupa. Einnig skal safna saman skýrslum um eftirlit og fyrri áhættugreiningar á líftíma brúarinnar, séu þær til staðar. Hafi farið fram mat á álagi á brúna frá byggingu hennar skal einnig safna saman slíkum upplýsingum. Skammstöfunin PTSI á Mynd 3.1 stendur fyrir „Post-Tensioned concrete bridge Special Inspection“ eða „Sérúttekt á eftirspenntri steyptri brú“, GI stendur fyrir „General Inspection“ eða „Almenn úttekt“ og PI stendur fyrir „Principal Inspection“ eða „Aðalúttekt“.

Á Íslandi er að finna u.þ.b. 150 eftirspenntar brýr í vegakerfinu og líklegt er að þeim komi til með að fjölga í framtíðinni. Tilgangurinn með áhættugreiningu við eftirlit á eftirspenntum íslenskum brúm er að safna fyrrgreindum upplýsingum um þær og bera kennsl á hvaða brýr þurfa frekar á áhættumati að halda en aðrar, þar sem ekki er talið fýsilegt að framkvæma áhættumat á öllum eftirspenntum brúm landsins. Hafi áhættumat áður verið framkvæmt á tiltekinni brú þjónar áhættugreining einnig þeim tilgangi að leggja mat á gæði og þýðingu þess áhættumats og ákvarða hvort ráðast þurfi í endurnýjun þess.

Við áhættugreiningu skyldu eftirfarandi gögn greind:

- Skýrsla um síðasta áhættumat, hafi slíkt áður farið fram

- Teikningar, hönnunarskýrslur, verklýsingar og aðrar upplýsingar frá framkvæmdatíma
- Skýrslur um hvers kyns eftirlit á líftíma mannvirkis
- Grautunarskýrsla skv. Alverki '95 sé hún til staðar
- Skýrslur um hvers kyns viðhald á líftíma mannvirkis

Hafi áhættugreining áður farið fram skal vitna í hana til að forðast tvíverknað.

Hafi áhættumat áður farið fram skal leggja mat á eftirfarandi þætti til að skera úr um hvort ráðast þurfi í slíkt mat á ný:

- Aldur síðasta áhættumats
- Hvort hættur sem borið var kennsl á séu enn til staðar
- Hvort viðeigandi ráðstafanir varðandi áhættustýringu séu til staðar
- Hvort nokkrar þekktar hættur vanta í áhættumatið

Eftirfarandi er ótæmandi listi atriða sem mikilvægt er að afla upplýsinga um úr teikningum, hönnunarskýrslum o.þ.h.

- Gerð brúardekks
- Umfremdarstig (degree of redundancy) í hönnun spennukapla brúarinnar
- Mál og staðsetning spennukapla
- Gerð spennukaplakerfis brúarinnar
- Staðsetning endaakkera

Öll ofangreind atriði hafa mikla þýðingu við vinnslu áhættumats, m.a. vegna þess að gallar og skemmdir sem sýnileg eru á yfirborði kunna að tengjast fyrirkomulagi spennukerfisins í brúnni.

Gögn um framkvæmdina sjálfa skulu skoðuð til að rannsaka hvaða aðferðum var beitt og í hvaða tímaröð verkið var unnið. Sér í lagi hafa upplýsingar um uppseppnu, grautun og vatns- og tæringarvörn mikið gildi. Þessar upplýsingar geta gefið vísbendingar um mögulegar skemmdir eða galla í mannvirkinu.

Afla skal upplýsinga um efnasamsetningu grauts og steypu, svo sem sementsinnihald, vatns-sementstölu, íblöndunarefni og styrk. Einnig hafa upplýsingar um gerð sements, jarðefni, verkun steypunnar og aldur hennar við uppseppnu mikið gildi.

Hvers kyns viðhalds- og eftirlitsskýrslur skulu skoðaðar þar sem góðar líkur eru á að ofangreindar upplýsingar séu til staðar í þeim. Bera skal kennsl á krítísk snið í mannvirkinu þar sem ástæða er til að ætla að hætta á skemmdum eins og t.d. tæringu sé til staðar. Dæmi um slíka staði eru endaundirstöður, svæði í kringum akkeri, miðjur hafa og innri undirstöður.

Vinna skal stutta skýrslu um áhættugreininguna þar sem fjallað er um hvers kyns áhættumat sem áður hefur verið unnið og mat lagt á hvort ástæða sé til að ráðast í slíkt mat. Tilgreina skal þær upplýsingar sem fyrir hendi eru varðandi mannvirkið og hvort þær upplýsingar teljist fullnægjandi svo vinna megi

áhættumat. Sé niðurstaðan sú að gögn sem aflað hefur verið séu ekki fullnægjandi til að vinna slíkt mat skal mat lagt á hvers kyns aðgerðir séu nauðsynlegar til öflunar á þeim gögnum sem upp á vantar.

3.2 Áhættumat

Megintilgangur með áhættumati er að ganga úr skugga um að eigendur og rekstraraðilar brúarmannvirkis hafi skilning og þekkingu á þeim áhættuþáttum sem eru til staðar fyrir mannvirkið og auðvelda þeim val á viðeigandi leiðum til áhættustýringar á líftíma þess. Við áhættumat fæst einnig einkunnargildi fyrir áhættu fyrir mannvirkið sem nota má til að forgangsraða úttektum og viðgerðum.

Áhættumat skal byggja á áhættugreiningu og upplýsingum sem þar er aflað. Forðast skal tvíverknað við vinnslu á áhættumati. Áhættumatið er hugsað sem lifandi skjal sem uppfærast með tilkomu nýrra upplýsinga á líftíma mannvirkisins. Áhættumatið skal bera kennsl á mögulegar hættur sem kunna að hafa áhrif á mannvirkið, líkur á að atburðir í tengslum við hættunarbær eigi sér stað og afleiðingar þeirra.

Áhættumatið skal ávallt vinna í tveimur skrefum:

1. Eigindlegt frummat (sjá kafla 3.2.1)
2. Einkunnargjöf til forgangsröðunar (sjá kafla 3.2.2)

3.2.1 Frummat

Öll tiltæk gögn skulu metin til að bera kennsl á og lista sérhverja hættu. Hættur skulu flokkaðar í undirflokkana aldur, gerð, viðkvæmir byggingarhlutar, ástand, saga og mat. Fyrir sérhverja hættu sem borin eru kennsl á skal tilgreina eftirfarandi:

- Áhættuatburður – hvað kann að eiga sér stað ef ekki er tekið á hættunni á viðeigandi hátt í nánustu framtíð, þ.e. innan 3-4 ára
- Líkur á að áhættuatburður eigi sér stað – Styðjast skal við Töflu 3.1
- Afleiðingar áhættuatburðar – Styðjast skal við Töflu 3.2
- Áhættustig – Styðjast skal við Töflu 3.3
- Tillögur að aðgerðum við áhættustýringu

TAFLA 3-1 Líkur á mismunandi áhættuatburðum

LÍKUR	LÝSING
Næsta öruggt	Fullvissa – Ástæða er til að ætla að atburðurinn hafi þegar átt sér stað, sé að eiga sér stað eða sé í þann mund að eiga sér stað
Miklar	Mjög líklegt – reynsla manna sýnir að atburður eigi sér vanalega stað ef ekki er tekið á hættunni
Töluverðar	Mögulegt og líklegt – fræðilegur möguleiki til staðar og reynsla manna sýnir að atburður geti átt sér stað ef ekki er tekið á hættunni
Litlar	Mögulegt en ólíklegt – fræðilegur möguleiki til staðar en reynsla manna sýnir að slíkir atburðir séu sjaldgæfir

TAFLA 3-2 Afleiðingar mismunandi áhættuatburða

AFLEIÐINGAR	LÝSING
Miklar	Algert hrún mannvirkis/Mikill fjöldi dauðsfalla/lokun á mikilvægri samgönguæð
Í meðallagi	Brigð eða bilun í hluta mannvirkis/Lítill fjöldi dauðsfalla/mikil meiðsli á fólki/lokun á fjölfarinni samgönguæð/takmörkun á mikilvægri samgönguæð
Litlar	Takmörkun á notagildi mannvirkis/Lítill meiðsli á fólki/dauðsföll ólíkleg/takmörkun á fjölfarinni samgönguæð/lokun eða takmörkun á smárri samgönguæð

TAFLA 3-3 Áhættustig miðað við líkur og afleiðingar

		AFLEIÐINGAR		
		Miklar	Í meðallagi	Litlar
LÍKUR	Næsta öruggt	Mjög hátt	Hátt	Meðal
	Miklar	Mjög hátt	Hátt	Meðal
	Töluverðar	Hátt	Meðal	Lágt
	Litlar	Meðal	Lágt	Lágt

3.2.2 Einkunnagjöf til forgangsroðunar

Einkunnargjöfin sem útlistuð er í kafla þessum byggist á aldri, gerð, viðkvæmum byggingarhlutum, ástandi og mögulegum afleiðingum af hrúni mannvirkisins sem metið er. Hætturarnar sem greindar eru og útlistaðar í frummatinu eru notaðar til að reikna út einkunn fyrir mannvirkið.

Einkunn fyrir mannvirki er gefin sem prósentu skv. eftirfarandi formúlu:

$$R = 100 \left[\left((4F_A + F_F + F_V + F_C) F_Q \right) - 6 \right] / 254$$

þar sem:

F_A – Aldursstuðull

F_F – Brúarformsstuðull

F_V – Viðkvæmnistuðull

F_C – Ástandsstuðull

F_Q – Afleiðingastuðull

3.2.2.1 Aldur

Hættur m.t.t. aldurs endurspeglar þá staðreynd að þekking, reynsla, staðlar og forskriftir fyrir aðferðir og efni í brúarhönnun og smíði hafa tekið framförum í tímans rás.

Aldursstuðull fyrir mannvirkið er fenginn í töflu 3.4.

TAFLA 3-4 Aldursstuðull

BYGGINGARÁR	ALDURSSTUÐULL (F _A)
Fyrir 1965	5
1965 til 1975	4
1976 til 1985	3
1986 til 1996	2
Frá 1997	1

3.2.2.2 Brúarform

Samskeytt brúardekk úr forsteyptum einingum (e. Segmental bridge deck)

Meiri líkur eru á skyndilegu hruni hvers kyns brúa með hlutskiptu dekki samanborið við brýr með samfelldu dekki. Til eru brýr með hlutskiptu brúardekki án nokkurrar samvirkni. Ef um er að ræða einfalt undirstutt, hlutskipt brúardekk er nauðsynlegt að huga að eftirlitsaðferðum svo vara megi við skyndilegu hruni. Sprungur í langátt kunna að gefa í skyn að kapall eða kaplar hafi trosnað eða slitnað og akkerað sig upp á nýtt og nauðsynlegt er að hafa viðeigandi eftirlit með slíkum sprungum.

Líkur á skyndilegu hruni minnka ef einfalt undirstuddir, hlutskiptir brúarbitar eru samtengdir í þverátt. Töluverð álagsdreifing og mikil tæring á spenniköplum í langátt eftir endilangri veikleikalínu er nauðsynleg svo að hrun geti átt sér stað. Engu að síður er hættan til staðar ef umhverfisaðstæður eru óhagstæðar og spennutap í köplum geri vatni enn auðveldara um vik að smjúga inn um samskeyti.

Einfalt undirstuddar brýr með bitum með kassalaga þversniði eru svipaðar samtengdum, hlutskiptum brúarbitum varðandi hættu á skyndilegu hruni. Því ætti eftirlit að vera með svipuðum hætti í báðum tilvikum.

Samverkandi brúardekk eru almennt séð öruggari valkostur þar sem að staðsteypt plata sem tengir saman burðarbita hefur meiri umfremd (e. redundancy) ef einstaka kapall gefur sig. Einnig getur platan verndað bitana fyrir tæringaráhrifum.

Ef einnig er til staðar staðsteypt botnplata ætti slakbent járnabinding að duga til að dreifa álagi nægjanlega milli hliðstæðra hluta mannvirkisins svo hætta á skyndilegu hruni minnki verulega.

Einsleitt brúardekk (e. Monolithic bridge deck)

Flestar gerðir staðsteyptra, eftirspenntra brúa með einsleitu brúardekki eiga ekki á hættu að hrynja skyndilega. Svo fremi sem ekki eru til staðar veikleikasnið t.d. vegna samskeyta eru litlar líkur á að allir kaplar gefi sig í tilteknu sniði. Hins vegar skiptir grautun miklu máli varðandi hvaða áhrif mikil tæring á kapli hefur. Léleg grautun getur gert það að verkum að kapall verði gagnslaus eins og hann leggur sig verði hann fyrir alvarlegri tæringu.

Niðurbundnar brýr (e. Tie-down)

Nokkrar gerðir brúa, bæði slakbentra og uppspennta, hafa verið byggðar á tie-down lögmálinu. Algengar slíkar brýr eru t.d. brýr með útkragandi eða upphengdum höfum. Þá eru höfin bundin niður á endunum með lóðréttri uppspennu ef eiginþyngd endahafsins nægir ekki til að halda upphengda hafinu uppi. Töluverð hætta getur verið á skyndilegu hruni slíkra mannvirkja, fari svo að uppspennan bregðist.

Sambundnar undirstöður (e. Tied supports)

Örfáar brýr hafa verið byggðar með þeim hætti að stáltaug með steyptri húð liggur niðurgrafin á milli brúarenda. Eftirlit með slíkum brúm er mjög vandasamt og þær eru taldar sérstaklega áhættusamar.

Tafla 3.5 sýnir lista yfir nokkur almenn brúarform og hættu á skyndilegu hruni í hverju þeirra ásamt brúarformsstuðli, sem er því hærra sem meiri hætta er metin á skyndilegu hruni ef uppspanna gefur sig.

TAFLA 3-5 Brúarformsstuðull

BRÚARFORM	HÆTTA Á SKYNDILEGU HRUNI	BRÚARFORMSSTUÐULL (F _F)
Hlutskipt brúardekk		
Bitar eða kassalaga þversnið, einfalt undirstutt, án samvirkni, þverliggjandi samskeyti, uppspanna í langátt	Mjög mikil	12
Bitar í báðar áttir, einfalt undirstutt, án samvirkni, samskeyti og uppspanna í báðar áttir	Mikil	10
Bitar eða kassalaga þversnið, einfalt undirstutt með samverkandi toppplötu, þverliggjandi samskeyti, uppspanna í langátt	Í meðallagi	8
Samfelldir bitar eða kassalaga þversnið með samverkandi toppplötu, þverliggjandi samskeyti, uppspanna í langátt	Lítill	4
Samfelldir bitar eða kassalaga þversnið, engin samvirkni, þverliggjandi samskeyti, uppspanna í langátt	Í meðallagi	8
Einsleitt brúardekk		
Bitar, einfalt undirstutt, án samvirkni, uppspanna í langátt	Í meðallagi	6
Bitar eða kassalaga þversnið, einfalt undirstutt, samverkandi, uppspanna í langátt eða í báðar áttir	Lítill	4
Bitar, einfalt undirstutt/samfellt, án samvirkni, uppspanna í þverátt	Mjög lítil	2
Gegnheil plata, einfalt undirstutt/samfellt, uppspanna í langátt og/eða þverátt	Mjög lítil	2
Niðurbundnar brýr		
Samfelldar brýr, útkragandi eða upphengd höf með niðurbundnum endahöfum fyrir:		
• Eingöngu breytilegt álag	Mikil	10
• Breytilegt álag og eiginþyngd	Mjög mikil	12
Sambundnar undirstöður		
Brýr með niðurgrafna taug milli undirstaða	Mjög mikil	12

3.2.2.3 Viðkvæmir byggingarhlutar

Við gerð áhættumats ætti að bera kennsl á viðkvæma hluta mannvirkisins þar sem meiri hætta er á tæringu uppspannukerfisins en annars staðar. Sem dæmi má nefna kítísk snið þar sem lítið svigrúm er m.t.t. burðarþols eða svæði þar sem mikil sprungumyndun á sér stað sem kann að draga úr vörn gegn tæringu á spenniköplum.

Tafla 3.6 inniheldur lista yfir mögulega viðkvæma byggingarhluta sem byggir á fyrri reynslu. Listinn er ekki tæmandi. Viðkvæmnisstuðullinn er þannig uppbyggður að fyrir hvert atriði úr Töflu 3.6 sem borin eru kennsl á í viðkomandi mannvirki er einum heilum bætt við stuðulinn, upp að 10 sem er hæsta mögulega gildi stuðulsins.

TAFLA 3-6 Viðkvæmir byggingarhlutar

VIÐKVÆMIR BYGGINGARHLUTAR	
	Í lækkaðri röð viðkvæmni:
Samskeyti í hlutskiptu brúardekki	<ul style="list-style-type: none"> Mjóar raufar með staðsteyptum múr Breiðar raufar með staðsteyptum múr eða steypu Samlímdir og samskeyttir byggingarhlutar (e. Match cast glued)
Önnur samskeyti	<ul style="list-style-type: none"> Samskeyti yfir akkerum eða spenniköplum Hálf-samskeyti (e. Half joints) Hjarir (e. Hinge)
Uppspennukerfi	<ul style="list-style-type: none"> Skortur á umfremd, þ.e. fáir kaplar þar sem að alvarleg staðbundin skemmd gæti haft mikil áhrif á styrk Margir kaplar saman í fáum rörum í stað þess að sérhver kapall sé í sér röri Kaplar staðsettir nálægt efra yfirborði þar sem léleg vatnsvörn gæti leitt til tæringar Notkun málmstykki til aðskilnaðar uppspennuvíra Ófóðruð ídráttarrör Uppspennukaplar eingöngu varðir af umlykjandi múr/steypu Óvarin akkeri á yfirborði bita Akkeri í samskeytum eða á efra yfirborði brúardekks Ídráttarrör sjáanleg á yfirborði
Vatns- og frárennisliskerfi	<ul style="list-style-type: none"> Skortur á almennilegu frárennisliskerfi Vatnsvörn á yfirborði gömul eða ekki til staðar Skortur á frágangi á samskeytum á yfirborði
Annað	<ul style="list-style-type: none"> Lítill steypuhula að jánnum Lágur steypustyrkur Íblöndunarefni sem innihalda klór notuð í steypu eða graut Ófullnægjandi járnabinding í langátt, t.d. við samskeyti eða ófullnægjandi járnabinding m.t.t. skerkrafta

3.2.2.4 Ástand

Bera ætti kennsl á hvers kyns skemmdir á mannvirkinu við gerð áhættumats. Við ákvörðun ástandsstuðuls skal taka tillit til atriða í Töflu 3.7. Athugið að listinn er ekki tæmandi. Ástandsstuðullinn er ákvarðaður á sama hátt og viðkvæmnisstuðullinn, þ.e. fyrir hvert atriði úr Töflu 3.8 sem borin eru kennsl á í mannvirkinu skal bæta einum heilum við stuðullinn upp að hæsta mögulega skori, sem er 10. Hafi úttektir á ástandi mannvirkisins verið framkvæmdar skal notast við skýrslur um slíkar úttektir en annars skal framkvæma ástandsmat á mannvirkinu við gerð áhættumatsins.

TAFLA 3-7 Ástand mannvirkis

ÁSTAND MANNVIRKIS	
Sprungur	Sjá töflu 3.9
Vatns- og frárennisliskerfi	<ul style="list-style-type: none"> Sprungur eða holur á vegyfirborði Pollamyndun á vegyfirborði Stífluð frárennisliskerfi Vatn fast í sprungum og öðrum holrýmum

ÁSTAND MANNVIRKIS	
	<ul style="list-style-type: none"> Ófullnægjandi frágangur á samskeytum á yfirborði Vatnsleki og sjáanleg vatnsöfnun neðan á eða á hliðum mannvirkis, eða í samskeytum og sprungum
Formbreytingar	<ul style="list-style-type: none"> Miklar formbreytingar Mismunandi lóðrétt formbreyting
Úrbrot (e. Spalling)	<ul style="list-style-type: none"> Tæring Frost/þýðuskemmdir Spennumyndun
Tæring á járnabindingu	<ul style="list-style-type: none"> Sjáanleg ummerki Slök útkoma úr hálfsellu- eða klórprófum
Samskeyti	<ul style="list-style-type: none"> Sprungur, leki og blettamyndun
Legur	<ul style="list-style-type: none"> Hrörnun eða skemmdir Óeðlileg hreyfing eða hreyfist ekki sem skyldi
Ídráttarrör	<ul style="list-style-type: none"> Röng staðsetning miðað við hönnun Tæring Göt á röri Vatn í eða við rör
Grautur	<ul style="list-style-type: none"> Sprunginn grautur Mjúkur grautur Raki í graut Hátt klórinnihald Holur í graut Grautur ekki til staðar
Spennukaplar	<ul style="list-style-type: none"> Röng gerð eða stærð miðað við hönnun Kapal eða kapla vantar Tæring Rof á vírum eða köplum Lausir kaplar (óeðlileg lárétt hreyfing)
Akkeri	<ul style="list-style-type: none"> Tómarúm Raki Klór í graut/steypu Tæring

TAFLA 3-8 Möguleg sprungumyndun

BYGGINGARHLUTI	STAÐSETNING	SPRUNGUSTEFNA	MÖGULEG ÁSTÆÐA
Undirhlið bita eða plötu	Við enda hafs	Langátt	Sprengispennur Lítil járnabending í endabita Alkalískemmdir
		Langátt	Alkalískemmdir Rof í spenniköplum
	Á miðju hafi	Þvert	Spennutap í köplum Of hátt breytilegt álag
Kroppur	Við enda hafs	Á ská	Skerspennur Spennutap í köplum
		Langátt	Alkalískemmdir Flökt á ídráttarrörum Rof í spenniköplum Klaki í ídráttarrörum
Vefur (útkragandi eða samfelldir bitar)	Yfir undirstöðum	Lóðrétt	Spennutap í köplum

BYGGINGARHLUTI	STAÐSETNING	SPRUNGUSTEFNA	MÖGULEG ÁSTÆÐA
Toppflangs (T-bitu eða kassalaga þversnið)	Á miðju hafi	Þvert	Rýrnun í steypu
	Yfir undirstöðum	Langgátt	Alkalískemmdir Rof í spenniköplum
		Þvert	Rýrnun í steypu Spennutap í köplum Of hátt breytilegt álag

3.2.2.5 Afleiðingar

Ákvörðun afleiðingastuðuls er ætlað að meta alvarleika afleiðinga þess ef viðkomandi mannvirki hrynur. Afleiðingarstuðullinn er reiknaður út frá Töflu 3.9. Komi fleiri en ein skilgreining til greina skal velja þá sem gefur hæsta tölugildið. Í sumum tilfellum er það ekki einungis umferðarálag sem ákvarðar mikilvægi brúarmannvirkis. Sem dæmi má nefna:

- Brýr á leiðum með enga viðeigandi hjáleið eða þar sem hjáleið er mjög löng
- Brýr á leiðum til einangraðra þéttbýlisstaða eða sveita þar sem engin viðeigandi hjáleið er til staðar
- Brýr á svæðum þar sem hrun brúarinnar myndi leiða af sér óásættanleg samfélagsleg áhrif

Í slíkum tilfellum skal afleiðingarstuðullinn hækkaður um einn heilan (hæsta mögulega skor er 5).

TAFLA 3-9 Afleiðingastuðull

EIGINLEIKI	AFLEIÐINGASTUÐULL (F_0)
Umferð á brú (ÁDU í báðar stefnur)	
Yfir 30000	5
10000 til 30000	4
5000 til 10000	3
1000 til 5000	2
Undir 1000	1
Vegur undir brúnni	5
Annað mikilvægt svæði undir brúnni, svo sem verðmæti, viðkvæmt umhverfi eða náttúra (verndarsvæði), geymsla spilliefna, á sem hægt er að ferðast á. Skor skal vera skv. dómgreind matsaðila	1 til 3

3.2.2.6 Saga mannvirkis

Þó eftirfarandi atriði komi ekki beint inn í útreikning á einkunn mannvirkis skal þó hafa þau í huga við mat á ástandi þess. Tafla 3.10 sýnir atriði sem ber að hafa í huga vegna sögu mannvirkisins á framkvæmdar- og líftíma þess.

TAFLA 3-10 Söguleg atriði

SÖGULEG ATRIÐI	
Bygging mannvirkis	<ul style="list-style-type: none"> • Vandræði við grautun • Vandræði við uppspennu • „Honeycombing“
Viðhald	<ul style="list-style-type: none"> • Lélegt viðhald á vatns- og frárennisliskerfi
Rekstur	<ul style="list-style-type: none"> • Breyting á vegsniði (áhrif á umferðarálag) • Breytingar á álagi (tímabundið eða viðvarandi)

SÖGULEG ATRIÐI	
Umhverfi	<ul style="list-style-type: none"> • Notkun hálkusalts • Nálægð við vinnusvæði þar sem notuð eru hættuleg/tærandi efni • Nálægð við sjó
Eftirlit	<ul style="list-style-type: none"> • Ófullnægjandi eftirlit • Ekkert eftirlit • Athugasemdir úr fyrra eftirliti ekki teknar til greina

Tafla 3.11 sýnir atriði sem hafa skal í huga varðandi úttektir sem kunna að hafa verið gerðar á mannvirkinu á líftíma þess.

TAFLA 3-11 Úttektir

ÚTTEKTIR
<ul style="list-style-type: none"> • Úttekt hefur ekki verið gerð á mannvirkinu í núverandi ástandi, skv. núgildandi reglum eða m.t.t. núverandi álags • Úttekt hefur leitt í ljós að mannvirkið stenst ekki kröfur • Úttekt hefur ekki verið gerð á næmni mannvirkis fyrir spennutapi í köplum • Úttektir hafa ekki borið kennsl á og metið alla mögulega þætti sem leitt geta til hruns á mannvirkinu

Listar yfir atriði í töflum í þessum kafla um áhættumat eru ekki tæmandi en eiga að vera yfirgripsmiklir. Matsaðilar eru hvattir til að hugleiða hvers kyns hættur sem kunna að steðja að mannvirki þrátt fyrir að þeirra sé ekki getið í þessum kafla.

3.2.3 Skýrslugerð

Niðurstöðum úr áhættumati skulu gerð skil í skýrslu og skal hún innihalda eftirfarandi atriði:

- Stutta samantekt á niðurstöðum síðustu áhættugreiningar
- Nákvæma úttekt á niðurstöðum frummats þar sem allar hættur sem borin voru kennsl á eru tilgreindar, ásamt viðeigandi áhættuþáttum, líkum á að atburður eigi sér stað og afleiðingum þess
- Áætlun fyrir áhættustýringu
- Útreikning á einkunn fyrir mannvirkið
- Undirskrift matsaðila

3.3 Áhættustýring

Fyrir sérhverja uppspennna brú ætti að vera til staðar áhættustýringaráætlun sem tilgreinir ráðstafanir gagnvart þeim hættum sem steðja að brúnni. Þessar ráðstafanir skulu byggja á áhættumati og vera tilgreindar í áhættumatsskýrslum. Ákvarðanir um val á ráðstöfunum er varða áhættustýringu skulu taka mið af kostnaði og kostum valkosta. Gögn og niðurstöður er varða áhættustýringu skulu vera forsenda fyrir seinni tíma áhættugreiningu og áhættumat sem skulu uppfærð reglulega á líftíma brúarinnar.

Gagnasöfnun og skráning er mikilvægur þáttur áhættustýringar. Eftirfarandi gögn skulu geymd á skipulegan og öruggan hátt:

- Áhættugreiningarskýrslur
- Áhættumatsskýrslur
- Áhættustýringaráætlanir
- Hvers kyns skýrslur og annað sem áhættustýringarráðstafanir kunna að leiða af sér
- Listi yfir aðgerðir sem mælt er með í áhættumati og áhættustýringu ásamt skráningu yfir hvort og hvenær viðkomandi aðgerð er framkvæmd

Nauðsynlegt er að skilgreina vel í hverju áhættustýring felst fyrir íslenskar brýr og til hvaða ráðstafana beri að grípa varðandi mismunandi hættur sem borið er kennsl á við áhættumat. Sú vinna er látin kyrr liggja á þessum tímapunkti en hana þarf að vinna eftir því sem þetta verkefni þróast lengra á Íslandi.

4 NIÐURSTÖÐUR ÚR MATSLYKLI

Brýrnar 12 sem valdar voru, voru skoðaðar út frá matslyklinum með það að leiðarljósi að finna út hverjar þeirra myndu henta best fyrir nánari skoðun með NDT-aðferðum. Eftir söfnun gagna fyrir brýrnar 12 kom í ljós að ekki fannst ýkja mikið af gögnum sem gátu varpað ljósi á ástand þeirra á framkvæmda- og rekstartíma eins og skýrslur um ástandsskoðanir, framleiðsluvottorð fyrir spennivíra, upplýsingar um graut, spennilistar o.þ.h. Brýrnar voru engu að síður metnar út frá þeim takmörkuðu upplýsingum sem voru fyrir hendi. **TAFLA 4-1** sýnir dæmi um upplýsingar sem leitað var eftir og í hvaða tilfellum þau fundust.

TAFLA 4-1 Upplýsingar sem fundust fyrir brýrnar 12.

	Sprunguskoðun	Frostheldni vellings	Grautunarskýrsla	Spennilisti	Þrýstipól vellings	Vatnsskiðnaður grauts	Rúmmálsbreyting grauts	Upplýsingar um íblendi	Upplýsingar um blöndunarhlutföll vellings	Framleiðsluskírteini spennivírs	Prófun og sýni á spennivír úr hverri rúllu	Framleiðsluvottorð fyrir spennivír
Önundarfjörður	X											
Héraðsvötn												
Sanddalsá				X								
Sog við Þrastarlund				X								
Breiðdalsá í Breiðdal				X								
Vesturós Héraðsvatna												
Eyvindará												
Norðfjarðará												
Norðurá í Heiðarsporði				X								
Kolgrafarfjörður												
Laxá í Dölum				X								
Jóka í Skriðdal				X								

Eins og sjá má voru það einna helst spennilistar sem fundust en að frátaldri greinagerð um sprunguskoðun í Önundarfirði fundust engin önnur gögn. Teikningar voru til fyrir allar brýrnar en ekki virðist sem haldið hafi verið upp á mikið af öðrum gögnum frá framkvæmdatíma. Líklegt er að flest þau gögn sem kveðið er á um í verklýsingum að skuli vera lögð fram séu til eða hafi verið til á einhverjum tímamarki en ekki auðnaðist að grafa þau upp í þessari rannsókn.

Í ljósi þess hve lítið af upplýsingum fannst þá skipta atriði eins og umferðarþungi og aldur brúar meira máli í einkunnagjöf brúanna en ella. Ekki er hægt að útiloka að fáfarnari og yngri brýr en þær sem hér fá hæsta einkunn þurfi frekar á nánari skoðun að halda en það er látið liggja á milli hluta. **TAFLA 4-2** sýnir yfirlit yfir atriði sem tekin eru til greina við einkunnagjöfina sem og stigafjölda sem hver og ein brú fær út úr matslyklinum.

TAFLA 4-2 Sundurliðun á einkunnagjöf fyrir brýrnar 12.

Brú	Byggingarár	Brúarform	Viðkvæmir byggingarhlutar	Ástand mannvirkis	Möguleg sprungumyndun	Umferð (ÁDU)	Vegur undir brú	Söguleg atriði		Stigafjöldi
					Þversprungur á bita Skásprungur á endabærbíttum vegna skerálags			Nálægð við sjó	Sérstætt lífríki við botn Önundarfjarðar	
Önundarfjörður	1980	Biti, samfellt, samverkandi, uppspenna í langátt	Kaplar staðsettir nálægt efra yfirborði	Vantar upplýsingar		300	Nei	Nálægð við sjó		12,6
Héraðsvötn	1981	Bitar, samfellt, samverkandi, uppspenna í langátt	Margir kaplar saman í fáum rörum	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	1200	Nei	Vantar upplýsingar		17,7
Sanddalsá	1983	Bitar, einfalt undirstutt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	1300	Nei	Vantar upplýsingar		21,3
Sog við Þrastarlund	1983	Bitar, einfalt undirstutt, samverkandi, þverliggjandi samskeyti, uppspenna í langátt	Samskeyti milli bita Fáir kaplar	Raki í graut	Vantar upplýsingar	2900	Nei	Vandræði við grautun Vandræði við uppspennu		24,8
Breiðdalsá í Breiðdal	1993	Bitar, samfellt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	180	Nei	Nálægð við sjó		7,1
Vesturós Héraðsvatna	1994	Bitar, samfellt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	540	Nei	Nálægð við sjó		7,1
Eyvindará	2001	Gegnheil plata, samfellt, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	1300	Nei	Vantar upplýsingar		4,7
Norðfjarðará	2002	Bitar, einfalt undirstutt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	480	Nei	Vantar upplýsingar		7,1
Norðurá í Heiðarsporði	2002	Bitar, einfalt undirstutt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	1300	Nei	Vantar upplýsingar		11,8
Kolgrafarfjörður	2004	Bitar, samfellt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	470	Nei	Nálægð við sjó		3,9
Laxá í Dölum	2009	Bitar, samfellt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	610	Nei	Vantar upplýsingar		3,9
Jóka í Skriðdal	2010	Bitar, einfalt undirstutt, samverkandi, uppspenna í langátt	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	Vantar upplýsingar	170	Nei	Vantar upplýsingar		7,1

Sjá má í töflu 4-2 að nokkrar brýr skera sig úr hvað varðar stigaskor. Færa má rök fyrir því að skoða megi sérhverja af þeim brúm á listanum sem byggðar eru fyrir árið 1990. Einnig má sjá að brúin yfir Norðurá í Heiðarsporði skorar hæst af þeim brúm sem byggðar eru eftir aldamót, þó eingöngu vegna umferðarþunga og byggingarforms. Í ljósi þessarar niðurstöðu er lagt til að eftirfarandi brýr verði skoðaðar nánar:

Sog við Þrastarlund (1983)

Þetta er sú brú sem skoraði hæst af öllum í matslyklinum. Brúin er 34 ára gömul og ber talsverðan umferðarþunga eða um 2900 ökutæki á dag. Þessi brú var ein af fáum þar sem einhverjar upplýsingar fundust um hvernig framkvæmd uppspennu og grautunar hefði gengið fyrir sig. Talað er um ákveðin minni háttar vandræði við uppspennu og grautun í skýrslu um framkvæmdina. Þetta veldur því að brúin skorar hærra í matslyklinum en ella. Brúin er ekki mjög langt frá Höfuðborgarsvæðinu, sem er kostur ef fengnir væru sérfræðingar erlendis frá til þess að skoða brúna.

Sanddalsá (1983)

Þessi brú skoraði næsthæst í matslyklinum á eftir Soginu. Brúin er 34 ára gömul og yfir hana fara um 1300 ökutæki á dag að jafnaði. Brúin er staðsett á mikilvægum stað, eða á Holtavörðuheidi á Þjóðvegi 1. Ekki fundust viðlíka upplýsingar um uppspennu og grautun fyrir þessa brú líkt og brúnna yfir Sogið en engu að síður er mælt með því að þessi brú sé tekin og skoðuð nánar.

Norðurá í Heiðarsporði (2002)

Brúin yfir Norðurá í Heiðarsporði er aðeins 15 ára gömul, en hún skorar hæst af þeim brúm sem skoðaðar voru sem byggðar voru eftir aldamót. Talið er ráðlegt að skoða brýr sem byggðar eru á ólíkum tímum og staðsetning þessarar brúar á Þjóðvegi 1 og nálægð hennar við brúnna yfir Sanddalsá sem þegar hefur verið lögð til gerir hana að tilvöldum kandídat til nánari skoðunar. Auðvelt væri fyrir erlenda sérfræðinga að gera sér ferð upp á Holtavörðuheidi og slá tvær flugur í einu höggi með því að skoða báðar brýrnar í sömu ferð.

5 SAMANBURÐUR Á ÍSLENSKRI OG BRESKRI VERKLÝSINGU

Gerður var samanburður á verklýsingu fyrir uppspennu og grautun í breskum staðli (The Highways Agency, 2014), Alverki '95 frá Vegagerðinni (Vegagerðin, 1995) og nýrri verklýsingu sem er í vinnslu hjá Vegagerðinni. Markmiðið með þessu var að draga fram mun á verklýsingunum og athuga hvort nokkuð sem Bretarnir gera mætti yfirfæra yfir á íslenska verklýsingu með það að leiðarljósi að stuðla að betri framkvæmd og að tryggja að fyllilega verði staðið að skrásetningu upplýsinga um framkvæmdina til gagns fyrir vinnu með matslykilinn úr kafla 3 í framtíðinni. Samanburðinum er skipt upp eftir verkþáttum, þ.e. grauturinn sjálfur, ídráttarrör, spennikaplar og framkvæmd uppspennu. Hér að neðan er farið yfir hvað kemur fram í verklýsingunum fyrir hvern af þessum þáttum og fjallað um mun á þeim.

5.1 Grautur

5.1.1 Efniskröfur

TAFLA 5-1 sýnir hvernig verklýsingarnar þrjár gera kröfur til efnisins sem notað er í graut.

TAFLA 5-1 Efniskröfur í verklýsingunum þremur.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> Sement skal vera skv. EN 197-1 type CEM I (portland cement). Taka skal fram sementsgerðina sem notuð er. Vatn skal vera skv. EN 1008. Íblöndunarefni skulu vera skv. EN 934-4 eða EN 934-2. Íblöndunarefni skulu ekki vera þyngri en sem nemur 5% af massa sementsins. Grauturinn má innihalda kísilryk sem stenst kröfur EN 13263. Grauturinn skal ekki innihalda meira en: 	<ul style="list-style-type: none"> Nota skal Portland sement með 7,5% kísilryksíblöndun, CEM II/A-M, styrkleikaflokkur 42,5R skv. ENV 197-1. Vatn til blöndunar má ekki innihalda skaðlega efnisþætti í slíku magni að það hafi áhrif á set steypu, hörðun eða haldgæði hennar eða orsakað tæringu bendistáls. Almenn gildir að vatnið skal vera álíka að gæðum og neysluvatn. Nota skal íblendi með þenjandi áhrifum en það má ekki minnka hin 	<ul style="list-style-type: none"> Sement skal vera skv. ÍST EN 197 af gerðinni CEM I (Portland sement) eða CEM II/A-D (Portland-kísilryksblandað sement). Blendivatn skal vera í samræmi við ÍST EN 1008. Íblendi skulu vera í samræmi við ÍST EN 934-2. Heimilt er að nota eina eða fleiri gerðir íblendis saman. Kísilryk má vera í sementi sem notað er í vellinginni og skal þá uppfylla kröfur skv. ÍST EN 13263. Notkun áldufts er leyfð í takmörkuðu magni. Vellingur á að vera gerður úr sementi, vatni, íaukum og

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> ○ Klórjónir (Cl⁻) ≤ 0,10% af þyngd sements ○ Súlfatjónir (SO₃²⁻) ≤ 4,5% af þyngd sements ○ Súlfíðjónir (S²⁻) ≤ 0,01% af þyngd sements • Vísitandi viðbót klór- og súlfatjóna er ekki leyfð. 	<p>verndandi áhrif sementsvellingsins á spennivirinn, þ.e. ekki minnka pH-gildi sementsvellingsins.</p> <p>Upplýsingar um tegund, gerð og framleiðslu íblendisins ásamt aðal- og aukaverkunum þess, þ.m.t. Cl⁻ innihald, skulu liggja fyrir áður en blöndun hefst og vera samþykkt af eftirlitinu.</p>	<p>íblendi. Efni sem notuð eru skulu vera þannig að eftirfarandi kröfur verði uppfylltar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Cl⁻ < 0,10% af sementsþunganum. ○ SO₃ < 4,5% af sementsþunganum. ○ S₂-jónir < 0,01% af sementsþunganum. ○ Gildi þetta er summa af leyfðu klór- og súlfatmagni sem leyfð óhreinindi í hlutfnunum. Ekki er leyft að bæta klór eða súlfati í blönduna. <ul style="list-style-type: none"> • Ganga skal úr skugga um í tæka tíð, ef það er nauðsynlegt, að eiginleikar vellings, gerður úr ætluðum efnun til verksins, tækjum sem ætluð er til verksins og unnin með væntanlegum mannafla, henti fyrir ætlaða notkun.

Athygli vekur að í Alverki '95 er kísilryksblandað sement tilgreint sem eina leyfilega sementið en í nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar er það tilgreint sem annar af tveimur möguleikum. Ekki er ástæða að ætla að sérstök þörf sé á að nota kísilryksblandað sement í graut þó það sé leyfilegt. Sérstakari kröfur til vatns eru í nýju verklýsingunni í samræmi við þá bresku, þ.e. vísað er í staðal öfugt við í Alverki þar sem talað er um að vatnið skuli vera „almennt álíka að gæðum og neysluvatn“. Líkt og í bresku verklýsingunni eru komnar nákvæmar kröfur í nýju verklýsinguna varðandi magn klór- og súlfatjóna í grautum. Mikilvægt er að magn þessara jóna í grautum sé skráð og þær upplýsingar varðveittar. Sniðugt gæti verið að bæta klausunni úr bresku verklýsingunni um að „vísitandi viðbót klór- og súlfatjóna sé ekki leyfð“.

5.1.2 Blöndunar- og skömmtunarkröfur

TAFLA 5-2 sýnir hvaða blöndunar- og skömmtunarkröfur eru gerðar í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-2 Blöndunar- og skömmtunarkröfur í verklýsingunum þremur.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> • Allt hráefni skal skammtað eftir massa nema vatn og fljótandi íblöndunarefni sem skulu skömmtuð eftir massa eða rúmmáli. • Nákvæmni skömmtunar skal vera ±2% fyrir þurrefni, 	<ul style="list-style-type: none"> • Blöndunarhlutföll vellings ákveðast í samráði við eftirlitið en eftirfarandi þyngdarhlutföll skulu í höfuðatriðum lögð til grundvallar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sement: 1 ○ Vatn: 0,4 ± 0,04 	<ul style="list-style-type: none"> • Blöndunarhlutföll vellings ákveðast í samráði við eftirlitið en eftirfarandi þyngdarhlutföll skulu í höfuðatriðum lögð til grundvallar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sement: 1 ○ Vatn: 0,4 ± 0,04

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
sement og íblöndunarefni og $\pm 1\%$ fyrir vatn. <ul style="list-style-type: none"> • Magn vatns inniheldur magn fljótandi íblöndunarefna. • v/s hlutfalli skal haldið eins lágu og mögulegt er og það skal skráð. • Efnum skal blandað saman svo þau myndi einsleitan graut sem hrært skal í þangað til honum er dælt í rörin. • Vatn skal fara fyrst í blandarann nema annað sé tekið fram. • Hitastig nýblandaðs grauts skal vera milli 5°C og 30°C. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Íblendi: Skv. upplýsingum frá framleiðanda. • Vatnsmagni skal haldið í lámarki innan ofangreindra marka miðað við að dæling vellings geti farið fram með eðlilegum hætti. • Sementsvellinginn skal blanda jafnóðum og hann notast og má aldrei nota velling sem hefur verið blandaður fyrir meira en $1/2$ klst. • Sementsvellingurinn skal vera milli $+5^{\circ}\text{C}$ og $+25^{\circ}\text{C}$ heitur þegar honum er dælt í rörin og skal gæta þess að blöndunarker og allur tækjabúnaður sé hitaður þannig að grautur kólni ekki við snertinu við þau. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Íblendi: Skv. upplýsingum frá framleiðanda. • Blöndun skal fara fram í blendi, þannig að blandan verði einsleit og stöðug með eiginleika í mjúku (plastísku) formi eins og lýst er hér að framan. Háð efnis- eða umhverfisþáttum (t.d. hitastigi, formi kapallegu og eiginleikum sements) á að halda v/s-tölu eins lágri eins og kostur er m.t.t. aðstæðna. • Blanda skal velling í magni þannig að örugglega verði til nægilega mikið til að fylla ídráttarrör að teknu tilliti til þess, sem fer til spillis. Vellinginn skal blanda í blendi, sem er hæfur til að búa til einsleitan velling, og halda honum á hægri stöðugri hreyfingu þegar efni hafa verið sett í vélina og þar til hann er tilbúinn til ídælingar í ídráttarrörin. • Vatni skal fyrst blandað í blendinn, því næst sementinu og íblendinu. Blanda má öllu vegnu magni sements og íblendis í blendinn eða í smáskömmtum, þar til það er allt komið í hana. • Nákvæmni skömmtunar skal vera $\pm 2\%$ fyrir þurrefni, sement og íblöndunarefni og $\pm 1\%$ fyrir vatn.

Í öllum verklýsingunum er kveðið á um að halda skuli v/s hlutfalli sem lægstu. Halda mætti kröfu úr Alverki '95 varðandi það að ekki megi nota graut sem blandaður var fyrir meira en hálfri klukkustund. Sömu nákvæmniskröfur og eru tilgreindar í bresku verklýsingunni eru komnar inn í nýja verklýsingu Vegagerðarinnar.

5.1.3 Kröfur um prófanir

TAFLA 5-3 sýnir kröfur um prófanir í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-3 Kröfur um prófanir í verklýsingunum þremur.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> • Sigtun: <ul style="list-style-type: none"> ○ Hella skal 1 l af nýblönduðum graut í gegnum 	<ul style="list-style-type: none"> • Rúmmálsbreyting: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sýni úr sementsvellingi skulu tekin úr 	<ul style="list-style-type: none"> • Nauðsynleg próf eru skv. töflu 5-5. Fjöldi prófa er skv. töflu 2 í ÍST EN 447:2007.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> • Þjálmi: <ul style="list-style-type: none"> ○ Hér er um tvo prófunarmöguleik a að ræða, keilupróf og útbreiðslupróf. ○ Í keiluprófi skal hella 1 l af graut í gegnum trekt af ákveðinni stærð og skal allur grauturinn renna í gegn á í mesta lagi 25 sekúndum. ○ Í útbreiðsluprófi er grautnum helt í mót á sléttum fleti og mótinu lyft burt og mælt hve mikið grauturinn hefur dreift úr sér á 30 sekúndum. Þvermál grautarins eftir 30 sekúndur skal vera a.m.k. 140 mm. ○ Um bæði próf gildir að þjálmi skal mæld aftur að 30 mínútum liðnum og má hún ekki hafa breyst um meira en 20%. Framkvæma skal 1 próf í upphafi og 2 próf 30 mínútum síðar. • Blæðing: <ul style="list-style-type: none"> ○ Blæðing skal prófuð með svokölluðu Wick-induced prófi. Graut er helt í ílát sem inniheldur spennivir og skal vatnsblæðing ofan á grautnum ekki vera meira en 0,3% af upphaflegu rúmmáli grautsins 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Taka skal 2 sýni til prófunar fyrir hvern dag sem blandað er. ○ Rúmmálsheldni er mæld þannig að gegnsætt plaströr eða mæliglas 50 - 100 mm í þvermál, 200 - 300 mm hátt, er fyllt upp ca að 3/4 hlutum. Ílátinu er lokað og það geymt við ca +18°C. Hæð sementsvellings og vatnsyfirborðs mælist nákvæmlega eftir eftir 1, 3 og 24 klst. Rúmmálsbreyting skal liggja innan markanna 0-12% eftir 24 klst. • Vatnsskilnaður: <ul style="list-style-type: none"> ○ Skal vera minni en 2% eftir 3 klst og skal aldrei vera meiri en 4%. Eftir 24 klst. skal allt það vatn af yfirborði sýnisins er skilist hafði frá vera horfið inn í sýnið aftur. ○ Vatnsskilnaður er skilgreindur sem hlutfallið milli hæðar vatns í mæliglasinu eftir 3 klst og upphaflegrar hæðar vellings. • Styrkur: <ul style="list-style-type: none"> ○ Þrýstipól sementsvellings skal vera 25 MPa eða meira. ○ Styrkur skal prófaður sem þrýstipól tveggja sívalninga úr hverju prófi. • Þjálmi: <ul style="list-style-type: none"> ○ Til viðmiðunar um þjálmi 	<ul style="list-style-type: none"> • Kröfur til flæðis vellings skulu vera í samræmi við ÍST EN 447:2007. • Kröfur til vellings: Sjá töflu 5-6. • Almennir eiginleikar vellings: Vellingur skal uppfylla kröfur sem nánar eru settar fram í greinum hér á eftir fyrir: <ul style="list-style-type: none"> ○ Flæði og vatnsaðskilnað í mjúku (plastísku) formi. ○ Rúmmálsbreyting u við hörðnun. ○ Styrk eftir hörðnun. ○ Aðrar kröfur: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vinnslutími og hvenær vellingurinn byrjar að stirðna ▪ Rúmþyngd og einsleitni hans eftir því hvar sýnið er tekið • Eiginleikar vellingsins skulu liggja fyrir áður en til framkvæmdar kemur. • Flæðikröfur. Flæði vellingsins meðan á ídælingu stendur skal vera nægjanlega mikið til að unnt sé að dæla honum auðveldlega og örugglega þannig að ídráttarrörin fyllist, en nægilega lítið til að hann geti rekið á undan sér bæði loft og vatn í rörunum. Flæði á ekki að breytast meir en 20% frá því strax eftir blöndun þar til 30 mínútum eftir blöndun. Flæði vellings má prófa annað hvort með því að mæla flæðitíma í gegnum trekt að skilgreindri stærð eða með flæðiprófi. • Vatnsaðskilnaður. Vatnsaðskilnaður vellingsins skal vera nægilega lítil til að koma í veg fyrir umfram aðskilnað og sig. Vatnsaðskilnað skal

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> • Rúmmálsbreyting: <ul style="list-style-type: none"> ○ Mæling á rúmmálsbreytingu er framkvæm á sama sýni og blæðingin. Rúmmálsbreytingin skal vera á milli -1% og 5% að 24 tímum liðnum. Framkvæma skal 3 slík próf. • Styrkur <ul style="list-style-type: none"> ○ Framkvæma skal próf til að kanna brotstyrk grautsins og skal hann ekki vera minni en 30 MPa eftir 28 daga og ekki minni en 27 MPa eftir 7 daga. Niðurstöður skulu vera meðaltal þriggja prófana. • Hörðnunartími: <ul style="list-style-type: none"> ○ Skal mældur skv. EN 196-3 og skal upphaf hörðunar eiga sér stað eftir meira en 3 klst og skal grauturinn vera fullharðnaður að 24 klst liðnum. • Þéttleiki: <ul style="list-style-type: none"> ○ Mælt sem hlutfall milli massa og rúmmáls í vökvafasa grautsins. Framkvæma skal eitt próf og tilgreina þéttleika grautsins. 	<p>að 3 tímum liðnum. Framkvæma skal 3 slík próf.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Trektin skal vætt áður en prófun er gerð. <ul style="list-style-type: none"> • Frostheldni: <ul style="list-style-type: none"> ○ Frostheldni er mæld sem sá fjöldi klst. x 15 °C sem sementsvellingur þarf til þess að standast eftirfarandi próf: <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 lítra ílát er fyllt af 50/50% blöndu af ethylen-glykol/vatn og lokað með þétu loki sem er útbúið áfyllingarröri með krana, útloftunarventli og stigröri með kvarða til þess að mæla rúmmálsbreytingu. ○ Hitaskynjari er festur á sýni af sementsvellingnum sem hefur harðnað við þekktar aðstæður og þannig safnað upp þekktum fjölda klst. x °C. ○ Sýnið er sett í plastpoka og sett ofan í ílát með þannig að þegar sýnið kólnar minnkar rúmmál þess í réttu hlutfalli við hitastigið þangað til vatnið í hárpípum sýnisins frýs. Við það leysist út varmi sem hækkar hitastig sýnisins og þar með er búið að tímasetja hvenær sýnið frýs. 	<p>mæla með Wick prófi í samræmi við grein 4.5 í ÍST EN 445:2007. Aðskilnaðarvatn skal hafa gengið inn í harðnaðan vellinginn innan 24 stunda.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rúmmálsbreyting. Rúmmálsbreytingu má meta hvort sem er til aukningar eða minnkunar. Hún á að vera innan markanna -0,5% og +5%, þegar hún er prófuð skv. Wick-prófi, sem lýst er í grein 4.5 í ÍST EN 445:2007. • Styrkur. Þrýstistyrk vellings má meta með sýnastærð og sýnagerð skv. töflu 5-7 og framkvæma eins og þar er fyrirskrifað. • Þrýstistyrkurinn má ekki vera minni en 30 MPa eftir 28 daga eða 27 MPa eftir 7 daga. • Storknun vellings. Storknun er mæld skv. EN 196-3. Æskilegt er að vellingurinn fari ekki að stirðna fyrir en eftir >3 tíma. Storknun skal lokið eftir < 24 klst. Hvort tveggja er miðað við hitastig sem framleiðandi vellings segir til um eða mælt er fyrir um. • V/S hlutfall. Hlutfall vatns /sements skal vera ≤0,44. • Tíðni prófanna á vellingi: Skal vera skv. töflu 5-8. • Leggja skal niðurstöðu prófana fyrir verkkaupa til samþykktar. Verktaki getur fyrst farið að huga að því að steypa upp mannvirkið, þegar samþykki verkkaupa liggur fyrir. • Minnt er á ákvæði í „Alverk '95“ varðandi grautun að vetrarlagi og aðgerðir þar að lútandi.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
		<ul style="list-style-type: none"> ○ Ef engin rúmmálsaukning verður við það að sýnið frýs telst það frostþolið. ○ Við útreikning á fjölda klst. x 15 °C eru lögð saman margfeldi klst. x f(t) klst = sá fjöldi klst. sem sýnið hefur haft hitastigið t °C f(t) = hitaháður fasti tekinn úr töflu 5-4. ○ Til þess að hægt sé að ákvarða nákvæmlega hvenær sementsvellingur með ákveðnum blöndunarhlutföllum og íblendi er orðinn frostþolinn þarf að gera prófun á sýnum með mismunandi fjölda klst. x 15 °C. <ul style="list-style-type: none"> • Allar niðurstöður skulu vera meðaltöl a.m.k. 2 prófana.

TAFLA 5-4 Hitaháður fasti úr Alverki '95.

t°C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
f(t)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9

TAFLA 5-5 Nauðsynleg próf skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.

PRÓF:	FJÖLDI PRÓFA Á HÆFI
Sigtipróf	≥ 1
Flæðipróf	≥ 1
Vatnsaðskilnaðarpróf ¹⁾	≥ 1
Rúmmálsbreyting ¹⁾	≥ 1
Styrkur	≥ 1
Rúmpyngd	≥ 1

¹⁾Vatnsaðskilnaðar- og rúmmálsbreytingarpróf er sama prófið.

TAFLA 5-6 Kröfur til vellings í nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.

PRÓFUNARÆFERÐ SKV. EN 445	MÆLT GILDI	KRAFA: STRAX AÐ BLÖNDUN LOKINNI	30 MÍN. EFTIR BLÖNDUM Í HRÆRSLUVÉL EÐA SKV. LEIÐBEININGUM FRAMLEIÐANDA ¹⁾
Flæði um trekt	Tími í s	$t_0 \leq 25$ s	$1,2 t_0 \geq t_{30} \geq 0,8 t_0$ og $t_{30} \leq 25$ s
Flæði próf	a=meðalþvermál flæðis í mm	$a_0 \geq 140$ mm	$1,2 a_0 \geq a_{30} \geq 0,8 a_0$ og $a_{30} \geq 140$ mm

TAFLA 5-7 Fyrirkomulag styrkprófa skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.

GERÐ SÝNIS	STÆRÐIR [MM]	PRÓFAÐ SKV. GREINUM Í ÍST EN 445
Strendingur	40x40x160	Grein 4.6

TAFLA 5-8 Tíðni prófana á vellingsi skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.

PRÓF	TÍÐNI PRÓFANA
Styrkur	Eitt sett þriggja sýna
Vatnsaðskilnaður	1 próf á hálfum degi og a.m.k. 2 próf í hverjum ídælingaráfanga.
Rúmmálsbreyting	1 próf á hálfum degi og a.m.k. 2 próf í hverjum ídælingaráfanga.
Flæði	3 próf á dag eða á tveggja tíma fresti við dælu.
Rúmpyngd	Eitt próf á hálfum degi við dælu og síðasta lokann, en a.m.k. 2 próf í hverjum ídælingaráfanga.er krafist.

Próf sem krafist er að séu framkvæmd eru áþekk milli verklýsinganna þriggja en Alverk '95 er sú eina sem talar sérstaklega um próf á frostheldni. Nýja verklýsingin vísar í Alverkið varðandi aðgerðir vegna grautunar að vetrarlagi en æskilegt er að frostheldnisprófið fari inn í nýju verklýsinguna. Mun meira er vísað í staðla í nýju verklýsingunni heldur en í Alverkinu og er hún áþekkari bresku verklýsingunni í þeim skilningi. Það er kostur að próf sem krafist er séu á sem stöðlustu formi.

5.1.4 Kröfur um búnað

TAFLA 5-9 lýsir kröfum um búnað í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-9 Kröfur um búnað í verklýsingunum þremur.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> Búnaður skal samstanda af blandara og dælu ásamt 	<ul style="list-style-type: none"> Blöndunar- og grautunarbúnaður skal vera 	<ul style="list-style-type: none"> Blöndunar- og grautunarbúnaður skal vera

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<p>nauðsynlegum slöngum, ventlum og mæli- og prófunartækjum.</p> <ul style="list-style-type: none"> Búnaður skal vera svo úr garði gerður að hægt sé að fylla í rör án truflunar og á tilætluðum hraða. Til staðar skal vera ker með hrærara til að geyma tilætlað magn af graut. Búnaður skal vera nothæfur með þeim uppspennubúnaði sem notaður er. Dælur skulu útbúnar þrýstingsmælum og skulu geta viðhaldið tilætluðum þrýstingi á grautnum. Tengingar skulu vera lekaheldar. Neyðarbúnaður skal vera til staðar, svo sem útskolunarbúnaður ef eitthvað fer úrskeiðis. 	<p>af þeirri gerð sem hentar verkinu og er háður samþykki eftirlitsins.</p>	<p>af þeirri gerð sem hentar verkinu og er háður samþykki eftirlitsins.</p> <ul style="list-style-type: none"> Við útloftunarrör og kapalfestingar þar sem ekki er dælt inn um skal koma fyrir gúmmí- eða plastslöngu sem framlengir útloftun a.m.k. 0,75 m upp fyrir steypuyfirborð. Sementsvellungi er dælt í kapalrör, en áður en ídælingin hefst skal gengið þannig frá kapalendum að tryggt sé að þeir séu nægjanlega þéttir svo sementsvellurinn tapist ekki út meðfram lásplötum og láskeilum. Nota skal sérsmiðuð lok sem hylja lásplötu og víraenda en þannig útbúin að hægt sé að hleypta lofti út. Þegar dæling hefst í rörin skal þess gætt að halda sem jöfnustum hraða eða u.þ.b. 6 til 12 m/mín og skal dælingunni haldið áfram uns jafnt rennsli án loftbóla kemur út um útloftunarslöngur. Eftir að dæling hefst í ídráttarrör má ekki stöðva hana. Meðan á ídælingu stendur skal loftþrygging (mínst 0,1 MPa) og dælivatn vera til reiðu í ríflegu magni til spúlunar og hreinsunar á kapalrörum, ef óvænt atvik koma upp. Áhersla er lögð á, að reyna fyrst að losa stíflur með loftþrýstingi og ef það gengur ekki að grípa fyrst þá til spúlunar kapalröranna. Eftir að vatnsdælingu er lokið skal blása vatninu út með lofti þannig að tryggt sé, að vatn sitji ekki eftir í rörinu. Rannsóknir benda til, að það sé seint alveg öruggt að öllu vatni hafi verið náð út. Varadæla og varablöndunarútbúnaður skal vera til staðar eins og nauðsynlegt er talið. Sem viðmiðun er það yfirleitt nægjanlegt að tappa af útloftunarslöngum u.þ.b. 10 - 15 l.

Nánast ekkert er fjallað um búnað í Alverkinu heldur bara tilgreint að hann sé háður samþykki eftirlits. Í bresku verklýsingunni og nýju verklýsingunni frá Vegagerðinni er talinn upp búnaður sem skal vera til staðar en áfram er sá fyrirvari til staðar í nýju verklýsingunni að búnaðurinn sé háður samþykki eftirlits, sem að er eðlileg krafa.

5.1.5 Kröfur um framkvæmd

TAFLA 5-10 sýnir kröfur um framkvæmd grautunar í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-10 Kröfur um framkvæmd grautunar í verklýsingunum þremur.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> Grautun skal fara fram eigi síðar en 14 dögum eftir löggn spennikapla eða svo fljótt sem auðið er eftir það og þá skal grípa til ráðstafana til að koma í veg fyrir tæringu á köplum. Þegar flæði grauts um útloftunarop er orðið það sama og grauts sem dælt er inn skal taka 5 l af graut úr hverju útloftunaroni og farga. Síðan skal loka opunum. Inndælingarpípum skal lokað undir þrýstingi með 0,5MPa þrýstingi viðhaldið í 1 mínútu. Op í hápunktum skulu opnuð og hvers kyns útlæði lofts, vatns eða grauts skal skráð. Áfram skal pumpa inn graut með eitt útloftunaroni opið í einu til að ná út auka vatni eða lofti. Aftur skal safna 5 l af graut frá hverju opi áður en farið er í næsta op. Að lokum skal viðhalda þrýstingi í amk. 1 mínútu til að ganga úr skugga um að hvergi sé leki. Passa skal að rörin verði ekki fyrir höggum eða titringi í 24 tíma eftir grautun. Eftir að grauturinn hefur harnað skulu opin opnuð aftur til að athuga hvort holrúm séu til staðar í grautnum. Eftirlitsaðili getur farið fram á rannsókn ef grunur leikur á að 	<ul style="list-style-type: none"> Uppspenna og grautun skal framkvæmd af vinnuflokki sem stjórnad er af manni sem hefur reynslu við tilvarandi verk og eftirlit samþykkir. Nægjanleg reynsla telst að hafa unnið að uppspennu með viðkomandi kerfi einu sinni á síðastliðnum 2-3 árum og haft verkstjórn verksins með höndum. Áður en grautun hefst skal sannreyna að kapalrör séu opin með því að blása í gegn um þau með þrýstilofti. Þrýstiloftið skal vera laust við olíu. Sementsvellingi er dælt í kapalrör, en áður en dæling hefst skal gengið þannig frá kapalendum að tryggt sé að þeir séu nægjanlega þéttir svo sementsvellingurinn tapist ekki út meðfram lásplötum og láskeilum. Við útloftunarrör og kapalfestingar þar sem ekki er dælt inn um skal koma fyrir gúmmi- eða plastslöngu sem framlengir útloftun a.m.k. 0,75 m upp fyrir steypufirborð. Þegar dæling hefst í rörin skal þess gætt að halda sem jöfnustum hraða - u.þ.b. 6 til 12 m/mín og skal dælingunni haldið áfram uns jafnt rennsli án loftbóla kemur út um útloftunarslöngu. Sem viðmiðun er það yfirleitt nægjanlegt að tappa af útloftunarslöngum u.þ.b. 10 - 15 l. Eftir að öllum útloftunarslötum hefur verið lokað skal halda a.m.k. 1,0 	<ul style="list-style-type: none"> Ídæling vellings skal fara fram í samræmi við ÍST EN 13670:2009 grein 7.6 og leiðbeiningar fib, Bulletin 20, Grouting of tendons in prestressed concrete. Ídælingu skal framkvæma undir verkstjórn manns með nauðsynlega þekkingu á framleiðslu vellings, nauðsynlegum prófunum, vali tækja fyrir verkefnið, og með reynslu frá a.m.k. 3 sambærilegum verkum. Verktaki skal skila ferilskrá verkstjóra, þar sem vísað er til sambærilegra verka. Ídælingu má ekki byrja fyrr en verkkaupi hefur samþykkt uppennu kaplanna. Ídælingu skal framkvæma skv. kröfum, sem gefnar eru upp í ÍST EN 446 og eftirfarandi forskrift. Tímanlega fyrir ídælingu skal verktakinn vinna áætlun þar sem grein er gerð fyrir eftirfarandi þáttum og afhenda verkkaupa til rýni: <ul style="list-style-type: none"> Framkvæmd ídælingar. Skipting í áfanga til úttektar. Magn vellings í hvert kapalrör. Ráðstafanir til að tryggja að kapalrör fyllist með vellingi, e.t.v. með eftirdælingu í tengibox og akkeri. Möguleiki á spúlun og hreinsun kapalröra, ef óvænt

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<p>einhver rör séu ekki fyllt af graut á fullnægjandi hátt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Að lokinni grautun skulu öll op innsiglið og gerð vatnsheld. • Akkeri spennukapla skulu hulin hlífum meðan grautun fer fram. • Ganga skal úr skugga um að rör séu algjörlega hrein og þurr áður en grautun fer fram. • Ekki skal grauta ef hitastig mannvirkisins er lægra en 3°C eða líklegt til að fara niður fyrir 3°C á næstu 48 tímum nema mannvirkid sé hitað svo að tryggt sé að grauturinn haldist yfir 5°C heitur í amk. 48 tíma. • Grautun skal vera ein samfelld aðgerð fyrir hvern vír. • Grautur skal notaður í mesta lagi 30 mín eftir blöndun. • Ekki skal vera meira en 3% munur á vökvapöttleika milli grauts sem flæðir út úr röri og graut í blandara. 	<p>MPa þrýstingi á kaplinum í 3-5 mín en þá skal opna útloftunarstúta einn í einu til þess að hleypa út loftbólum.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Milli þess sem hleypt er út skal þrýstingur aukinn aftur upp í a.m.k. 1,0 MPa. • Eftir að dæling hefst í kapal má ekki stöðva hana. Ef eitthvað kemur í veg fyrir að þetta sé hægt, skal dæla sementsvellingnum strax út með vatni og skal því ekki hætt fyrr en hreint vatn kemur út um útloftunarrör og enda. Eftir að vatnsdælingu er lokið skal blása vatninu út með lofti þangað til tryggt er að vatn sitji ekki í rörinu. • Um grautun í köldu veðri, þ.e. þegar hitastig fer niður fyrir 5 °C, gildir eftirfarandi: <ul style="list-style-type: none"> ○ Valkostur 1: Kaplrörin skulu hafa verið heitari en 3 °C í 48 klst. áður en grautun fer fram. Sementsvellingurinn skal vera milli +5 °C og +25 °C heitur þegar honum er dælt í rörin og skal gæta þess að blöndunarker og allur tækjabúnaður sé hitaður þannig að grautur kólni ekki við snertinu við þau. Kaplrör sem búið er að grauta mega ekki kólna niður fyrir + 3 °C fyrr en sementsvellingurinn er orðinn frosheldinn ○ Valkostur 2: Nota má frosheldna blöndu. Gerð blöndunnar skal studd fullnægjanlegum prófunum og gögnum sem sýna áreiðanleika hennar til þessara nota. Notkun blöndunnar 	<p>atvik verða við ídælinguna.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Útbúnaði, sem nota skal. ○ Varaútbúnaði, sem skal vera til taks við ídælinguna. <ul style="list-style-type: none"> • Hitastig við ídælingu skal vera í samræmi við ÍST EN 446:2007, grein 8.3, sjá töflu 5-9. • Eftir að öllum útloftunarstöðum hefur verið lokað skal halda a.m.k. 1,0 MPa þrýstingi á kapalrörum í 3-5 mín en þá skal opna útloftunarstúta einn í einu til þess að hleypa út loftbólum. Milli þess sem hleypt er út skal þrýstingur aukinn aftur upp í a.m.k. 1,0 MPa. • Ef á þarf að halda skal gera viðeigandi ráðstafanir til að tryggja að tengibox og akkeri fyllist m.a. með eftirídælingu þeirra á réttum tímapunkti áður en ídæliefni binst. Þar að auki skal vera mögulegt að yfirfara og endurídæla í tengingar, t.d. gegnum innsteypt rör, sem liggja að efsta hluta tengimúffanna. • Strax að lokinni notkun skal dæla vellingi í þessi rör. • Yfirborð steypu við kapalfestingar, sem steyppt verður að, skal vera gróft. Ekki má steypa yfir kapalfestingar fyrr en verkkaupi hefur samþykkt ídælingarvinnuna og búið er að loka með tappa og innsigla yfir alla stúta og akkeri. Áhersla er lögð á, að tenging nýrrar og gamallar steypu verði góð, þannig að steypuskilin verði jafnþétt og steypan umhverfis. • Verktaki skal skila sérstakri aðgerða áætlun fyrir móttöku og geymslu hráefna, á formi sem verkkaupi samþykkir. Aðgerðaáætlun skal einnig taka til framleiðslu vellings. Í úttekt skal skoða hvort ídráttarrör, þ.m.t. tengi, afvötnun og útloftun og festing akkera við mót séu örugglega algjörlega þétt gagnvart hverskonar leka eða

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
	<p>er háð samþykki eftirlits.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Þegar dælingu er lokið og sementsvellingur hefur náð nægjanlegum styrk (eftir ca 12-24 klst) eru lokin fjarlægð. • Steypa skal í úrtök við kapalfestingar með steypu blandaðri þjálnefni. Ef ekki eru fyriræli um annað skulu steypufletir límbornir með 2ja þátta steypulími og gengið frá járnalögn í úrtaki áður en steipt er. • Gera skal skýrslu um framkvæmd grautunar þar sem eftirfarandi er skráð: 1) Dagsetning og tími. 2) Hitastig og veðurfar. 3) Blöndunarhlutföll sementsvellings. 4) Þrýstingu við inndælingu. 5) Truflanir á inndælingu. 6) Aðrar athugasemdir 	<p>vatnsgufum þar inn meðan steipt er.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Með tilliti til úttektar skal skipta ídælingarvinnunni í röð áfanga. Að lágmarki skal í hverjum áfanga taka eftirfarandi próf: <ul style="list-style-type: none"> ○ 1stk. flæðimæling í byrjun ídælingar og eftir hvert hlé ídælingarvinnunnar. Sýni skal taka beint frá blöndu- eða geymslukeri. • Að þessu loknu endurtaka flæðimælinguna reglulega minnst á 3 tíma fresti. • Framkvæma skal minnst 5 flæðimælingar á vellingi við yfirfall úr kapalrörum. <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 stk þan- , vatnsaðskilnaðar- og vatnsupptökupróf á vellingi, þar sem sýni eru tekin frá blöndu- eða geymslukeri. ○ 1 stk þan- , vatnsaðskilnaðar- og vatnsupptökupróf á vellingi tekin úr kapalrörum. ○ Sýni í styrkleikapróf eins og tilgreint er í ÍST EN 447. • Meðan á ídælingu stendur skal athuga með reglubundnum hætti hvort notað magn svarar áætluðu útreiknuðu magni. • Verktaki skal skila dagbók á formi sem verkkaupi samþykkir. Í dagbók skal skjalfesta og staðfesta með undirritun, alla ídælingarvinnu. Skjalfestingin skal innihalda upplýsingar, sem máli skipta fyrir mat á þeirri vinnu, sem hefur verið framkvæmd, þar á meðal upplýsingar um notað efni, útbúnað, tímasetningar, veðurfarslegar upplýsingar, svo sem meðalhitastig, notað magn og upplýsingar um niðurstöðu þeirra prófana sem hafa verið

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
		<p>framkvæmdar, flæðimæling, þanpróf, vatnsupptökupróf og rúmmálsbreyting ásamt styrkleikaprófi. Dagbókin á ennfremur að innihalda upplýsingar um hvernig ídælingarstútar, inntök, útrásir eru staðsettir í ídælingaráætluninni, frávik frá lokunarröð ásamt öðrum atriðum, þar á meðal athugasemdir um stopp, leka o.m.fl.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Í lok dælingar, þegar vellingurinn hefur harðnað og dregið til sín aðskilnaðarvatnið skal fjarlægja ídælingarstúta og yfirfara, hvort stúturnir eru fullir. Komi í ljós, að þeir séu ekki fullir skal setja í gang nákvæmari úttekt á orsök þess og raunverulegum aðstæðum. Skrásetningu á þessu skal leggja fyrir verkkaupa til rýni ásamt hugsanlegri umbótaáætlun, sem verkkaupi skal yfirfara. • Minnt er á ákvæði í „Alverk '95“ varðandi grautun að vetrarlagi og aðgerðir þar að lútandi.

TAFLA 5-11 Hitastig við ídælingu skv. nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar.

	HITASTIG °C	TÍMALENGD KRÖFU
Minnst	3°	48 klst ¹⁾
Mest	35 °	

¹⁾ Ídælingu má ekki framkvæma ef hitastig byggingarhluta er 3°C eða lægra eða ef hitastig hans er líklegt til að fara niður fyrir 3°C á næstu 48 klst. Framleiðandi gerir e.t.v. stífari kröfu en 3°C og þá tekur sú krafa yfir. Ef byggingarhlutinn er hitaður upp skal hita hann upp í 5°C og hærra, ef framleiðandi vellings gerir kröfu um hærra hitastig en 3°C.

Sú breyting er gerð milli Alverks og nýrrar verklýsingar varðandi reynslu verkstjóra að krafist er ferilskrár verkstjórans sem sannar að hann hafi reynslu af a.m.k. þremur sambærilegum verkum. Eftir sem áður má sjá að mun meira er vísað í staðla í nýrri verklýsingu heldur en í Alverki. Gerð er krafa um að verktaki skili dagbók sem dregur saman umfjöllun um framkvæmd grautunarinnar ásamt niðurstöðum úr prófunum. Mikilvægt er að þessi dagbók sé vel unnin og vel varðveitt, enda getur hún gefið mikilvægar upplýsingar við ástandsmat mannvirkisins á líftíma þess.

5.2 Ídráttarrör

5.2.1 Ídráttarrör

TAFLA 5-12 sýnir kröfur fyrir ídráttarrör í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-12 Kröfur fyrir ídráttarrör í verklýsingunum þremur.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none">Rörakerfið, þ.m.t. útloftunarop, op við akkeri o.þ.h. skal fullkomlega umlykja spennivírinn og veita honum algera vernd gagnvart lofti og vatni. Rör skulu vera úr plasti og skulu ekki brotna niður á líftíma mannvirkisins. Þar sem rörin leiða ekki rafmagn skulu málmhlutar akkera vera tengdir við nærliggjandi járn við hvorn enda og rafleiðni staðfest með prófunum. Rör skulu vera alveg hrein áður en grautað er.Framkvæma skal þrýstingspróf á kerfinu áður en grautað er. 0,01 MPa þrýstingur skal ekki valda skemmdum á því. Þrýstingstap á 5 mínútum skal ekki nema meiru en 10%.Veggþykkt röra fyrir innvortis spennivíra skal vera amk. 2 mm og 4 mm fyrir útvortis spennivíra.Verktaki skal sýna fram á að veggþykkt röra sé ekki minni en 1,5 mm eftir uppspennu og að rörin flytji fullan styrk í steypuna á minni lengd en 50-100 sinnum þvermál rörsins.	<ul style="list-style-type: none">Kapalrör skulu vera bárublíkrör með veggþykkt 0,45 mm og skal þvermál þeirra vera skv. fyrirmælum.Rörin eru afgreidd í 5-6 m lengjum og eru sett saman með þar til gerðum hólkum.Við útlagningu og titrun steypu þarf að varast að staftitrarar liggi á rörum og skemmi þau.	<ul style="list-style-type: none">Kapalrör skulu vera plaströr að þvermáli $\varnothing 76$ mm að innanmáli og ytra máli með þvermáli $\varnothing 91$ og veggþykkt 2,5 mm að gerðinni PE/PP eða HDPE. Rörin eru yfirleitt afgreidd í 6 m eða 12 m lengjum og eru sett saman með þar til gerðum hólkum.Kapallinn skal varinn skv. fib Bulletin 75 með varnarstigi PL2.Kapalrör skulu að lágmarki fest eins og sýnt er í hönnunargögnum. Festa skal kapalrör og kapalstóla þannig að kapalrörin gangi hvorki niður eða fljóti upp við niðurlögn steypu. Beygluðum eða með öðrum hætti skemmdum kapalörum skal skipta út.Kapalörum skal halda þurrum þar til ídælingu vellings er lokið. Þetta skal gert með því að sjá til þess að afvötnunarkerfi virki og blása í gegnum þau þrýstilofti í nægilegu magni. Öllum opum út í andrúmsloftið skal halda lokuðum.Allri vinnu við kapalrör o.þ.h. skal að fullu lokið og samþykkt af verkkaupa áður en vinna við steypu áfangans hefst. Yfirfara skal og þetta öll kapalrör, afvötnunar- og útloftunarop ásamt tengjum eins seint og kostur er áður en steipt er. Markmiðið er, að engin steypa geti komist inn í neitt kapalröranna og tengjanna sem gæti valdið vandræðum við uppspennu og ídælingu. Við útlagningu og titrun steypu þarf að varast að staftitrarar liggi á rörum og skemmi þau.

Athygli vekur að í Alverki '95 er kveðið á um að rörin skulu vera bábublikrör en í nýrri verklýsingu er kveðið á um að þau skuli vera úr plasti. Telja má að þetta sé heillaskref þar sem að plaströr eru ekki útsett fyrir tæringu líkt og bábublikrör.

5.2.2 Útloftunarop

TAFLA 5-13 sýnir kröfur fyrir útloftunarop í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-13 Kröfur fyrir útloftunarop í verklýsingunum þremur.

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> Við akkeri og í há- og lágpunktum skulu vera útloftunarop með amk. 15mm innra þvermál. Mesta bil milli opa skal vera 15 m. Op í ídráttarrörum við útloftunarop skulu amk. Vera jöfn innra þvermáli útloftunaropa á breidd. Opin skulu kyrfilega merkt og vernduð fyrir skemmdum. Í hápunktum skulu opin ná amk. 500 mm upp fyrir hæsta punkt ídráttarrörs. 	<ul style="list-style-type: none"> Í hápunktum kaparlöra skal koma fyrir útloftunarrörum sem eru ekki opnuð fyrr en skömmu áður en grautun er framkvæmd. 	<ul style="list-style-type: none"> Fjarlægð milli útloftunargata og afvötnunaropa má að öðru jöfnu ekki vera meiri en 30 m. Í hápunktum kaparlöra skal koma fyrir útloftunarrörum sem eru ekki opnuð fyrr en skömmu áður en grautun er framkvæmd.

Í nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar er kveðið á um að bil milli opa megi ekki vera meira en 30 m. Engin slík krafa er í Alverkinu en krafan er 15 m í bresku verklýsingunni. Einnig er talað um í bresku verklýsingunni að opin skulu í hápunktum ná a.m.k. 500 m upp fyrir hæsta punkt rörs en enga slíka kröfu er að finna í íslensku verklýsingunum tveimur.

5.3 Spennikaplar

5.3.1 Efniskröfur, geymsla, skurður, o.fl.

TAFLA 5-14 sýnir kröfur fyrir spennikapla í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-14 Kröfur fyrir spennikapla í verklýsingunum þremur

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> Vírar og kaplar skulu vera skv. kröfum BS 5896 og skulu koma frá aðila sem er handhafi CARES skírteinis. Kaplar skulu ekki skemmdir í flutningum eða geymslu. Ekki skal geyma kapla á jörðinni og skulu þeir verndaðir fyrir veðri, slettum, suðu í nágrenni við þá o.s.frv. 	<ul style="list-style-type: none"> Efni í spennta járnalögn skal vera skv. fyrirmælum og skal það uppfylla kröfur prEN 10138-1-5:1991 fyrir spennivír og prEN 523 fyrir kapalrör eða öðrum jafngildum stöðlum sem eftirlit tekur gilda. Leggja skal fram framleiðsluvottorð fyrir spennivír. 	<ul style="list-style-type: none"> Efni í spennta járnalögn skal vera skv. fyrirmælum og skal það uppfylla kröfur. prEN 10138-1-5 fyrir spennivír. Leggja skal fram framleiðsluvottorð fyrir spennivír. Heppilegast er að vír sé afgreiddur frá verksmiðju í 1,5-2,0 t rúllum og skal hver rúlla greinilega merkt þannig að

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> Vírar og kaplar skulu geymdir á keflum sem eru nægjanlega breið svo að vírinn/kapallinn komi beinn út af keflinu. Skurður skal fara fram eftir að spennunni í kaplinum hefur verið smám saman slakað. Nota skal annað hvort skurðarskífur eða skurðarloga. Kaplar skulu staðsettir á réttum stöðum m.v. teikningar innan skekkjumarka. 	<ul style="list-style-type: none"> Heppilegast er að vír sé afgreiddur frá verksmiðju í 1,5-2,0 t rúllum og skal hver rúlla greinilega merkt þannig að rekja megi prófstykki sem tekin eru úr hverri rúllu. Vírar, kapalfestingar og kapalrör eru viðkvæm fyrir ryðmyndun og hnjaski og skal geyma efnið þannig á vinnustað að það óhreinast ekki og það varið fyrir veðrun með viðeigandi yfirbreiðslum. Ef ryð fellur á vírinn skal sérstaklega metið hvort hann telst nothæfur. Vír telst nothæfur ef einungis hefur fallið á hann ryðlitur sem ekki er samfelldur, eða um er að ræða einstaka ryðbletti sem ekki hafa orsakað neina tæringu. Ef ryð er samfellt eða vottar fyrir ryðtæringu skal vír hafnað. Frágangur kapla og kapalfestinga skal vera í samræmi við fyriræli og skulu kapalfestingar festar tryggilega á uppplátt. Fjarlægð milli stóla undir kapla skal ekki vera meiri en 1,0 m. Spennivír skal prófa með tilliti til styrkleika, fjaðurstuðuls og flatarmáls og skal taka sýni úr hverri vírrúllu. Prófanir þessar skulu liggja fyrir áður en uppspenna hefst. Bent er á að við kaup á spennivír skal taka fram að þessar prófanir skuli fylgja. (Framleiðsluskírteini). Ef ekki er mælt fyrir um annað er mesta leyfilega frávik í staðsetningu kapla og kapalfestinga: Í lóðréttu plani ± 5 mm. Í láréttu plani ± 15 mm. Í kapla eru notaðir 7 þátta vírar $\varnothing 13$ mm. Hver vír er byggður upp þannig að 	<p>rekja megi prófstykki sem tekin eru úr hverri rúllu. Vírar, kapalfestingar og kapalrör eru viðkvæm fyrir ryðmyndun og hnjaski og skal geyma efnið þannig á vinnustað að það óhreinast ekki og það varið fyrir veðrun með viðeigandi yfirbreiðslum. Ef ryð fellur á vírinn skal sérstaklega metið hvort hann telst nothæfur. Vír telst nothæfur ef einungis hefur fallið á hann ryðlitur sem ekki er samfelldur, eða um er að ræða einstaka ryðbletti sem ekki hafa orsakað neina tæringu. Ef ryð er samfellt eða vottar fyrir ryðtæringu skal vír hafnað.</p> <ul style="list-style-type: none"> Strengir eiga að vera án sýnilegra verksmiðjugalla s.s. rispum, rifum og klofnun o.þ.h. Kröfur fyrir spennivír eru eftirfarandi: <ul style="list-style-type: none"> Samkvæmt prEN 10138-3, Prestressing steels - Part 3: Strand. Gerð: EN 10138-3-Y1860S7-16,0 -A. Þvermál = $\varnothing 15,7$ mm, þverskurðarflatarmál = 150 mm². Togþol (tensile strength): Rm > 1860 MPa. Kennigildi mesta togkrafts (characteristic value of maximum force) Fm > 279 kN. Kennigildi togkrafts miðað við 0,1 % streitu (characteristic value of 0,1 % proof force) Fp0,1 > 240 kN Lágmarkslenging max togkrafts Agt með Lo ≥ 500 mm skal vera 3,5 %. Spennutap undir 1000 klst. álagi (relaxation) skal vera

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
	<p>utan um einn miðjuþátt eru snúnir 6 þættir. Í hverjum kapli eru 12 vírar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kröfur prEN 10138-3:1991 fyrir $\varnothing 13$ mm vír eru eftirfarandi: • Þvermál vírs : 13 mm • Brotstyrkur (Tensile strenght): 1860 MPa • Þverskurðarflatarmál vírs = $100 \text{ mm}^2 \pm 2,0\%$ Þyngd (Mass): 785 g/m • Flotstyrkur (Characteristic 0,1% proof load): 1158 kN. • Brotlenging: > 3,5% • Tímaháð spennutap (relaxation) skv. prEN 101381:1991 gr. 6.5.1: Max 2,5% • Um mat á samræmi við kröfur gildir prEN 10138-3:1991 kafli 5. Afgreiðsla skal vera skv. prEN 10138-1:1991 kafla 9. • Kapalfestingar eru almennt af gerð CCL eða Freyssinet og er uppbygging þeirra í megindráttum eftirfarandi: • Hólkur með keilulaga gati sem steypist fastur í mannvirkið. Lásplata 40-50 mm þykk með 12 keilulaga götum. Grip eða láskeilur sem þrýst er inn í göt lásplötunnar um leið og vírarnir festir eftir strekkingu. • Kapla og kapalbúnað skal leggja í samræmi við fyrirmæli og skulu kapalfestingar festar tryggilega á uppslátt. • Notaðar eru tvennskona aðferðir við framleiðslu kapla og er mælt fyrir um, hvor aðferðin skal viðhöfð. • Aðferð 1: Notuð þegar hver vír kapalsins er spenntur sérstaklega. • 1.1 Spennt yfir eitt haf: Vírar eru skornir í rétta lengd og lagðir þannig saman í hneppi að þeir snúist ekki saman innbyrðis. Auk þess verður að gæta þess að ekki snúist 	<p>mest 2,5 % með togkrafti, sem nemur 70 % Fm.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spennivírum skal fylgja framleiðslunúmer og niðurstaða prófana, sem eiga að vera rekjanlegar. Um mat á samræmi við kröfur gildir prEN 10138-3 kafli 7. Afgreiðsla skal vera skv. prEN 10138-3 kafla 9. • Spennivír skal prófa með tilliti til styrkleika, fjaðurstuðuls og flatarmáls og skal taka sýni úr hverri vírrúllu. Prófanir þessar skulu liggja fyrir áður en uppspenna hefst. • Bent er á að við kaup á spennivír skal taka fram að þessar prófanir skuli fylgja. (Framleiðsluskírteini).

upp á hneppið. Kapalrör eru þrædd upp á hneppið og gengið frá samsetningum.

- 1.2 Spennt yfir fleiri höf: Sama og fyrir 1.1 með þeirri viðbót að þar sem kapall liggur yfir millistöplum eru svokallaðar víragreiður þræddar í hneppið til að minnka hættu á að fyrstu vírar í uppspennu læsi þeim sem síðar eru spenntir. Staðsetning og fjöldi víragreiða skal vera skv. fyrirmælum.
- Eftir að kapallinn hefur verið settur saman er hann borinn út í mótið og komið fyrir á kapalstólum og í kapalfestingum.
- Aðferð 2: Notuð þegar allir 12 vírar kapalsins eru spenntir í einu yfir eitt eða fleiri höf.
- Kapalrör eru fest á kapalstóla og gengið frá samsetningum. Vírar eru síðan dregnir í, 12 saman, með þar til gerðum ídráttarsokk eða öðrum tilheyrandi búnaði. Sé þess kostur skulu vírar dregnir í rör áður en stept er.
- Bæta skal nauðsynlegri lengd við víra aftur fyrir kapalfestingar í samræmi við forskrift sem fylgir uppspennukerfi.
- Við ídrátt og framleiðslu kapla skal þess gætt að vírar dragist ekki við jörð eða óhreinikist. Ennfremur verður að vera tryggt að sandur eða steypa komist ekki á víraenda þá sem standa aftur úr kapalfestingum.
- Ýtrastu varkárni og vandvirkni skal gætt við samsetningu kapla og frágang þeirra í mótum. Öll samskeyti röra skulu þétt með límbandi. Þess skal einnig gætt að rör verði

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
	<p>ekki fyrir hnjaski eftir að þeim hefur verið komið fyrir í mótum.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festa skal kapalrör og kapalstóla þannig að kapalrörin gangi hvorki niður eða fljóti upp við niðurlögn steypu • Ef því verður ekki við komið að sjóða kapalstóla í bitalykkjur eða aðra járnalögn áður en kaplar eru lagðir í mótin verður að gæta þess að rafsuðuneistar geti ekki fallið á kapalrör eða víra. Bent er á að hægt er að fá sérstakar skrúfaðar festingar til að festa kapalstóla með. Áður en steypa hefst skal farið vandlega yfir öll rör og samskeyti þeirra eftir því sem við verður komið og gengið úr skugga um að þau séu heil og vatnsþétt. Ennfremur skal athugað hvort kapalfestingar séu rétt staðsettar og vel festar svo og að járnalögn kringum þær sé rétt staðsett og tryggilega fest. • Kaplar liggja lausir í blikkrörum þar til þeir eru spenntir með þar til gerðum dúnkrafti er steypa hefur náð þeim styrk sem mælt er fyrir um. • Sérstaklega skal aðgætt að miðlína kapla falli nákvæmlega að miðlínu kapalfestinga og að endafletir kapalfestinga séu hornréttir á miðlínu kapla. 	

Krafist er framleiðsluvottorðs fyrir spennivírin bæði í Alverki og í nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar. Einnig er þess krafist að niðurstöður prófana fyrir styrk, fjaðurstuðul og flatarmál skuli fylgja. Kröfur um flatarmál spennivírs eru aðrar í nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar (15,7mm) en í Alverki (13mm).

5.4 Uppspenna

5.4.1 Uppspenna

TAFLA 5-15 sýnir kröfur fyrir uppspennu í verklýsingunum þremur.

TAFLA 5-15 Kröfur fyrir uppspennu í verklýsingunum þremur

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> Allir vírar og kaplar sem spenntir eru saman skulu teknir úr sama skammti. Allir kaplar skulu merktir og númeraðir. Ekki skal beygja eða snúa upp á kapla. Ekki skal nota kapla sem raknað hafa upp. Ekki má nota kapla af mismunandi styrkleika í sama bitann. Uppspennibúnaðurinn skal fylgja eftirfarandi skilyrðum: <ul style="list-style-type: none"> Festing milli kapals og búnaðar skal vera örugg Ef tveir eða fleiri kaplar eru spenntir samtímis skulu þeir vera u.þ.b. af sömu lengd Búnaðurinn þarf að geta spennt kapalinn upp hægt og örugglega Mæla skal kraftinn í kaplinum með kraftsellu eða lesin óbeint af mælum á uppspennibúnaði. Mælitæki skulu hafa nákvæmni upp á allavega $\pm 2\%$ Stilla skal búnaðinn áður en uppspenna hefst. Notkun á spacerum skal vera skv. leiðbeiningum frá framleiðanda. Akkeri skulu vera skv. klausu 7.2 í BS EN 13670 og skv. BS EN 13391. Nýtni akkera skal ekki vera minni en 95%. Deflectors (notaðir til að beina köplum rétta leið) skulu hafa radíus amk. 50 sinnum þvermál kapals og kapalhornið skal hvergi vera meira en 15°. Uppspenna skal ekki fara fram ef hitastig er fyrir neðan 0°C. 	<ul style="list-style-type: none"> Uppspenna og grautun skal framkvæmd af vinnuflokki sem stjórnað er af manni sem hefur reynslu við tilsvandi verk og eftirlit samþykkir. Nægjanleg reynsla telst að hafa unnið að uppspennu með viðkomandi kerfi einu sinni á síðastliðnum 2-3 árum og haft verkstjórn verksins með höndum. Uppspennu skal framkvæma í samræmi við spennulista sem eftirlit leggur fram. Þar er m.a. kveðið á um hvaða tæki skulu notuð, í hvaða röð kaplar eru spenntir, uppspennukraft, lengingar víra við uppspennu, mælistöður og mörk aflestra á mælitækjum. Allar lengingar og mælistöður skulu skráðar á spennilistann og hann lagður fram til samþykktar og skal öllum skilyrðum spennilistans fullnægt. Sé svo ekki um einstaka kapla, skal leitað samráðs við eftirlit um aðgerðir til úrbóta. Þegar yfirbygging er byggð í áföngum þannig að áfangar eru spenntir saman skal uppspenna gerð í 2 þrepum. 1) Spennt skal eftir 3 - 5 daga eða þegar steypa hefur náð 30 - 40% af ráðgerðum 28 daga styrk. Spennt skal upp í 10 - 30% af endanlegum spennikrafti nema mælt sé fyrir um annað. 2) Lokauppspenna. Eftir að eftirlit hefur yfirfarið spennilistann og samþykkt hann skriflega skal skera vírendana 30-50 mm aftan við lásplötur. Vírenda skal skera með skurðskífum en ekki loga. Mælt er með því að nota sérsníðuð lok sem hylja 	<ul style="list-style-type: none"> Frágangur kapla og kapalfestinga skal vera í samræmi við fyrirmæli og skulu kapalfestingar festar tryggilega á uppslátt. Strengir og kapalfestingar eru viðkvæm fyrir ryðmyndun og hnjaski og skal geyma efnið þannig á vinnustað að það óhreinast ekki og það varið fyrir veðrun með viðeigandi yfirbreiðslum. Kapalrörin skulu varin fyrir hnjaski og óhreinindum. Verktaki skal leggja fram verkáætlun um framkvæmd við uppsetningu spenntrar járnbandingar ásamt útloftun og afvötnun fóðurröra. Verkáætlunina skal leggja fyrir verkkaupa til rýni áður en framkvæmdin hefst. Kaplar og kapalfestingar. Kapla skal leggja í samræmi við fyrirmæli og skulu kapalfestingar festar tryggilega við uppslátt þannig að staðsetning verði innan leyfilegra fráviks í samræmi við ÍST EN 13670:2009, greinar 7.5 og 10.6. Fjarlægð milli stóla undir kapla skal vera þannig að lega röranna sé tryggð í láréttum og lóðréttum fleti í samræmi við ÍST EN 13670:2009, 7.2.5. Minnsta fjarlægð er 1,0 m. Ef tíminn sem liður frá því að strengjum er komið fyrir í rörunum þar til dælt er í þau verður meiri en 4 vikur, skal gera nauðsynlegar ráðstafanir til að koma í veg fyrir tæringu spennistálsins. Í slíku tilfalli skal verktaki leggja fram tillögu um ráðstafanir til úrbóta sem verkkaupi samþykkir. Bæta skal nauðsynlegri lengd við strengi aftur fyrir

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
<ul style="list-style-type: none"> • Uppspenna skal ekki fara fram fyrir en steypa hefur náð ákveðnum styrk. • Verktaki skal sjá til þess að sá sem sér um uppspennu hafi allar upplýsingar um spennugildi, röð kapla í uppspennu o.s.frv. • Eftir festingu akkera skal spenna í köplum ekki vera meira en 70% af brotstyrk þeirra. Meðan á uppspennu stendur má spennan vera allt að 80% af brotstyrk kapals. • Halda skal spennalista með öllum upplýsingum um uppennuna. • Kapla skal ekki skera innan þriggja daga frá grautun. 	<p>lásplötu og víraenda en þannig útbúin að hægt sé að hleypa lofti út.</p>	<p>kapalfestingar í samræmi við forskrift sem fylgir uppennukerfi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Við ídrátt og framleiðslu kapla skal þess gætt að strengir dragist ekki við jörð eða óhreinkist. Enn fremur verður að vera tryggt að sandur eða steypa komist ekki á enda strengjanna, sem standa aftur úr kapalfestingum. • Ýtrustu varkárni og vandvirkni skal gætt við samsetningu kapla og frágang þeirra í mótum. Öll samskeyti röra skulu vera vel þétt. Þess skal einnig gætt að rör verði ekki fyrir hnjaski eftir að þeim hefur verið komið fyrir í mótum. Strengi, sem á að spenna má ekki rafsjóða. Þeir mega ekki verða fyrir suðuneistum eða annarri hitaáraun, sem getur breytt eiginleikum hennar. Ef því verður ekki við komið að sjóða kapalstóla í bitalykkjur eða aðra járnalögn áður en kaplar eru lagðir í mótin verður að gæta þess að rafsúðneistar geti ekki fallið á kapalrör eða strengi. • Áður en steypa hefst skal farið vandlega yfir öll rör og samskeyti þeirra eftir því sem við verður komið og gengið úr skugga um að þau séu heil og vatnsþétt. Enn fremur skal athugað hvort kapalfestingar séu rétt staðsettar og vel festar svo og að járnalögn kringum þær sé rétt staðsett og tryggilega fest. Sérstaklega skal aðgætt að miðlína kapla falli nákvæmlega að miðlínu kapalfestinga og að endafletir kapalfestinga séu hornréttir á miðlínu kapla. • Spennivírar liggja lausir í plaströrum þar til þeir eru spennir með þar til gerðum uppennibúnaði (tjakk) er

- steypa hefur náð þeim styrk sem mælt er fyrir um.
- Nota skal 12-víra spennikerfi þ. e. allir 12 vírarnir í sama kaplinum skulu spenntir í einu lagi. Vakin er athygli á nákvæmniskröfum í lið e) um staðsetningu spennikapla í hæð og láréttu plani. Mjög mikilvægt er að stóla vel undir kapallykkjurnar strax í upphafi áður en þunginn frá járnalögninni kemur til. Sérstaklega á þetta við um spennikaplana en hver þeirra vegur u. þ. b. 15 kg/m.
 - Til að hægt sé að tryggja rétta legu kapla skal, eftir því sem við verður komið, skal útbúa lykkjur með stólum undir kapla áður en þeim er komið fyrir í bitum.
 - Mesta leyfilega frávik í staðsetningu kapla og kapalfestinga:
 - Í lóðréttu plani ± 5 mm.
 - Í láréttu plani ± 15 mm.
 - Uppspennu skal framkvæma í samræmi við spennulista sem eftirlit leggur fram. Þar er m.a. kveðið á um hvaða tæki skulu notuð, í hvaða röð kaplar eru spenntir, uppspennukraft, lengingar víra við uppspennu, mælistöður og mörk aflestra á mælitækjum.
 - Uppspennu skal framkvæma í samræmi við ÍST EN 13670:2009, grein 7.5. Uppspenna skal framkvæmd undir verkstjórn manns með nauðsynlega þekkingu á notkun viðkomandi tækjabúnaðar og með reynslu frá a.m.k. 3 sambærilegum verkum. Verktaki skal skila ferilskrá verkstjóra, þar sem vísað er til sambærilegra verka Ef mannvirkinu er áfangaskipt skal koma fram í áætluninni með ótvíræðum hætti hvaða framleiðslunúmer

strengja verður notað á hverjum stað í mannvirkinu eins og það er sýnt á teikningum. Spenna skal upp skv. uppspennuáætlun með tilheyrandi uppspennulistum. Uppspenna má byrja, þegar steypan hefur náð tilskildum styrk skv.

uppspennuáætlun. Þetta má meta með útreikningi á steypuþroska og/eða styðja niðurstöðuna með því að brjóta a.m.k. 3 steypusýni.

- Verktaki skal mæla og skrá lengingu strengja og mælda krafta á uppspennulistana og afhenda verkkaupa til rýni. Ef mældar lengdarbreytingar eru umfram vikmörk uppspennulistanna, skal endurtaka uppspennuna frá byrjun eftir að slakað hefur verið á köplunum.
- Að uppspennu lokinni og þegar að verkkaupi hefur yfirfarið spennilistann og samþykkt hann skriflega, skal skera enda strengjanna 30-50 mm aftan við lásplötur. Strengina skal skera með skurðskífum en ekki loga.
- Útbúnaður til uppspennu. Á verkstað skulu vera til staðar úttektarmælar til að sannreyna mæla í verkbyrjun og verklok, en jafnframt til að sannreyna þá, ef grunsemdir vakna um að ekki sé allt með felldu. Spennitæki skulu hafa verið kvörðuð innan síðustu 12 mánaða Mæliniðurstaða og staðfesting þess efnis skal fylgja með.
- Nákvæmni við mælingu uppspennukrafts skal vera $\pm 1\%$.
- Úttektarmælar og mælar á uppspennutækjum eiga að vera með vikmörk innan 2%, sem skal sannreyna með vottuðum mælum minnst

BRETLAND	ALVERK '95	NÝ VERKLÝSING VEGAGERÐAR
		einu sinni á hverju ári. Ef grunsemdir vakna um að mælibúnaðurinn hafi fengið óheppilega meðferð, högg, hristing eða of mikið álag o.fl., skal endurtaka sannprófun þeirra.

Í íslensku verklýsingunum tveimur er kveðið á um að skera skuli víra eftir uppspennu með skurðskífu en ekki með loga. Í bresku verklýsingunni er hins vegar kveðið á um að nota megi bæði skurðskífu og loga. Talsvert meiri kröfur eru gerðar í nýrri verklýsingu Vegagerðarinnar varðandi framkvæmd uppspennu en í Alverki en í báðum tilfellum gerðar kröfur um að allir þættir framkvæmdarinnar séu samviskusamlega skráði í spennilista. Nákvæmlega útfylltur spennilisti með lýsingu á framkvæmdinni getur verið lykilskjal við ástandsmat mannvirkis á líftíma þess.

6 YFIRLIT GAGNA SEM NÝTAST VIÐ ÁSTANDSMAT

Nú þegar farið hefur verið yfir matslykilinn og verklýsingar sem hafa verið í gildi og munu taka gildi á Íslandi er ekki úr vegi að setja fram yfirlit yfir gögn sem eiga að verða til við framkvæmd og rekstur uppspennta mannvirkja sem nýtast geta við mat á ástandi mannvirkjanna á líftíma þeirra. Hér að neðan verður slíkt yfirlit sett fram m.t.t. hvers af undirflokkum framkvæmdarinnar sem tilgreindir eru í 5. kafla.

6.1 Grautur

Að neðan má sjá þau gögn sem teljast hafa verðgildi fyrir ástandsmat mannvirkis á líftíma þess er varða graut sem notaður er í rör fyrir spennikapla:

- Upplýsingar um gerð sements sem notað var, t.d. kvittun fyrir kaupum á sérstakri gerð sements eða þess háttar.
- Upplýsingar um hvort kísilryk sé til staðar í sementinu.
- Upplýsingar um blendivatn og íblendi.
- Hlutfall efna í graut og upplýsingar um magn súlfat- og koparjóna í blöndunni.
- Niðurstöður allra prófana sem krafa er gerð um að framkvæmd séu á sem ítarlegustu formi.
- Ferilskrá verkstjóra sem staðfestir hæfi hans.
- Framkvæmdaáæltun fyrir ídælingu.
- Niðurstöður flæðimælinga meðan á ídælingu stendur.
- Dagbók sem lýsir framkvæmdinni ítarlega og inniheldur einnig niðurstöður prófa.

6.2 Ídráttarrör

Að neðan má sjá þau gögn sem teljast hafa verðgildi fyrir ástandsmat mannvirkis á líftíma þess er varða ídráttarrör sem hýsa spennikapla:

- Upplýsingar um gerð röra frá framleiðanda.
- Upplýsingar um fjarlægðir á milli útloftunaropa á ídráttarrörum.

6.3 Spennikaplar

Að neðan má sjá þau gögn sem teljast hafa verðgildi fyrir ástandsmat mannvirkis á líftíma þess er varða spennikaplana sjálfa:

- Framleiðsluvottorð fyrir spennivír.
- Verði vír fyrir hnjaski eða tæringu en er samt notaður í mannvirkið skulu liggja fyrir upplýsingar þess efnis.
- Framleiðslunúmer spennivírs og niðurstöður prófana fyrir styrk, fjaðurstuðul og flatarmál vírsins.

6.4 Uppspenna

Að neðan má sjá þau gögn sem teljast hafa verðgildi fyrir ástandsmat mannvirkis á líftíma þess er varða framkvæmd uppspennu:

- Spennilisti þar sem ítarlega eru skráðar allar upplýsingar um framkvæmdina, svo sem aflestrar af tjökkum, lenging strengja o.þ.h.
- Hvers kyns vandræði sem kunna að koma upp við framkvæmdina skulu skráð.
- Kostur er ef með spennilistanum fylgi lýsing á aðstæðum við uppspennu og grautun, svo sem veðurlýsingar o.þ.h.

7 NIÐURSTÖÐUR

Í þessari skýrslu hafa verið tiltekna 12 brýr úr íslenska vegakerfinu sem allar eru uppspenntar og byggðar á 30 ára tímabili frá 1980-2010. Breskur matslykill til að meta ástand uppspennta brúa á líftíma þeirra var kynntur og staðfærður á íslenskar aðstæður og honum beitt til að meta brýrnar 12 sem valdar voru. Stærsti lærdómurinn sem draga má af þeirri vinnu er sú að skortur er á gögnum um brýrnar frá framkvæmdatíma þeirra, hvort sem gögnin eru til og hafa ekki fundist eða hvort þau séu hreinlega ekki til. Líklegt verður að teljast að þessi gögn hafi verið til á einhverjum tímapunkti og ein af áskorunum í næstu skrefum þessa verkefnis er að fá úr því skorið hvort nálgast megi þessi gögn með einhverjum hætti. Þrátt fyrir skort á gögnum voru lagðar til þrjár brýr sem skoruðu hátt í matslyklinum sem mælt er með að skoðaðar séu nánar, til dæmis með þeim aðferðum sem lýst er sem hentugum í fyrstu áfangaskýrslu þessa verkefnis. Þetta eru brúin yfir Sog við Þrastarlund, brúin yfir Sanddalsá og brúin yfir Norðurá í Heiðarsporði.

Gerður var samanburður á kröfum fyrir grautun og uppspennu milli breskrar verklýsingar, verklýsingar úr Alverki '95 frá Vegagerðinni og nýrrar verklýsingar sem er í vinnslu hjá Vegagerðinni. Dreginn var fram áherslumunur á milli verklýsinganna og listuð voru upp þau gögn sem talið er mikilvægt að sé haldið upp á í tengslum við ástandsmat á uppspenntum mannvirkjum á líftíma þeirra.

Í verkefnalýsingu verkefnisins eru eftirfarandi markmið tiltekin við vinnu verkefnisins:

- 1) Taka saman mögulegar aðferðir við mat á ástandi spennikapla í steiptum brúm.
- 2) Safna saman gögnum frá hönnun og framkvæmd varðandi grautun og uppspennu eftirspenntra brúa.
- 3) Greina brýr sem gætu verið orðnar viðkvæmar gagnvart tæringu.
- 4) Gera drög að leiðbeiningum varðandi framkvæmdaeftirlit fyrir eftirspenntar brýr.
- 5) Gera sjónskoðun/prófanir á völdum brúm.

Fyrsta liðnum voru gerð góð skil í fyrstu áfangaskýrslu verkefnisins sem skilað var haustið 2015. Með þessari skýrslu má segja að liðir 2 og 3 hafi verið skoðaðir, þó með þeim fyrirvara að mögulegt sé að kafi menn dýpra í gamlar hirslur megi finna meiri og betri gögn frá framkvæmdatíma brúnna sem valdar voru og með þau að leiðarljósi gera betri úttekt á því hvaða brýr henti vel til nánari skoðunar í íslenska vegakerfinu. Staðfæring og innleiðing á breska matslyklinum í kafla 3 er liður í því að skapa grundvöll fyrir leiðbeiningar varðandi framkvæmdaeftirlit fyrir eftirspenntar brýr. Það má segja að með því að

semja leiðbeiningar varðandi framkvæmdaefirlit fyrir eftirspenntar brýr og skoða brýrnar þrjár sem tilnefndar eru í skýrslu þessari þá teldust liðir 4 og 5 teknir til greina og rannsókninni því lokið í þeirri mynd sem hún er sett fram í umsókn til Vegagerðarinnar.

8 HEIMILDASKRÁ

The Highways Agency. (2014). „*Manual of contract documents for highway works.*“ Series 1700. The Highways Agency. London – England.

The Highways Agency. (2015). „*Management of post-tensioned concrete bridges.*“ BD 54/15. Volume 3, Section 2, Part 5. The Highways Agency. London – England.

Vegagerðin. (1995). „*Alverk '95 – Almenn verklýsing fyrir vega- og brúargerð.*“ Vegagerðin. Sótt þann 15.9.2017 af [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Alverk95/\\$file/Alverk%2095.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Alverk95/$file/Alverk%2095.pdf)

Vegagerðin. (2016). „*Brúarskrá – Brýr á þjóðvegum.*“ Vegagerðin. Sótt þann 15.9.2017 af [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Bruaskra-a-thjodv/\\$file/Bruaskra a %20tjo%C3%B0vegum.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Bruaskra-a-thjodv/$file/Bruaskra%20a%20tjo%C3%B0vegum.pdf)