

Mars 2010



VARNARGARÐAR ÚR MALAREFNI

HÖNNUN OG HAGNÝTING



EFNISYFIRLIT

Myndaskrá	2
Töfluskrá	2
1 Inngangur	3
2 Malarefni undir ölduálagi.....	4
2.1 Fyrri rannsóknir	4
2.2 Jarðtæknilegir eiginleikar	5
2.3 Myndun malarstranda	6
2.4 Endurkast öldu	8
3 Austurós Héraðsvatna	10
3.1 Hönnunargögn.....	10
3.2 Vettvangsferð	11
3.3 Rannsóknir á jarðefnum	12
3.4 Samanburður á hönnunargögnum og niðurstöðum vettvangsferðar	12
4 Niðurstöður	16
5 Heimildaskrá	17
A Viðauki - Kornastærðardreifing og berggreining.....	18
B Viðauki - Teikningar Vegagerðar ríkisins.....	21

MYNDASKRÁ

Mynd 1 - Malarströnd í öldurennu (Auður Atladóttir, 2008)	5
Mynd 2 - Malarströnd í sunnanverðum Botnsvogi í Hvalfirði	6
Mynd 3 - Áhrif sveiflutíma öldu á þversnið malarstrandar	7
Mynd 4 - Áhrif ölduhæðar á þversnið malarstrandar.	7
Mynd 5 - Breyting á endurkastsstuðli eftir breytilegum sveiflutíma.	8
Mynd 6 - Breytilegur endurkastsstuðull eftir halla strandar	9
Mynd 7 - Austurós Héraðsvatna	10
Mynd 8 - Staðsetning sýna úr leiðigörðunum	11
Mynd 9 - Malarhjallar ofan vegar. Bæinn Lón ber við himinn.	12
Mynd 10 - Grjót flutt í vestari leiðigarð til styrkingar. Myndin er tekin til suðurs.....	13
Mynd 11 - Rof við suðurenda austari leiðigarðs. Myndin tekin til austurs.....	14
Mynd 12 - Rof við suðurenda vestari leiðigarð. Myndin tekin til norðausturs.	14

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1 - Tilraunir á malarströndum úti í náttúrunni (Auður Atladóttir 2008).....	4
Tafla 2 - Skilgreining á grófu jarðefni (staðfært frá Kamphuis 2000)	5
Tafla 3 - Sýni tekin úr leiðigörðunum	11
Tafla 4 - Meðalkornastærð sýna úr leiðigörðunum.....	12

1 INNGANGUR

Verkefnið *Varnargarðar úr malarefni – hönnun og hagnýting* fjallar um mögulega nýtingu malarefnis með meðalkornastærð frá 2 mm til 256 mm til varnar ágangi sjávar við vegamannvirki.

Farið er yfir fyrri rannsóknir á mól undir ölduálagi. Sérstök greining er gerð á leiðigörðum úr mól við brúna yfir austurós Héraðsvatna í Skagafirði og farið er yfir hönnunargögn leiðigarðanna frá áttunda áratugnum. Í vettvangsferð í ágúst 2009 voru tekin sýni úr leiðigörðunum og þau greind með tilliti til kornastærðar og berggerðar. Gerð er grein fyrir kostum mannvirkja úr malarefni og göllum, umhverfissjónarmiðum og hagkvæmni.

Verkefnið má skilgreina sem sjálfstætt framhald rannsóknar á malarefni undir ölduálagi sem unnin var hjá Canadian Hydraulics Centre í Ottawa, Kanada. Í þeirri rannsókn kemur fram að malarefni sé áhrifaríkt til að gleypa ölduorku, og að mól sé stöðugri undir ölduálagi en sandur og notuð í auknum mæli til að endurheimta strandsvæði sandstranda, m.a. á Ítalíu og í Bretlandi (Auður Atladóttir, 2008). Aðstandendur þessa verkefnis telja mögulegt að yfirfæra megi þekkingu á malarströndum yfir á varnarmannvirki úr mól.

Verkefnið er samvinnuverkefni Almennu verkfræðistofunnar og brúadeildar Vegagerðarinnar og styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar. Sérstakar þakkir fyrir upplýsingar og góð ráð fá Þorgeir S. Helgason hjá Almennu verkfræðistofunni, Baldur Þ. Þorvaldsson hjá Vegagerðinni í Reykjavík, Einar Gíslason hjá Vegagerðinni á Sauðárkróki, Sveinn Runólfsson landgræðslustjóri og Kristinn Lyngmo hjá Vegagerðinni á Ísafirði.

Í verkefnisstjórn voru Einar Helgason sviðsstjóri hjá Almennu verkfræðistofunni, sem var verkefnisstjóri, og Einar Hafliðason forstöðumaður brúadeildar Vegagerðarinnar, sem benti m.a. á austurós Héraðsvatna sem eina eða eitt af fáum dæmum um notkun malarefnis við gerð leiðigarða á Íslandi, en Auður Atladóttir verkfræðingur hjá Almennu verkfræðistofunni sá um rannsóknir og athuganir og skrifaði skýrsluna.

2 MALAREFNI UNDIR ÖLDUÁLAGI

Malarefni til mannvirkjagerðar við strendur hefur hingað til hlotið minni athygli heldur en sandur og stórgryti (t.d. McKay og Terich 1992). Seinni ár hefur rannsóknum á malarefni undir ölduálagi hinsvegar fjölgað til muna og þar hafa Bretar verið framarlega í flokki enda eru náttúrulegar malarstrendur víða á Bretlandseyjum. Malarstrendur eyðast við ölduálag líkt og sandstrendur en þó er malarefnið mun harðara af sér en sandur. Malarefni hefur því verið notað til að styrkja sandstrendur gegn rofi. (McFarland og fl. 1994; Whitcombe 1996; Buscombe og Masselink 2006; Cammelli og fl. 2006; Horn og Li 2006 og Ibrahim og fl. 2006).

Malarefni er áhrifaríkt til strandvarna undir vissum kringumstæðum. Aðflutt malarefni hefur verið notað til að styrkja hörfandi sandstrendur (m.a. á Bretlandseyjum og á Ítalíu) og til að styrkja ferðamannaíðnaðinn með því að byggja upp malarstrendur til afþreyingar framan við grjótgarða og steypa sjóvarnargarða. (Cammelli og fl. 2006).

Tilraunir með malarefni hafa átt sér stað í Víkurfjöru til að hefta sandfok nærri byggðinni í Vík (Sveinn Runólfsson 2009 og Morgunblaðið 2009). Einnig hefur grófri mól verið ýtt inn í skörð í sjávarkamb austan við Þorlákshöfn og á tveimur árum hefur mölin ekki hreyfst en sjórinn nær reyndar ekki upp í skörðin nema í aftakaveðrum. Þar hefur mölin einnig reynst áhrifarík til að binda sandinn (Sveinn Runólfsson 2009).

2.1 Fyrri rannsóknir

Áhugi á malarefni til mannvirkjagerðar við strendur fer vaxandi. Áhugi á búsetu á strandsvæðum og annarri notkun strandsvæða þar sem malarstrendur eru til staðar (t.d. til afþreyingar eða fyrir samgöngumannvirki) hefur aukist. Sífelld er numið meira og meira land á strandsvæðum vegna áhuga á því að búa eða dveljast við ströndina. Sú þróun krefst mannvirkja til sjóvarna, sér í lagi þegar horft er til þeirra breytinga sem hækkandi sjávarstaða kann að hafa í för með sér.

Undanfarin ár hefur tilraunum á malarströndum fjölgað, bæði úti í náttúrunni sem og líkantilraunir á rannsóknarstofum. Tafla 1 sýnir yfirlit yfir tilraunir á malarströndum úti í náttúrunni.

Tafla 1 – Tilraunir á malarströndum úti í náttúrunni (Auður Atladóttir 2008)

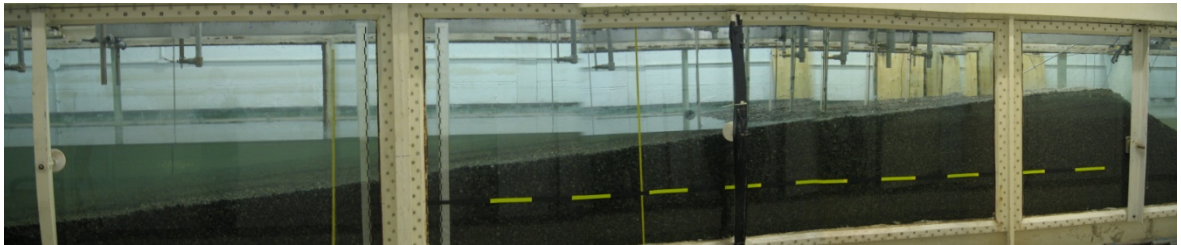
Höfundur	D [mm]	Halli strandar	Staðsetning
Austin and Masselink (2006)	6	1:6,7	Suðvestur England
Conley and Griffin (2004)	-	flatur	Barret Beach, Fire Island, NY, Bandaríkin
Lorang (2002)	5,93	1:6,7	Oregon, Bandaríkin
Jennings and Shulmeister (2002)	4 - 64	1:4,2 - 1:12,5	Nýja Sjáland
Sherman (1991)	4 - 64	1:8,2 - 1:11	Malin Head, Írland
Caldwell and Williams (1985)	4 - 256	1:4 - 1:10	Suður Wales
Carr (1971)	"pebble or larger"	1:6.3	Chesil Beach, England

Halli malarstrandar í ofangreindum tilraunum var á bilinu 1:4 til 1:12,5 og kornastærð, D, mældist frá 4 mm til 256 mm.

Tilraunir á malarströndum í stórum rennum þar sem hægt er að beita ölduálagi hafa farið fram, m.a. í Große Wellen Kanal í Hannover í Þýskalandi sem er 309 metra löng öldurena (San Román-Blanco og fl. 2006) og

hjá Canadian Hydraulics Centre í Ottawa í Kanada þar sem stofnunin hefur yfir að ráða 97 metra langri öldurennu (Auður Atladóttir 2008).

Mynd 1 sýnir dæmi um 1,2 m breiða öldurennu hjá Canadian Hydraulics Centre í Ottawa. Malarströnd hefur verið byggð innan rennunnar.



Mynd 1 – Malarströnd í öldurennu (Auður Atladóttir, 2008)

Tilraunir í öldurennum eru mikilvægar þar sem nákvæmar niðurstöður fást því hægt er að stjórna ölduhæð, sveiflutíma (e. wave period), öldurófi (e. wave spectrum), varanda, steinastærð strandar og fláa strandar. Í tilraunum á náttúrulegum ströndum bætast m.a. við náttúrulegir straumar við ströndina, sjávarföll, breytingar á öldum vegna veðurfars, stefna öldunnar, flutningur sets meðfram ströndinni og grunnvatnsstaða. Líkantilraunir á malarströndum sem taka á einhverjum þessara þátta eru vandfundnar. Þær útheimta rannsóknaraðstöðu sem vinnur í þremur víddum en rannsóknir í öldurennum eru í tveimur víddum. Skýrsluhöfundum er aðeins kunnugt um eina rannsókn þar sem öldustefna er tilgreind en það er rannsókn van Hijum og Piarczyk frá 1982 og þær niðurstöður hafa einungis birst á hollensku.

Skortur á tölulegum gögnum frá líkantilraunum á malarströndum standa þróun á tölvulíkönum fyrir þrifum, þ.e. gagnasafnið er ekki enn orðið nægilega stórt til að hægt sé að sannreyna niðurstöðurnar í tölvulíkani. Tölvulíkön eru til fyrir þróun sandstranda þar sem nægjanlegur fjöldi tölulegra gagna er fyrir hendi en vegna ólíkra eiginleika sandstranda og malarstranda er ekki hægt að nýta þau líkön sem til eru fyrir malarstrendur (Auður Atladóttir 2008).

2.2 Jarðtæknilegir eiginleikar

Í samantekt Auðar Atladóttur (2008) á fyrri rannsóknum á malarefni undir ölduálagi (sjá töflu 1) var kornastærð strandefnis takmörkuð við 2 mm til 256 mm sem er skilgreining Wentworth á stærð malarkorna, sjá töflu 2.

Tafla 2 – Skilgreining á grófu jarðefni (staðfært frá Kamphuis 2000)

Wentworth skilgreining	Stærð [mm]
Hnullungamöl	64 - 256
Möl	4 - 64
Fín möl	2 - 4

Í niðurstöðum rannsókna á malarströndum hefur lítið farið fyrir nákvæmum upplýsingum um mölina sjálfa. Upplýsingar um eiginleika malarinnar eru hinsvegar mikilvægar. Kornastærðardreifing, gleypni malarmassans (e. porosity, n) og bergtegund kornanna má telja til afgerandi þátta þegar kemur að hegðun malarstrandar undir ölduálagi. Gleypni malarefnisins er mikilvægur stuðull til að ákvarða endurkast öldunnar frá ströndinni. Gljúp möl er áhrifarík til að dempa ölduorku og lágmarka endurkast frá ströndinni. Kornastærðardreifing gefur

mikilvægar upplýsingar, t.d. hefur einsleitt eða einskorna (e. uniform) malarefni hefur hærri orkugleypni heldur en efni sem ekki er einsleitt. Malarströnd með dreifðar kornastærðir þakast vel og getur endurkastað ölduorkunni í miklu meira mæli en malarströnd sem hleypir öldunni inn í sig (Auður Atladóttir 2008). Á blönduðum sand- og malarströndum (e. mixed beach, shingle beach) geta sandkorn fyllt upp í holrými milli malarkorna og með því aukið endurkast frá ströndinni.

Í niðurstöðum fyrri rannsókna á malarefni undir ölduálagi er ekki að finna upplýsingar um berggerð malarinnar. Niðurstöður berggreiningar geta hins vegar gefið veigamiklar upplýsingar um berg- og steintegund, þéttleika og styrkleika kornanna. Styrkleiki kornanna getur gefið upplýsingar um hversu vel kornin standast ölduáraun án þess að brotna niður. Enn fremur fást upplýsingar um form eða lögun, áferð og ávala kornanna, upplýsingar sem geta sagt til um stæðni kornanna.

Mynd 2 sýnir dæmi um íslenska malarströnd. Misstórar kornastærðir raða sér á ströndina á þann veg að stærri steina er að finna ofarlega á ströndinni og smærri molar liggja nær fjöruborði (e. particle segregation).



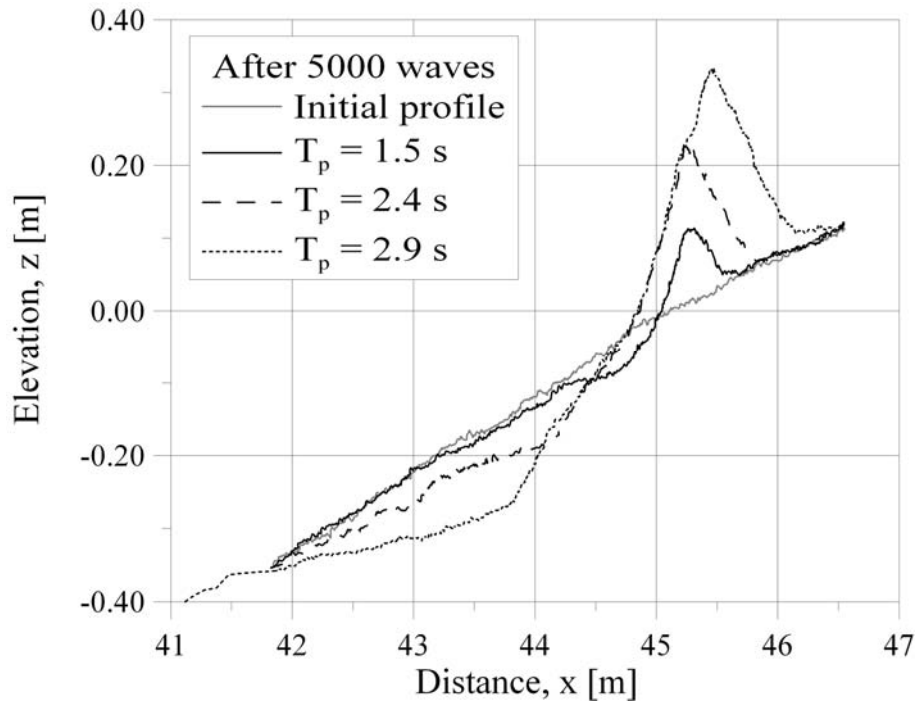
Mynd 2 – Malarströnd í sunnunarverðum Botnsvogi í Hvalfirði

2.3 Myndun malarstranda

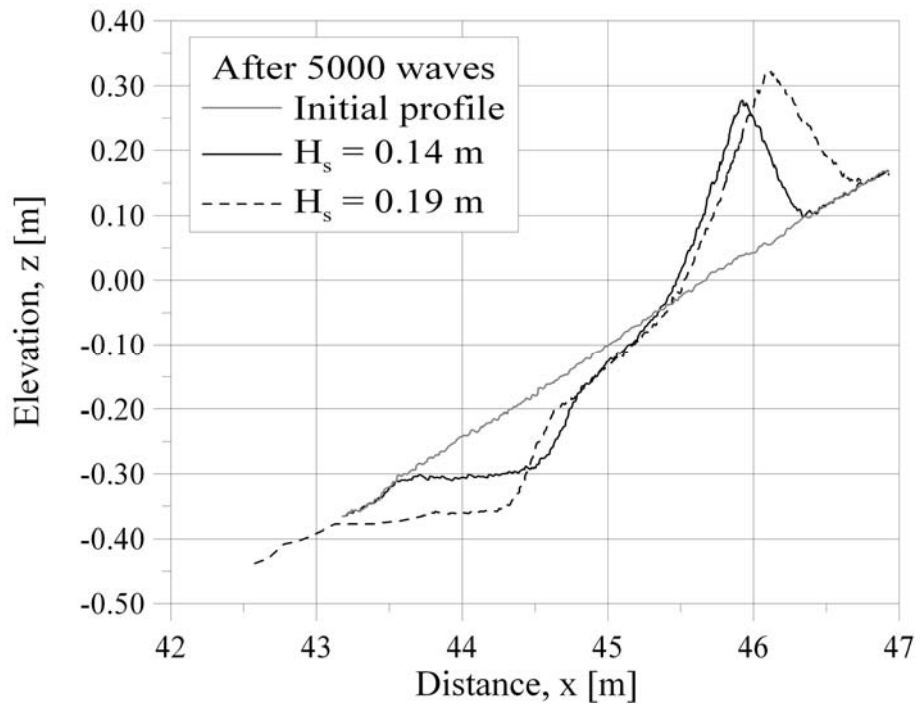
Malarströnd undir ölduálagi breytist sífellt. Eiginleikar öldunnar og veðurfræðilegir þættir eiga mestan þátt í tímaháðum breytingum stranda (e. beach morphology). Sterk tengsl eru á milli sveiflutíma öldunnar, varanda ölduálags (e. wave duration) og ölduhæðar annars vegar og strandrofi (e. beach erosion) og strandáhleðslu (e. beach accretion) hins vegar (Van der Meer 1988, Auður Atladóttir 2008).

Myndir 3 og 4 sýna gröf úr niðurstöðum Auðar Atladóttur (2008) þar sem fjarlægð á láréttum ási er fjarlægð frá öldugjafa (e. wave generator) í öldurennu og á lóðréttum ási er núll við vatnsyfirborð. Mynd 2 sýnir að hærri sveiflutími öldu, T_p hefur bein áhrif á hæð malarkamb og á þá lægð sem myndast í ströndinni við öldurót neðan vatnsborðs.

Mynd 3 sýnir að ölduhæð, H_s hefur sömuleiðis bein áhrif á landslag malarstrandar. Á báðum þessum gröfum hefur öldugjafinn sent frá sér 5000 öldur. Upphafshalli strandar er 1:7 og sveiflutíma öldu er haldið í 2,5 s.



Mynd 3 – Áhrif sveiflutíma öldu á þversnið malarstrandar.



Mynd 4 – Áhrif ölduhæðar á þversnið malarstrandar.

2.4 Endurkast öldu

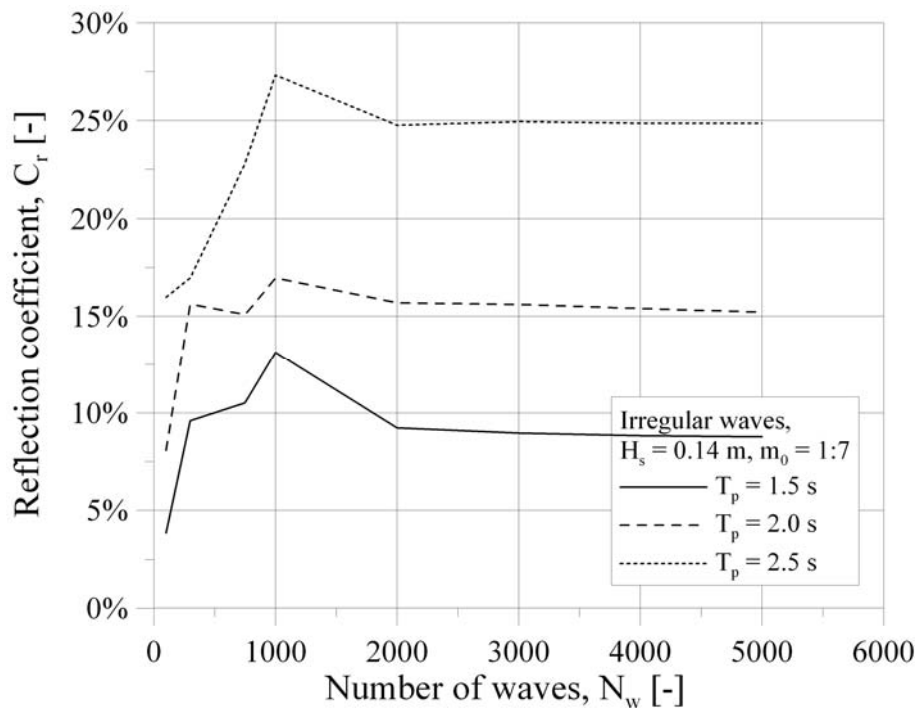
Rannsóknir á endurkasti á ölduorku frá sjóvarnargörðum og stórgrýttum hafnargörðum eru vel þekktar. Talsvert minna hefur hins vegar verið hugað að notkun malarefnis til strandvarna. Þekking á endurkasti öldu frá malarefni er því enn takmörkuð.

Ölduorka eyðist ýmist í endurkasti, í öldubroti, við flutning malarefnis, núning eða við flutning öldunnar inn í massa strandarinnar. Alda sem brýtur á malarströnd endurkastast frá ströndinni til baka en leitar líka inn á milli malarkorna inn í ströndinni. Þarna skipta eiginleikar malarinnar miklu máli, sér í lagi gleypni malarinnar, n eins og áður var minnst á.

Í líkantilraunum getur endurkast öldu valdið vandkvæðum. Aldan endurkastast þá frá ströndinni og ferðast til baka í öldurennunni alla leið að öldugjafanum sem getur sent þessa sömu ölduorku aftur að ströndinni og magnað upp þá öldu sem öldugjafinn á að senda frá sér (Kamphuis 2000). Í rannsókn Auðar Atladóttur (2008) var komist hjá þessu ósamræmi með „Active Wave Absorption“, kerfi sem skilgreinir endurkastaðar öldur í öldurennunni og gefur öldugjafanum upplýsingar um eiginleika endurkastsins og aðlagar sig að þeim (Mansard og Funke 1987).

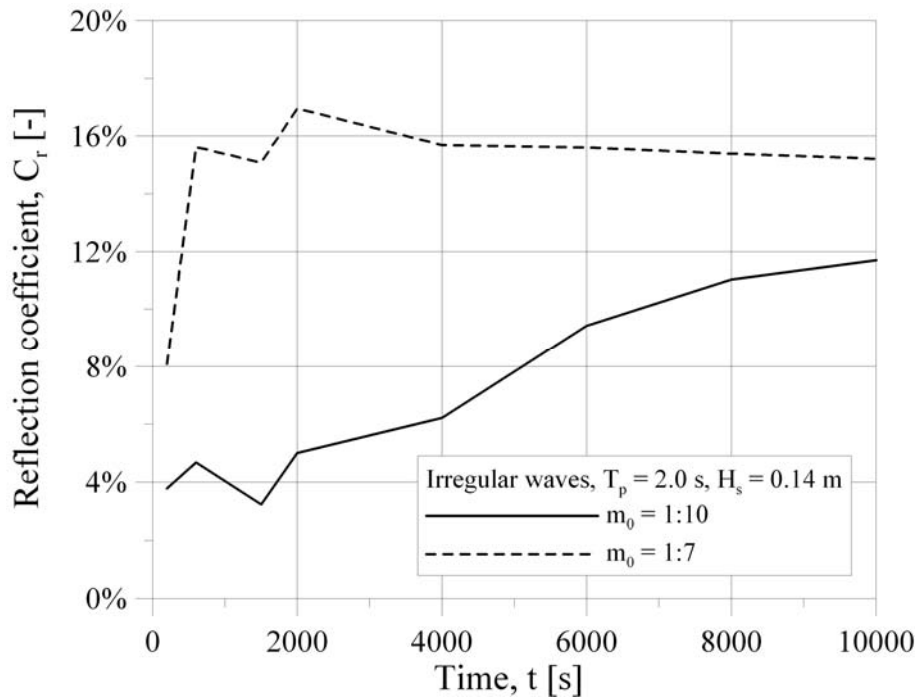
Hækkandi sveiflutími öldu gerir það að verkum að endurkast frá malarströnd eykst og aukinn halli malarstrandar eykur einnig endurkast ölduorku. Brattari malarstrendur endurkasta hærri ölduorku heldur en flatari stendur.

Mynd 5 sýnir hvernig endurkastsstuðull, C_r (e. reflection coefficient) hækkar með hækkandi sveiflutíma, T_p . Endurkastsstuðull lýsir hlutfalli upphaflegrar ölduhæðar í kerfinu og ölduhæðar endurkastaðrar öldu. Ölduhæð eða kennialda, H_s (e. significant wave height) er hér 0,14 m og halli strandarinnar, m_0 er 1:7. Áberandi er hversu fljótt ströndin nær jafnvægisstigi, en eftir $N = 2.000$ öldur hefur ströndin tekið þeim breytingum sem ölduorkan getur náð fram.



Mynd 5 – Breyting á endurkastsstuðli eftir breytilegum sveiflutíma.

Mynd 6 sýnir samband endurkaststuðuls og halla strandar. Öldugjafinn gefur samtals frá sér 10.000 öldur. Í upphafi eru munurinn skýr. Eftir 4.000 öldur er endurkaststuðull um 6% í tilfalli strandar með hallann 1:10 en um 16% fyrir strönd með hallann 1:7. Eftir því sem öldugjafinn sendir frá sér fleiri öldur leita strendurnar báðar í jafnvægi (e. state of equilibrium), sérstaklega sú með hallann 1:10 og munurinn á milli þeirra minnkar (Auður Atladóttir 2008).



Mynd 6 – Breytilegur endurkaststuðull eftir halla strandar.

3 AUSTURÓS HÉRAÐSVATNA

Brú yfir austurós Héraðsvatna stendur við veg númer 75 á milli Sauðárkróks og Hofsóss, Sauðárkróksbraut. Brúin er stálbitabrá í fjórum höfum, vígð árið 1978. Hún er einbreið og 130 m löng. Vegurinn um ósinn liggur úr vestri frá Hegranesi yfir lónsand þar sem unnið hefur verið að uppgræðslu, yfir brúna og yfir í Viðvíkursveit. Leitað var upplýsinga um hönnun og byggingu brúarinnar og leiðigarðanna í skjalasafni Vegagerðarinnar í Reykjavík og hjá heimamönnum. Samkvæmt samgönguáætlun 2003-2014 stendur til að breikka brúna. Mynd 7 sýnir brúna yfir austurós Héraðsvatna fyrir miðri mynd.



Mynd 7 – Austurós Héraðsvatna

3.1 Hönnunargögn

Í gögnum skjalasafns Vegagerðarinnar (1977) er að finna útreikninga og niðurstöður varðandi vatnafræðilegar hönnunarforsendur.

Sjávarfalla gætir innan við brúna. Á stórstreymi fer sjór yfir granda en sandur er þurr á köflum sem orsakar sandfok. Munur á stórstraumsflóði og stórstraumsfjöru mældist 1,3-1,4 m. Veglína vegarins var ákvörðuð 1,8 m ofar stórstraumsflóðs.

Í öllum botni óssins er einkorna fíngerður sandur og víða sandbleytur. Í júlí 1975 var meðalrennsli um ósinn mælt 120 m³/s.

Í gögnum Vegagerðarinnar finnast ekki upplýsingar um samband vatnafræðilegra niðurstaðna og þeirrar kornastærðar sem valin var fyrir leiðigarðana, né um námu malarefnisins.

3.2 Vettvangsferð

Farið var norður í Skagafjörð 26. - 27. ágúst 2009. Ljósmyndir voru teknar við austurós Héraðsvatna og fjögur jarðefnasýni tekin. Sýni voru tekin að morgni dags á fjöru. Tvö sýni voru tekin úr hvorum leiðigarði, sjá töflu 3. Hnit voru tekin með göngu GPS tæki og því er nákvæmnin í hnitsetningu sýnatökustaða 5-10 metrar.

Tafla 3 – Sýni tekin úr leiðigörðunum

Sýni	Staðsetning	Hnit (ISN 93)
Sýni 1	Vestari leiðigarður, nær brú	A480940, N582250
Sýni 2	Vestari leiðigarður, fjær brú	A480927, N582218
Sýni 3	Austari leiðigarður, fjær brú	A481077, N582268
Sýni 4	Austari leiðigarður, nær brú	A481051, N582294

Mynd 8 sýnir hvar sýnin voru tekin úr leiðigörðunum.



Mynd 8 – Staðsetning sýna úr leiðigörðunum

Gunnar Þórðarson frá Sauðárkróki (2009) segir að efnið í leiðigarðana sé komið úr malarhjöllum við bæinn Lón sem er næsti bær austan brúarinnar. Á mynd 9 bendir örin á malarhjallana.



Mynd 9 – Malarhjallar ofan vegar. Bæinn Lón ber við himinn.

3.3 Rannsóknir á jarðefnum

Malarsýnin fjögur voru send Nýsköpunarmiðstöð Íslands, NMÍ, til rannsóknar. Sýni 3 eyðilagðist í förum NMÍ þar sem það var malað. Kornastærðadreifing sýna 1, 2 og 4 var ákvörðuð og eru niðurstöður þeirra rannsókna í viðauka 1. Tafla 4 sýnir meðalkornastærð, D_{50} , sýnanna þriggja.

Tafla 4 – Meðalkornastærð sýna úr leiðigörðunum

Sýni	Staðsetning	D_{50} [mm]
Sýni 1	Vestari leiðigarður, nær brú	40
Sýni 2	Vestari leiðigarður, fjær brú	74
Sýni 4	Austari leiðigarður, nær brú	67

Hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands var eitt sýni (sýni 4) með kornastærð 8 til 11,2 mm berggreint. Bergið reyndist í flestum tilfellum vera ummyndað og þétt basalt. Styrkur korna mældist meðalsterkur, eða um 50 MPa. Niðurstöður berggreiningar er að finna í viðauka A.

3.4 Samanburður á hönnunargögnum og niðurstöðum vettvangsferðar

Á teikningu Vegagerðarinnar af leiðigörðunum frá 1977 (teikning B2-5592, sjá í viðauka B) er hönnunarahalli leiðigarðanna á sýnatökustöðum 1:3. Leiðigarðarnir verða síðan brattari eftir því sem norðar dregur og eru með hallann 1:2,5 undir brú og norðan brúar.

Á teikningu B2-5591 (í viðauka B) virðist landfylling austan brúar, sjávarmegin, ekki vera til staðar. Sú landfylling er hinsvegar greinileg á myndum 7 og 8. Við norðvesturenda vestari leiðigarðs má álykta að einhver styrking hafi átt sér stað með stærra grjóti en getið er um í hönnunarforsendum, sjá mynd 10.



Mynd 10 – Grjót hefur verið flutt í vestari leiðigarð til styrkingar. Myndin er tekin til suðurs.

Meðalkornastærð þeirra sýna sem tekin voru í leiðigörðunum er á bilinu 40 – 74 mm. Það er umtalsvert lægri kornastærð en getið er um á teikningum hönnuða frá 1977. Þar segir að meðalkornastærð í kápu leiðigarðanna skuli vera 100 – 200 mm.

Við suðurenda leiðigarðanna tveggja, þar sem mest mæðir á görðunum vegna straums árinna, hefur brattur malarkambur myndast og rof í annars nokkuð grónu yfirborði garðanna, sjá mynd 11.



Mynd 11 – Rof við suðurenda austari leiðigarðs. Myndin tekin til austurs.

Á mynd 12 sem er af suðurenda vestari leiðigarðs sést þetta rof ennfremur. Vegna ágangs árinna hefur gróðurþekjan á yfirborði garðsins tekið að rofna. Malarefnið nærri vatnsborði hefur leitað í náttúrulegt jafnvægi malarstranda og þó svo að halli strandarinnar hafi ekki verið mældur í vettvangsverð, þá var metið að hallinn væri nokkuð flatarí neðan barðsins heldur en 1:3 sem getið er um í hönnunarforsendum.



Mynd 12 – Rof við suðurenda vestari leiðigarð. Myndin tekin til norðausturs.

Það er eftirtektarvert að gróður virðist ná sér sæmilega á strik neðan rofbarðanna eins og sést á mynd 12. Leiðigarðarnir hafa staðið af sér flóð og fárviðri í yfir 30 ár en vert er að spyrja hvort að breytingar sem orðið hafa á mannvirkinu, þ.e. áður nefnd breyting á halla strandarinnar, hafi stuðlað að þeim stöðugleika sem umhverfi stranda og lífríki leita að. Íslenskar rannsóknir á rofi við miðlunarlón sökum vindöldu styðja þetta. Þar sem halli strandar er meira en 6 – 10 % myndast fljótlega rofbakkar. Ennfremur geta liðið áratugir þar til stöðugleika er náð þar sem malarstrendur eiga í hlut (Borgþór Magnússon 2003).

4 NIÐURSTÖÐUR

Malarefni er áhrifaríkt efni til strandvarna og hefur í auknum mæli verið notað til að byggja upp hörfandi sandstrendur. Þekking á hegðun malarstranda undir ölduálagi er þó enn sem komið er takmörkuð.

Í þessu verkefni Almennu verkfræðistofunnar og Vegagerðarinnar var sjónum beint að leiðigörðum við brúna yfir austurós Héraðsvatna í Skagafirði. Leitað var fanga í skjalasafni Vegagerðarinnar í Reykjavík. Sérstaklega var leitað eftir gögnum sem varpa myndu ljósi á ástæðu þess að malarefni með kornastærð á milli 100 og 200 mm var valið í garðana eins og fram kemur á teikningu B2-5592 í viðauka B. Slík gögn fundust ekki.

Við rannsókn Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands á sýnum úr leiðigörðunum kom fram að meðalkornastærð, D_{50} , þriggja sýna var á bilinu 40 til 74 mm. Það er talsvert minni kornastærð en gert er ráð fyrir í hönnunargögnum.

Þversnið leiðigarðanna hefur tekið breytingum frá því sem getið er um í hönnunargögnum. Brattur kambur hefur myndast í görðunum og neðan kambanna er flöt malarströnd. Neðan við kambinn hefur gróður náð sér sæmilega á strik og ofan kambins eru garðarnir nokkuð grónir.

Það er niðurstaða þeirra sem að verkefninu standa að reynslan af notkun malarefnis við leiðigarðana við austurós Héraðsvatna er góð. Í garðana var notað efni úr nálægri malarnámu svo að ekki þurfti að leita eftir grjóti með tilheyrandi kostnaðarauka við lengri flutning og mögulega sprengivinnu. Í staðinn var fundin lausn með notkun malarefnis með flatari fláa en við grjótvörn.

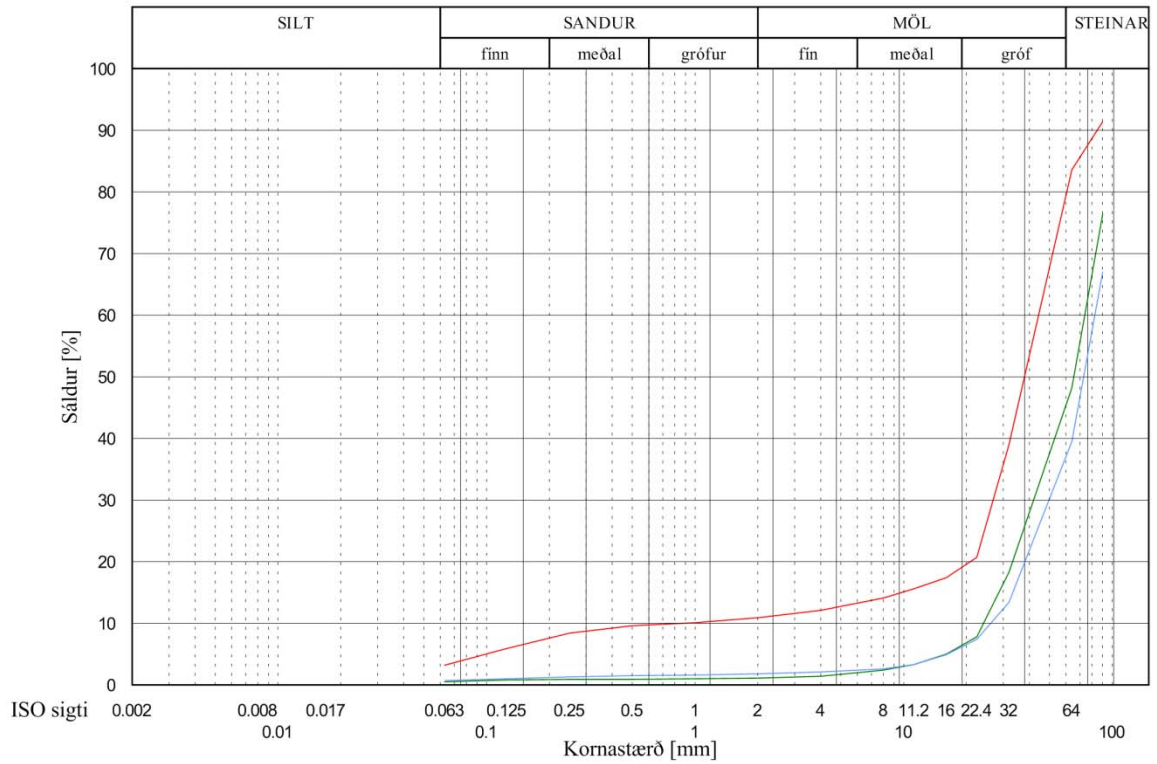
Aðstandendur þessa verkefnis telja að frekari möguleikar á notkun malarefnis við vatnsvarnir við vegi séu fyrir hendi. Vegir sem eru byggðir í fjöruborði, t.d. við jaðar stöðuvatna eða vegir sem þvera innfirði, krefjast rofvarna gegn ölduálagi. Þar gæti malarefni komið til álita með flatari fláa og auknu efnismagni samanborið við hefðbundna grjótvörn. Einnig er vert að skoða hvort að slíkur flatur malarflái á mótum vegar og vatns geti sinnt hlutverki öryggissvæðis. Með því móti yrði komist hjá dýrum innkaupum og uppsetningu á vegriðum. Í flatan fláa mætti nýta smátt og óflokkað efni til rofvarna sem að öðrum kosti væri vannýtt við framkvæmdir. Bætt efnisnýting og hagkvæmar lausnir við gerð öryggissvæða væru umhverfinu til heilla sem og til hagsbóta fyrir verkkaupa.

5 HEIMILDASKRÁ

- Auður Atladóttir (2008).** *Experimental investigation of wave-induced morphological changes of gravel beaches.* Óútgefin M.A.Sc. ritgerð við Byggingarverkfræðideild University of Ottawa.
- Borgþór Magnússon (2003).** *Grunnvatn, gróður og strandmyndun við Blöndulón.* Áfangaskýrsla til Landsvirkjunar, LV-2003/044.
- Buscombe, D. og Masslink, G. (2006).** *Concepts in gravel beach dynamics.* Earth-Science Reviews, 79, 33-52.
- Cammelli, C., Jackson, N.L., Nordstrom, K.F. og Pranzini, E. (2006).** *Assessment of a gravel nourishment project fronting a seawall at Marina di Pisa, Italy.* Journal of Coastal Research, Special Issue, 39, 770-775.
- Gunnar Þórðarson (2009).** Munnlegar heimildir, viðtal Auðar Atladóttur 27. ágúst 2009.
- Horn, D. og Li, L. (2006).** *Measurement and modelling of gravel beach groundwater response to wave run-up. Effects on beach profile changes.* Journal of Coastal Research, 22(5), 1241-1249.
- Ibrahim, J.C., Holmes, P. og Blanco, B. (2006).** *Response of a gravel beach to swash zone hydrodynamics.* Journal of Coastal Research, Special Issue, 39, 1685-1690.
- Kamphuis, J.W. (2000).** *Introduction to coastal engineering and management.* World Scientific, New Jersey.
- Mansard, E.P.D. og Funke, E.R. (1987).** *On the reflection analysis of irregular waves.* National Research Council of Canada. Technical Report TR-HY-0,17, Ottawa.
- McFarland, S., Whitcombe, L. og Collins, M. (1994).** *Recent shingle beach replenishment schemes in the UK: Some preliminary observations.* Ocean and Coastal Management, 25, 143-149.
- McKay, P.J. og Terich, T.A. (1992).** *Gravel barrier morphology: Olympic National Park, Washington state, USA.* Journal of Coastal Research, 8(4), 813-829.
- Morgunblaðið (2009).** *Búast við auknu sandfoki.* Birt 19. febrúar 2009.
- San Román-Blanco, B.L., Coates, T.T., Holmes, P., Chadwick, A.J., Bradbury, A., Baldock, T.E., Pedrozo-Acuña, A., Lawrence, J. og Grüne, J. (2006).** *Large scale experiments on gravel and mixed beaches: experimental procedure, data documentation and initial results.* Coastal Engineering, 53, 349-362.
- Sveinn Runólfsson (2009).** Tölvupóstur til Auðar Atladóttur 8. mars 2009.
- Van der Meer, J.W. (1988).** *Rock slopes and gravel beaches under waves attack.* Delft Hydraulics Laboratory, Publication no. 396, Delft.
- Vegagerðin (1977).** Geymslukassi númer A-1897 í skjalasafni Vegagerðarinnar í Reykjavík.
- Whitcombe, L.J. (1996).** *Behaviour of an artificially replenished shingle beach at Hayling Island, UK.* Quarterly Journal of Engineering Geology, 29, 265-271.

A VIÐAUKI - KORNASTÆRDARDREIFING OG BERGGREINING

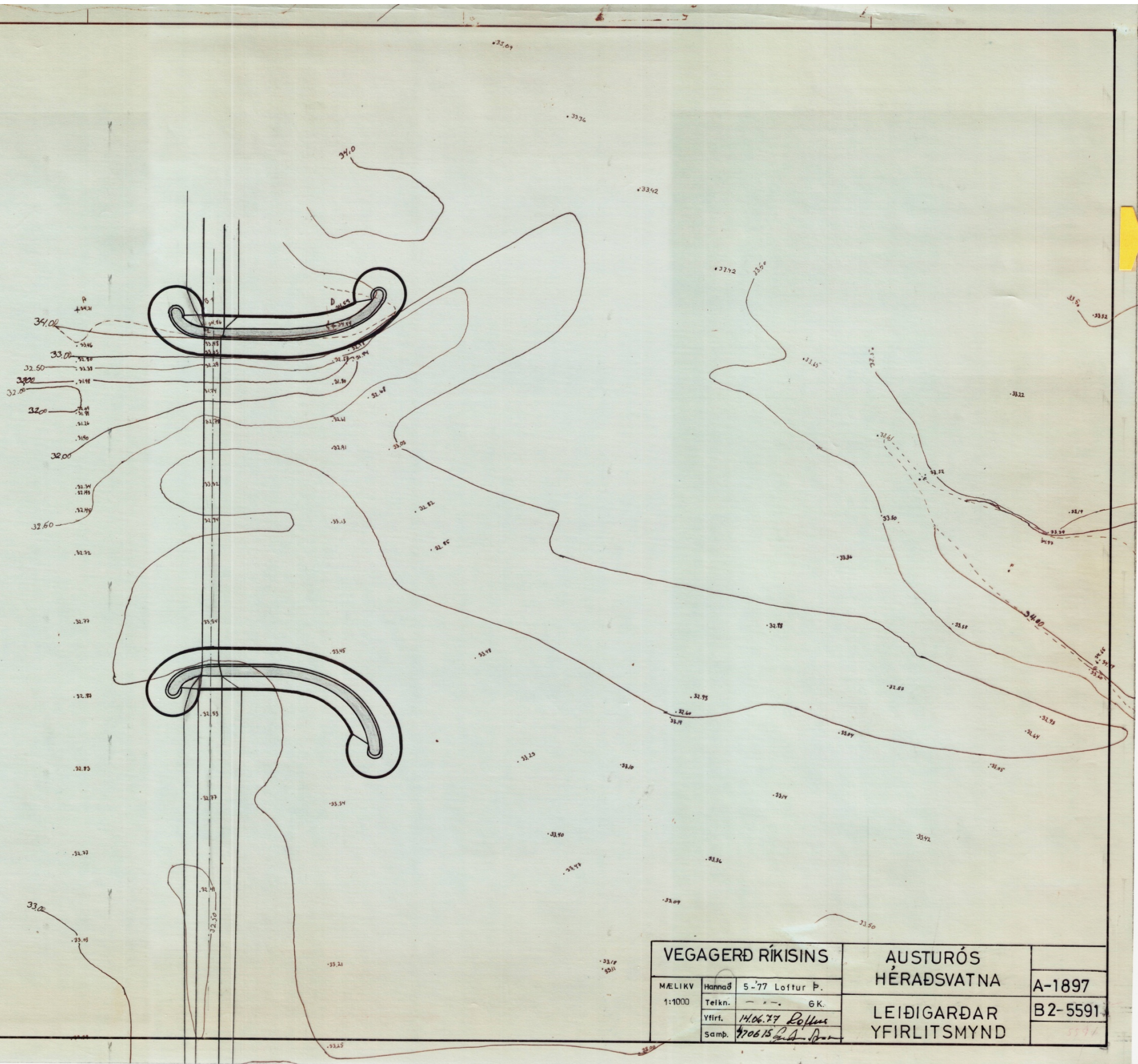
Austurós Héraðsvatna Kornastærðardreifing



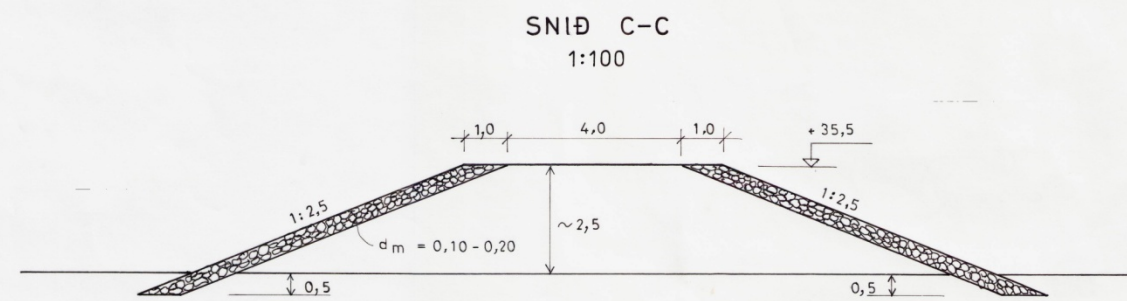
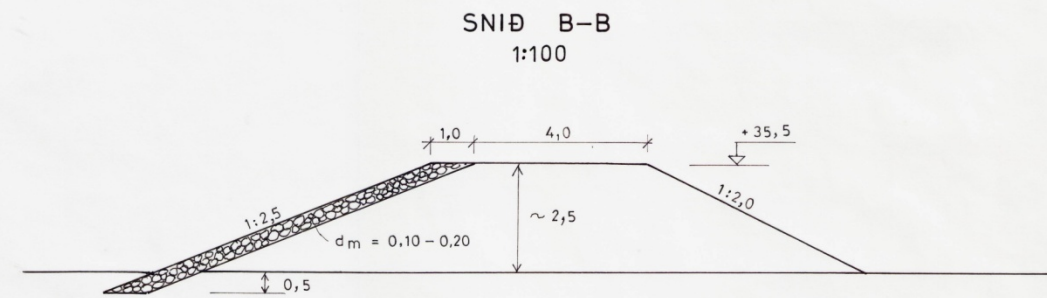
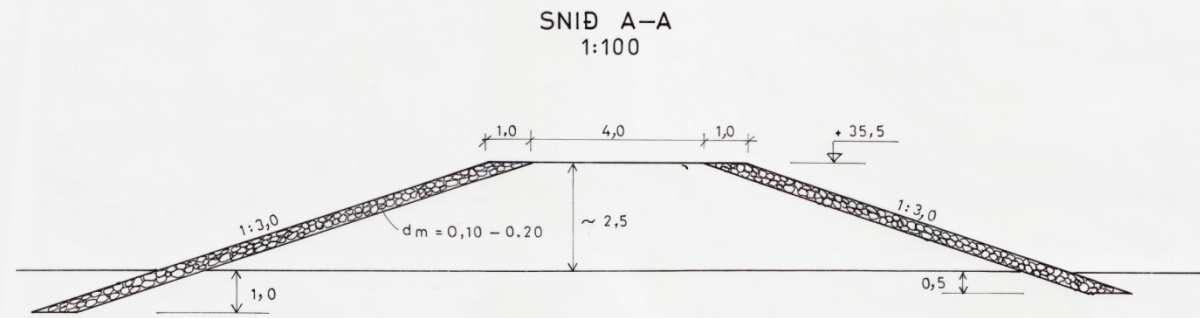
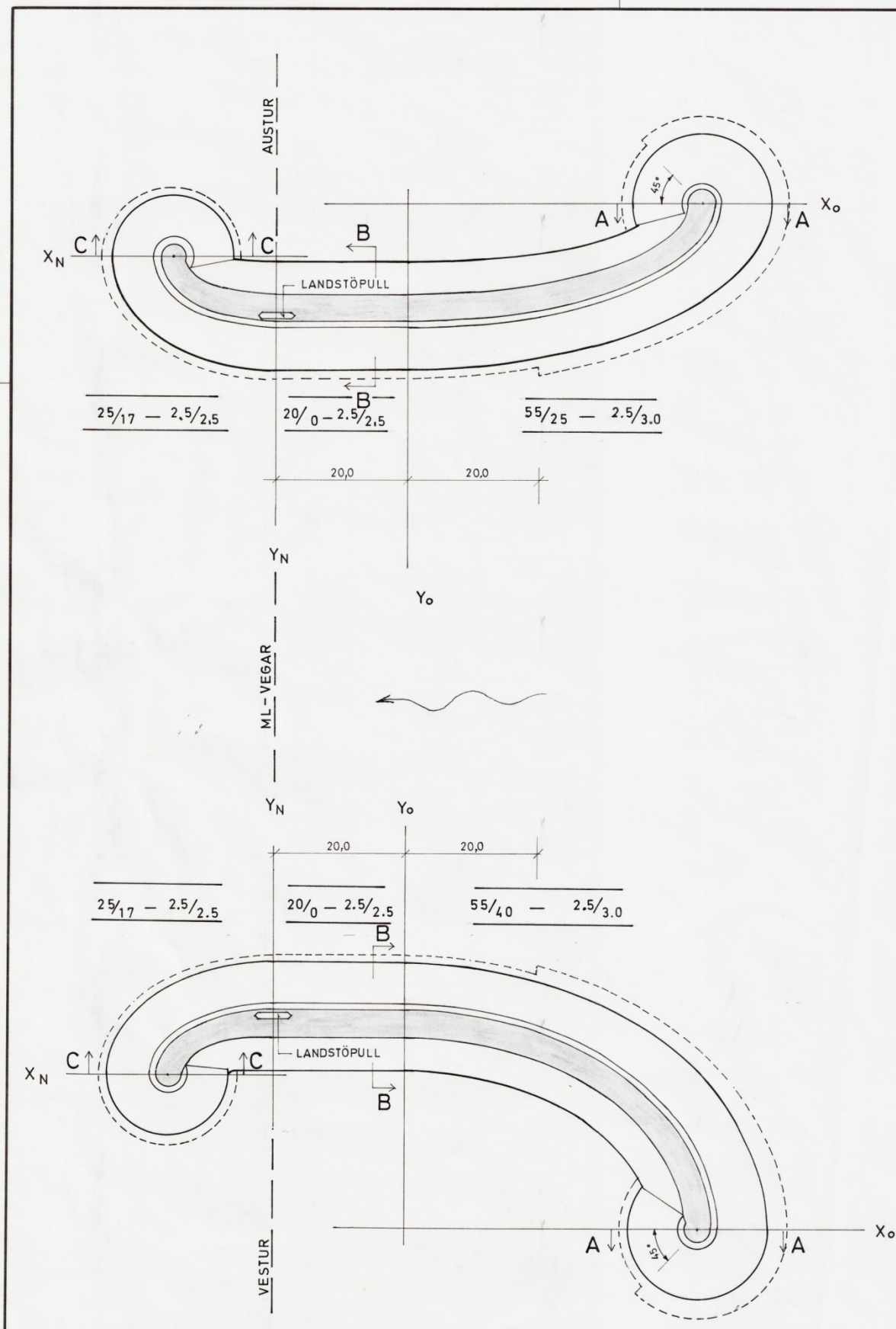
Mæld gildi:

Sigti nr.	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	11.2	16	22.4	32	64	90
Sýni 1	3	6	8	10	10	11	12	14	16	17	21	39	84	91
Sýni 2	1	1	1	2	2	2	2	3	3	5	7	13	40	67
Sýni 4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	5	8	18	48	76

B VIÐAUKI - TEIKNINGAR VEGAGERÐAR RÍKISINS



VEGAGERÐ RÍKISINS			ÆSTURÓS	A-1897
			HÉRAÐSVATNA	
MELIKV	Hannað	5-'77 Loftur Þ.		B2-5591
1:1000	Telkn.	— — — G.K.		
	Yfirt.	14.06.77 Pólfur		
	Samþ.	17.06.15 P.A. Þ.		
			LEIÐIGARÐAR	
			YFIRLITSMYND	



ÖLL MÁL ERU Í METRUM.

VEGAGERÐ RÍKISINS			AUSTURÓS HÉRAÐSVATNA	A-1897
MÆLIKV:	Hannað	5-77. Loftur Þ.	LEIÐIGARÐAR GRUNNMYND + SNID	B2-5592
1:100	Teikn.	- - - - - GK.		
1:500	Yfirf.	14.06.77 <i>Roffus</i>		
	Samb.	770615 <i>Roffus</i>		