

LV-2013-125



Landsvirkjun



Jarðvarmi

Útlit borholuhúsa og hljóðdeyfa

Lykilsíða

Skýrsla LV nr: LV-2013-125Dags: Mars 2013

Fjöldi síðna: 57

Upplag: 7

Dreifing:

- ☐ Birt á vef LV
☒ Opin
☐ Takmörkuð til

Titill: Jarðvarmi, útlit borholuhúsa og hljóðdeyfaHöfundar/fyrirtæki: Unnur Ólafsdóttir háskólanemi, LandsvirkjunVerkefnisstjóri: Björk GuðmundsdóttirUnnið fyrir: Landsvirkjun

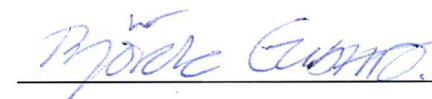
Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Tilgangur verkefnisins var að skoða útlit borholuhúsa og hljóðdeyfa með tilliti til sjónrænna áhrifa og greina sérstaklega þá þætti er snúa að útliti, formi, litum, áferð og legu mannvirkjana. Arkitektúr jarðvarmavirkjana landsins er skoðaður og farið er yfir sögu kúluhúsa. Greint er frá kostum og göllum kúluhúsanna ásamt helstu tæknilegu atriðum og stærðum. Að lokum eru hönnunarhugmyndir að nýju útliti borholuhúsa kynntar þar sem svæðin Bjarnarflag, Þeistareykir og Krafla voru skoðuð hvert fyrir sig, með nýtt útlit borholuhúsa í huga en fleiri hugmyndir einnig kynntar. Skýrslan er ríkulega myndskreytt

Lykilorð: Jarðvarmi, arkitektúr virkjana, borholuhús, hljóðdeyfar, útlit mannvirkja, umhverfisfrágangur.

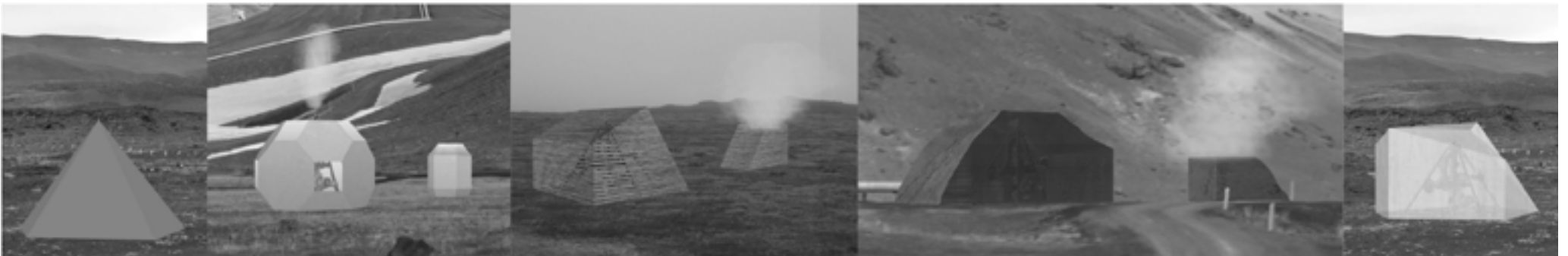
ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra Landsvirkjunar



Jarðvarmi

Útlit borholuhúsa og hljóðdeyfa



Efnisyfirlit

Verkefnislýsing.....	5	Hugmyndavinna.....	36
Arkitektúr virkjana.....	7	- Innblástur frá iðnaðarmannvirkjum.....	36
Jarðvarmavirkjanir.....	8	- Innblástur úr vettvangsferðum.....	38
Jarðvarmavirkjanir á Íslandi.....	9	- Annar innblástur.....	40
- Svartsengi.....	12	Hönnun.....	42
- Reykjanesvirkjun.....	13	- Bjarnarflag.....	44
- Nesjavallavirkjun.....	14	- Krafla.....	46
- Hellisheiðarvirkjun.....	15	- Þeistareykir.....	48
- Kröflustöð.....	16	- Aðrar hugmyndir.....	51
- Bjarnarflag.....	18	Samantekt.....	55
- Þeistareykir.....	20	Heimildir.....	57
- Húsavíkurvirkjun.....	22		
Borholuhús og hljóðdeyfar.....	24		
- Saga kúluhúsa.....	26		
- Innan í húsunum, stærðir og tæknileg atriði.....	28		
- Mismunandi gerðir kúluhúsa.....	30		
- Kostir og gallar.....	31		
- Tilraunir til umhverfisaðlögunar.....	32		
- Hvað er hægt að bæta?.....	34		

Verkefnislýsing

Tilgangur verkefnisins var að skoða hönnun borholuhúsa og hljóðdeyfa út frá útliti, formi og áferð og staðsetningu og koma með hugmyndir að breyttri hönnun og mótvægisáðgerðum til bættrar aðlögunar að landslaginu. Einng var skoðað hvernig hægt væri að samtvinna hugtakið vistvænan arkitektúr við mannvirki.

Markmið:

- + Að grannskoða stærð og umfang með tilliti til efnisvals, stærðar og manngerðs mælikvarða.
- + Að skoða hvernig útlit húsanna kemur út í landslagi, sjónræn áhrif þeirra og hvernig samspil þeirra er í umhverfinu og við önnur mannvirki.
- + Að rannsaka hvernig efnisval, áferð og litir á húsunum spila saman í landslagi, hvað fellur að landslagi og hvað ekki.
- + Að skoða staðbundin einkenni á landslagi, þ.e. mismunandi landslag kallar á mismunandi lausnir og hlutverk þess í að móta mannvirki.
- + Að kynna sér hvað hefur verið gert á undanförnum árum til að læra af því og fjalla um góð og slæm dæmi, bæði hvað varðar form, stærð, umfang og efnisval, notkun og viðhald.
- + Að skoða hvernig borholuhús eru uppbyggt (tæknilegir þættir) og leyst á ólíkan hátt fyrir ólíkar þarfir eftir aðstæðum hvers svæðis.

Skýrslan byggir á upplýsingaöflun, vettvangsferðum og hugmyndavinnu sem fram fór sumarið 2013. Rannsóknin nær til þeirra þriggja jarðhitasvæða, Bjarnarflags, Kröflustöðvar og Þeistareykja, sem eru helstu kostir Landsvirkjunar til frekari virkjunar á jarðhita. Verkefnið var unnið af Unni Ólafsdóttur, B.A. í arkitektúr frá Listaháskóla Íslands, að tilstuðlan Umhverfiseildar Þróunarsviðs Landsvirkjunar. Verkefnastjóri var Björk Guðmundsdóttir landslagsarkitekt.

Verkefnið er uppbyggt á eftirfarandi hátt:

Gagnaöflun: Skýrslur um mat á umhverfisáhrifum virkjana voru lesnar og sérstaklega skoðaðir þeir þættir er vörðuðu borholuhús og hljóðdeyfa. Skýrslur um verkhönnun og hönnunarforsendur voru einnig lesnar.

Vettvangsferðir: Farið var í vettvangsferðir í sex virkjanir á landinu þar sem mannvirki voru skoðuð og ljósmynduð ásamt landlagi í kring.

Hugmyndavinnna: Innblásturs var leitað víða, bæði af netinu og úr bókum og blöðum en myndir frá vettvangsferðum reyndust einnig góður innblástur. Skissur voru handteiknaðar og síðan þróaðar áfram í tölvu með hjálp forritanna Sketchup, Photoshop og Illustrator.

Lokafrágangur: Efnið var dregið saman og sett í textaform í skýrslu í InDesign og kynning undirbúin fyrir starfsmenn Landsvirkjunar.

Virkjanir og arkitektúr

Arkitektúr virkjana snýr fyrst og fremst að útliti mannvirkjanna og að þau sitji vel í umhverfi sínu og veki áhuga fólks. Allar stærðir ráðast að mestu leyti af vélum sem hannaðar eru af verkfræðingum og hlutverk arkitektsins er einungis að búa til skel yfir tæknibúnaðinn. Lítil hluti snýr að mannlegum þörfum en gera þarf byggingarnar eins vistlegar og mögulegt er og brjóta upp stærðir því byggingarnar þurfa oft að vera jafnvel mörg þúsund fermetrar að stærð.¹ Iðnaðarmannvirki geta þó verið einkar áhugaverð mannvirki og eru algengt myndefni ljósmyndara þegar vel tekst til. Formin geta verið sérstök og oft stærðfræðileg, ólík þeim formum þeirra byggingar sem við eigum að venjast. Í raun eru tvö megin sjónarmið þegar að kemur að hönnun á útliti iðnaðarmannvirkja, annars vegar að fella þau að náttúrunni og fela eins og kostur er en hinsvegar að undirstrika iðnaðarlegt hlutverk þeirra og gera útlit jafnvel mjög áberandi. Algengt er þó að ekki sé miklu kostað til útlitshönnunar og mannvirkin gerð eins einföld og ódýr og mögulegt er. Afraksturinn eru yfirleitt gríðarstórar skemmur sem hafa neikvæð áhrif á umhverfi sitt en ekki má gleyma að byggingarnar eru andlit fyrirtækjanna og því full ástæða að vanda til verka.

Jarðvarmavirkjanir

Jarðhita er að finna undir jarðskorpunni í bergi og vatni og með varmaleiðni í formi vatns eða gufu getur hann streymt upp á yfirvörð jarðarinnar. Jarðhiti hefur nýst mönnunum í þúsundir ára til upphitunar og eldamennsku og í byrjun 20. aldarinnar tókst Ítölum fyrstum þjóða að virkja hann til raforkuvinnslu. Árið 1904 tók fyrsta jarðvarmavirkjunin til starfa í Larderello á Ítalíu, í upphafi til tilraunar en stuttu síðar til almennrar notkunar. Nokkrum áratugum seinna opnuðu virkjanir einnig á Nýja-Sjálandi og Bandaríkjunum og fleiri lönd fylgdu í kjölfarið. Í dag er jarðhiti virkjaður til raforkuvinnslu í 24 löndum en stærstu notendur jarðvarmaraforku til raforkuvinnslu eru Bandaríkin, Filippseyjar, Indónesía, Ítalía, Mexíkó og Nýja-Sjáland.¹ Fyrsta jarðvarmavirkjun Íslendinga hóf rekstur árið 1969 í Bjarnarflagi.

Mannvirki virkjana af þessu tagi eru margslungin og útlit jarðvarmavirkjana oft mjög ólíkt milli landa. Náttúran umhverfis virkjanirnar getur einnig verið mjög fjölbreytt, allt frá því að vera græn og skógi vaxin yfir í úfin hraun eða sanda. Yfirleitt eiga þessi svæði þó það sameiginlegt að hafa afar sérstaka náttúru með mikið aðdráttarafl vegna jarðhitans. Mannvirki jarðvarmavirkjana eru umfangsmikil og er það einn af þeim neikvæðu þáttum er varða umhverfisáhrif² og því mikilvægt að metnaður sé lagður í hönnun og efnisval þeirra, þau falli vel að umhverfi sínu og snyrtimennska sé höfð til fyrirmyndar. Tæknileg hönnun jarðvarmavirkjana er oft mjög áhugaverð og gaman að sjá þegar arkitektúr virkjana tekst að ýta undir þau atriði ásamt því að falla vel að umhverfinu.

1 *Geothermal Energy*, Britannica, sótt 26. júlí 2013, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/230403/geothermal-energy>.

2 Snorri Björn Gunnarsson, *Jarðvarmi: Kynningarrit, Landsvirkjun*, án útgáfustaðar, 2012, bls. 13.



Jarðvarmavirkjun í Matsukawa í Japan.



Neal Hot Spring í Oregon í Bandaríkjunum.

Jarðvarmavirkjanir á Íslandi

Jarðhiti ásamt vatnsafla eru helstu orkuauðlindir Íslands en jarðhitinn hefur komið Íslendingum að góðum notum alla tíð og hefur verið nýttur til baða allt frá landnámi. Íslendingar voru fyrstir þjóða að nýta jarðhitann til húshitunar á fyrri hluta síðustu aldar og hafa síðan verið í fararbroddi á því sviði en þrjá áratugi tók að koma nýtingu hans til raforkuvinnslu í gott horf. Það var ekki fyrr en 1969 að virkja tókst jarðhita í Bjarnarflagi við Mývatn og þar var reist lítil 3 MW virkjun en marktæk reynsla af virkjun jarðhita fékkst svo þegar Kröfluvirkjun var gangsett 1977. Báðar þessar virkjanir eru nú í eigu Landsvirkjunar. Í dag eru starfræktar 7 jarðvarmavirkjanir á Íslandi af fjórum orkufyrirtækjum og má sjá staðsetningu þeirra á yfirlitskortinu hér á næstu opnu. Starfsemi Orkuveitu Húsavíkur vegur þar langminnst en fyrirtækið rak um tíma 1,7 MW virkjun rétt fyrir utan Húsavík en raforkuvinnsla hefur þar legið niðri síðan 2008. Nesjavallavirkjun og Hellisheiðarvirkjun eru stærstar og eru í eigu Orkuveitu Reykjavíkur en Svartsengi og Reykjanesvirkjun eru í eigu HS orku.¹

Landsvirkjun leggur áherslu á að þekkja umhverfisáhrif sín og leitast eftir því að halda neikvæðum áhrifum í lágmarki. Markmið Landsvirkjunar í umhverfismálum eru að umgengni sé í sátt við náttúru og lífríki í kring, að minnka losun gróðurhúsalofttegunda og úrgang og nýta auðlindir betur.² Bæði jarðvarmaorka og vatnsaflsorka teljast grænir orkugjafar sem þýðir að hægt er að virkja orkuna með sjálfbærum hætti.³ Með sjálfbærni er átt við að orkuþörf samtímans er mætt án þess að draga úr möguleikum orkunýtingu komandi kynslóða. Hugmyndin um sjálfbærni er tvíþætt, annarsvegar að auðlindir

1 Snorri Björn Gunnarsson, Jarðvarmi: Kynningarrit, bls. 4-26.

2 Umhverfismál, Landsvirkjun, sótt 25. júlí, <http://www.landsvirkjun.is/Samfelagogumhverfi/Umhverfismal/>.

3 Snorri Björn Gunnarsson, Jarðvarmi: Kynningarrit, bls. 8.



Bygging stöðvarhússins við Kröflu.



Bláa Lónið.



Þvottalaugarnar í Laugardalnum.

jarðarinnar séu nýttar á hófsaman hátt og þannig að þær séu endurnýjanlegar en hinsvegar ekki hljótist mengun af eða umverfinu sé spillt að óþörfu.⁴ Umhverfisáhrif vegna vinnslu á jarðhita eru þó alltaf einhver og eru bæði jákvæð og neikvæð. Jarðvarmavirkjanir eru oft staðsettar á svæðum þar sem náttúran er afar sérstök en mannvirki virkjananna eru mörg og þeim fylgja útlitsbreytingar og rask á umhverfinu. Af virkjunum hlýst einnig talsverð hávaðamengun og vökvanám getur valdið breytingum á virkni hvera og heitra lauga á nágrenninu. Jákvæð áhrif jarðvarmavirkjana eru helst félags- og efnahagsleg á samfélag og nágrenni þar sem viðkomandi virkjun stendur.⁵ Mannvirki jarðvarmavirkjana geta einnig auðveldað aðgengi ferðamanna að náttúruperlum sem áður var erfitt að komast að og má þar nefna Víti við Kröfluvirkjun sem nú er vinsæll ferðamannastaður. Bláa lónið við Svartsengisvirkjun á Reykjanesi varð einnig til við virkjanaframkvæmdir en lónið myndaðist við losun á affallsvatni virkjunarinnar. Lónið er einn fjölsóttasti ferðamannastaður landsins en 585.000 manns heimsóttu Bláa lónið á síðasta ári.⁶ Fjöldi gesta Jarðbaðanna við Mývatn sem er baðlón af svipuðu tagi skammt frá Bjarnarflagsvirkjun er í stöðugum í vexti og í ár stefnir í að gestir lónsins verði yfir 100.000.⁷

Mannvirki jarðvarmavirkjana eru mörg og dreifð og fara mikið eftir stærð og þeirri tækni sem beitt er við virkjunina. Helstu mannvirki eru stöðvarhús sem er stærst, kæliturnar, skiljustöð og lokahús. Einnig fylgja oft ýmsar skemmur og í sumum virkjunum er sérstök bygging undir gestastofu eða starfsmannahald. Meðal smærri mannvirkja jarðvarmavirkjana má telja safnæðar, oft með helstu kennimerkjum virkjananna, sem og borholuhús og hljóðdeyfa en ýtarlega verður fjallað um þau síðar. Eins og áður sagði er umfang mannvirkja einn af helstu neikvæðu umhverfispáttum virkjana af þessu tagi og því ekki úr vegi að huga að vistvæni þessara bygginga.

Vistvænn arkitektúr eða hönnun felur í sér að leitast sé eftir að hafa sem minnst áhrif á umhverfið. Notuð eru byggingarefni sem og byggingaraðferðir sem teljast umhverfisvænar og raski á byggingarstað haldið í algjöru lágmarki. Efnið er helst ekki sótt langt að til að mengun við flutningskostað verði sem minnst eða valin efni sem ekki hafa eitrandi áhrif í framleiðslu. Notast er við vistvæna orku og stundum eru gamlar byggingar á staðnum endurnýttar. Við byggingu er einnig lögð áhersla á að halda úrgangi í lágmarki og hann sé losaður í endurvinnslu eins og mögulegt er.⁸

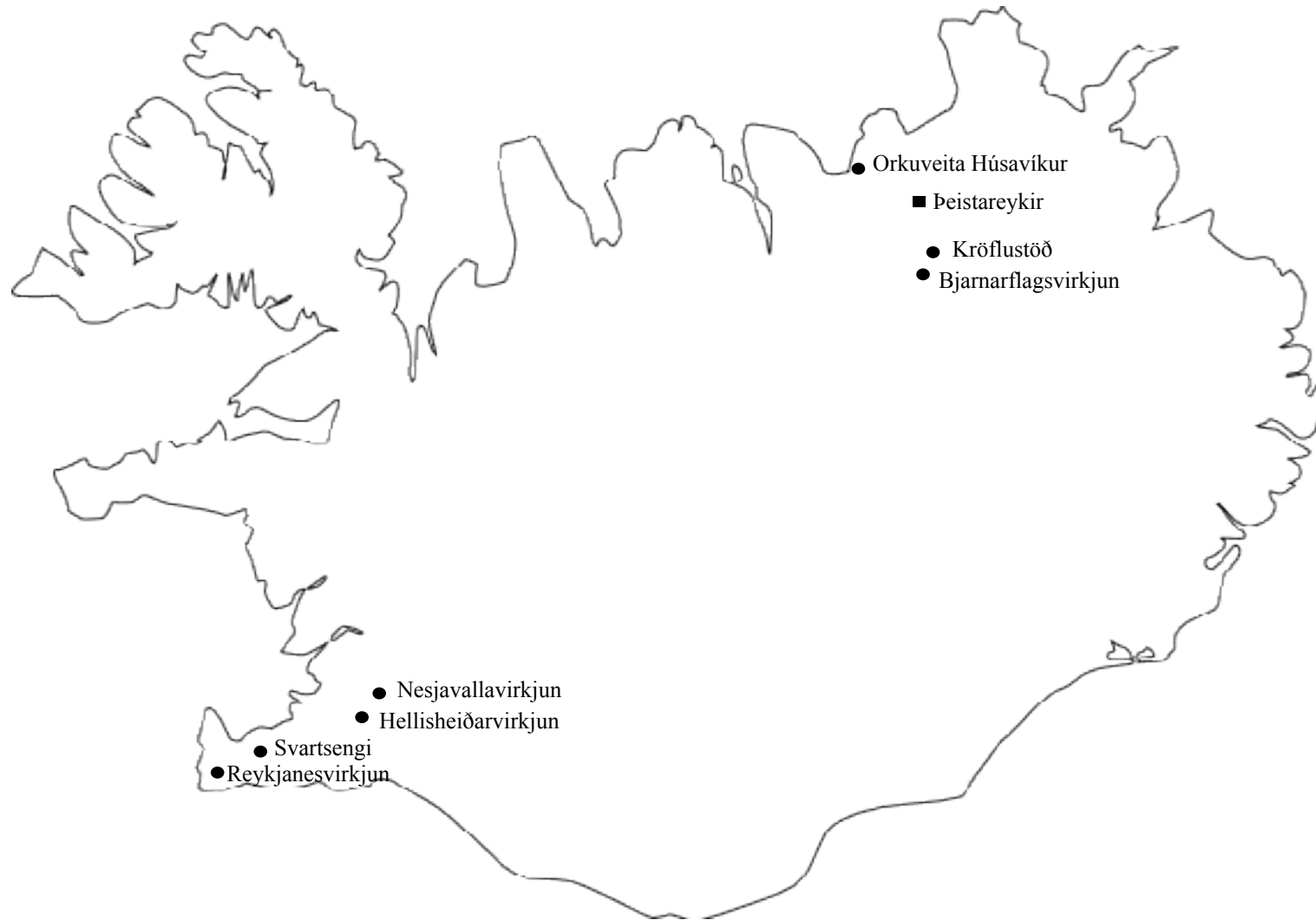
4 *Sjálfbær þróun*, Landsvirkjun, sótt 25. júlí 2013, <http://www.landsvirkjun.is/Samfelagogumhverfi/Samfelagid/Sjalfbaerthroun/>.

5 Snorri Björn Gunnarsson, *Jarðvarmi*: Kynningarrit, bls. 13.

6 *Bláa lónið fékk þekkingarverðlaunin*, Morgunblaðið, sótt 12. ágúst 2013, http://www.mbl.is/vidskipti/frettir/2013/02/20/blaa_lonid_fekk_þekkingarverdlaunin/.

7 Yfir 100 þúsund gestir í jarðböðin, Morgunblaðið, sótt 28. október 2013, http://www.mbl.is/frettir/innlent/2013/10/02/yfir_100_thusund_gestir_i_jardbodin/.

8 *What Is Green Architecture and Green Design*, about.com, sótt 7. júlí 2013, <http://architecture.about.com/od/greenconcepts/g/green.htm>.



Yfirlitsmynd yfir staðsetningu starfandi jarðvarmavirkjana á Íslandi ásamt Peistareykja einn af helstu framtíðarkostum Landsvirkjunar til jarðvarmavirkjunar.

+ Svartsengi

Svartsengisvirkjun er 225 MW jarðvarmavirkjun á Reykjanesskaganum og er í eigu HS orku. Orkuverin voru byggð í nokkrum áföngum, sá fyrsti á árunum 1977-1979 og síðasti 2006-2008 en virkjunin skiptist í 6 orkuver.¹ OG arkitektar sáu um hönnun mannvirkja virkjunarinnar sem byggð voru í þremur áföngum. Elstu byggingarnar eru lágreistar og steypar en formið er brotið upp með stöplum með nokkurra metra millibili. Byggingarar eru alsettar hringlaga gluggum og voru þeir hugsaðir sem tilvísun í þann fjölda röra og lagnir sem virkjun af þessu tagi fylgja. Nýrri byggingar virkjunarinnar eru annars vegar frá árunum 1997-1998 og 2006-2008 hinsvegar. Þær byggingar eru úr áli sem þykir mun hagvæmara byggingarefni þar sem það þolir vel þær gufur sem fylgja virkjunarrekstrinum og byggingartími er skemmri.² Þær byggingar eru flestar mjög svipaðar, yfirleitt hærri en þær eldri og með hallandi þaki en formin eru margslungin og ólík. Auðvelt er því að átta sig á hvaða mannvirki eru ný og hver eru gömul en þau nýju hafa þó tengingu til þeirra eldri með hringlaga gluggum á hliðum.

Afar snyrtilegt er umhverfis virkjunina og svæði utan við eldri hlutann eru þónokkuð gróin en náttúran í kring er aðallega úfin hraun og gróðurinn stingur því örlítið stúf við nánasta umhverfi. Lagnir eru rauðmálaðar og áberandi í svörtu og hrjóstugu umhverfinu. Byggingarnar standa nokkuð þétt en yfirbragð þeirra hreinlegt þó mjög augljóst sé að um iðnaðarsvæði sé að ræða.

1 Svartsengisvirkjun, HS orka Hf., sótt 22. júlí, 2013, <http://www.hsorka.is/HSProduction/HSProductionSvartsengi.aspx>.

2 Garðar Guðnason arkitekt, símtal, 22. júlí 2013.



Mannvirki við Svartsengi. UÓ 2013.

+ Reykjanesvirkjun

Reykjanesvirkjun er 100 MW virkjun utarlega á vesturhluta Reykjanessins. Virkjunin var reist árið 2006 af HS orku og voru OG arkitektar fengnir til að sjá um hönnun bygginganna. Þó nokkuð margar byggingar tilheyra virkjuninni auk stöðvarhússins svo sem aðveitustöðvar, skiljustöðvar, lokahús og borholuhús, og sáu OG arkitektar um hönnun þeirra allra.¹ Mikið samræmi er í byggingunum og auðvelt að sjá hvaða mannvirki tilheyra virkjuninni og hver eru hluti af annarri starfsemi á svæðinu. Gestastofa er rekin í stöðvarhúsi virkjunarinnar sem opin er um helgar.

Byggingarnar eru klæddar með áli og hafa allar mjög einkennandi mjúkan skáhallandi þakhjúp en þakhallinn er sóttur úr náttúrunni og kemur frá eyjunni Eldey sem er þar skammt frá strandlínunni. Rúnuð form voru valin til að losna við þörf á þakrennum og hreint form þakhjúpsins fengi að njóta sín. Austur- og vesturhlið stöðvarhússins er klædd með gleri til að fá sem mesta birtu inn og burðarvirkið fyrir innan verður sýnilegt. Leitast var eftir að byggingin væri í sem mestri sátt við nátturuna og raski á hrauni og landi í kring haldið í algjöru lágmarki en landslagsarkitektastofan Landark sá umhverfishönnun.²

1 *Reykjanesvirkjun*, OG arkitektastofan, sótt 15. júlí 2013, http://www.arkitektastofan.is/index.php?option=com_content&task=view&id=79&Itemid=121.

2 Garðar Guðnason arkitekt, símtal, 22. júní 2013.



Mannvirki við Reykjanesvirkjun. UÓ 2013.

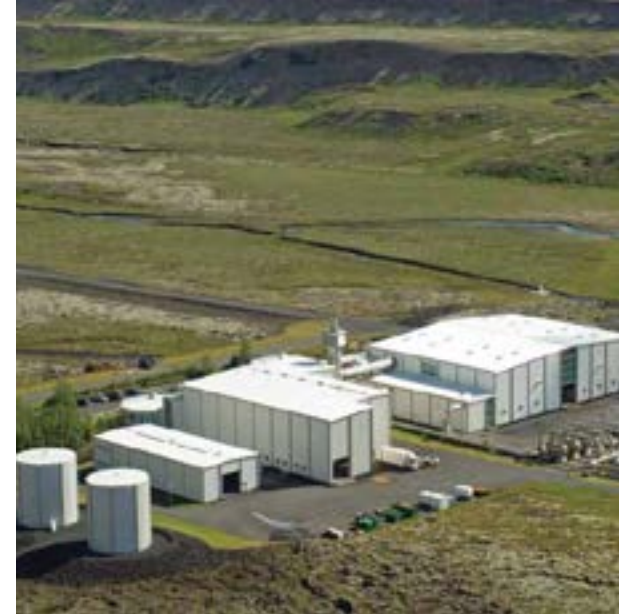
+ Nesjavallavirkjun

Nesjavallavirkjun var gangsett árið 1990 en virkjunin framleiðir nú 120 MW af rafmagni og 300 MW í varmaorku úr 24 holum og er því næststærsta jarðvarmavirkjun landsins. Virkjunin er staðsett á Hengilssvæðinu skammt frá Þingvöllum og er í eigu Orkuveitu Reykjavíkur.¹

T.ark sá um útlitshönnun mannvirkja og er yfirbragð arkitektúrs virkjunarinnar létt og hreint en byggingarnar eru hvítmálaðar og formin fremur einföld en brotin upp með lóðréttum línum í aðeins dekkri lit. Þökin eru örlítið hallandi og mynda skemmtilegt samspil sín á milli. Aðalinngangur og gestastofa mynda átthyrninga sem stíga sér út úr aðalbyggingunni og bera með sér yfirbragð um ýmissa vélrænna hluta virkjunarinnar og hefur skemmtilegt áhrif á heildarútlit virkjunarinnar.

1

Nesjavallavirkjun, Orkuveita Reykjavíkur, sótt 22. júlí 2013, <https://or.is/UmOR/Veiturogveitusvaedi/Virkjanir/Nesjavallavirkjun/>.



Mannvirki við Nesjavallavirkjun.

+ Hellsheiðarvirkjun

Hellsheiðarvirkjun er í eigu Orkuveitu Reykjavíkur og er staðsett í sunnanverðu Hengilssvæðinu. Virkjunin framleiðir 303 MW af rafmagni en 133 MW af heitu vatni þar sem jarðvarmi úr um 50 borholum er nýttur til framleiðslunnar. Framleiðsla á rafmagni í virkjuninni hófst árið 2006 en lokið var við síðasta áfanga hennar síðla árs 2011. Gestamóttaka er starfrækt í stöðvarhúsi virkjunarinnar og þar er sýning á sjálfbærri jarðhitnanýtingu Íslendinga.¹

Landslagsarkitektasofan Landslag sá um skipulag svæðisins og landmótun en hönnun bygginga virkjunarinnar voru í höndum arkitektastofunnar T.ark.² Arkitektúr virkjunarinnar einkennist sérstaklega af sterku og hvössu þakskeggi við aðalinngang í miðju stöðvarhússins þar sem gestamótaka virkjunarinnar er starfrækt. Sitthvorumegin liggja svo tveir stórir og afar lokaðir massar með hallandi þökum en formið brotið upp með lóðréttum línum svipað og gert er í Nesjavallavirkjun. Byggingin er klædd með málaðri áklæðningu í gráum og grágrænum lit sem myndar ýmist láréttar eða skáhallandi línur í takt við þakhallann og minnir því um margt á arkitektúr Húsavíkurvirkjunar.

1 Virkjanir, Orkuveita Reykjavíkur, sótt 25. júlí 2013, <http://www.or.is/um-or/virkjanir>.

2 Íslenskur samtíma landslagsarkitektúr á EXPÓ í Kína, Norrænahúsið, sótt 23. júlí, <http://www.nordice.is/vidburdir/syningar/vidburdir/nr/430>.



Mannvirki við Hellsheiðarvirkjun.



+ Kröflustöð

Kröfluvirkjun er 60 MW jarðvarmavirkjun í eigu Landsvirkjunar sem gangsett var árið 1977 en afl virkjunarinnar var tvöfaldað úr 30 MW í 60 MW árið 1997. Virkjunin er staðsett á Norðausturlandi við rætur Kröflu og er svæðið mikið sótt af ferðamönnum en framkvæmdir virkjunarinnar auðvelduðu mikið aðgang að náttúruperlum eins og Víti og Leirhnjúkum. Miklar pólitískar deilur stóðu um virkjunina á sínum tíma og gera þurfti hlé á framkvæmdum vegna Kröfluelda sem stóðu í 9 ár, frá 1975-1984.¹

Um arkitektúr virkjunarinnar sá Manferð Viljhálmsson arkitekt í samstarfi við kollega sinn Þorvald S. Þorvaldsson. Byggingarnar hafa mjög einkennandi rauðan lit sem fenginn er úr umhverfinu en svæðið einkennist af hrauni og rauðbrúnum söndum. Byggingarnar eru klæddar með rauðmáluðu bárujárnni og eru einföld og sterk að formi en gulan lit er einnig að finna í ýmsum smáatriðum í kringum mannvirkin. Lagnir eru álklæddar og ómálaðar en álið hefur veðrast afar fallega og lagnirnar fengið á sig gylltan blæ sem fellur vel inni í umhverfið. Lagnahlið eða Sigurboginn svokallaður sem liggur yfir aðalveginn sem er fjölfarinn af ferðamönnum setur sterkan svip á svæðið. Húsakynni starfsmanna sem eru skammt frá stöðvarhúsi virkjunarinnar eru fremur óspennandi enda byggð sem tímabundnir vinnuskúrar og utan rauðmálaðra þaka er tenging í arkitektúr virkjunarinnar lítil. Einnig er erfitt að sjá tengingu í kæliturni virkjunarinnar sem er

¹ Kröflustöð, Landsvirkjun, sótt 22. júlí 2013, <http://www.landsvirkjun.is/Fyrirtaekid/Aflstodvar/kroflustod>.



Stöðvarhús Kröflustöðvar. UÓ 2013.



Sigurboginn. UÓ 2013.



Kæliturn. UÓ 2013.

þó mjög tilkomumikið og áhugavert mannvirki. Rauði liturinn sem er eitt helsta einkenni virkjunarinnar er fremur skær og mætti vera örlítið brúnleitari til að tóna betur við umhverfið en honum hættir einnig til að upplitast og verða bleikur. Umbreytt sívalingslaga form utan við stöðvarhúsið eru áhugaverð og setja sterkan svip á húsið sem annars væri fremur óspennandi.

Landsvirkjun fyrirhugar stækkun virkjunarinnar um 150 MW og verður þá samanlagt afl hennar 210 MW. Áætlað er að reisa annað stöðvarhús skammt norðan við núverandi Kröflustöð og kæliturna sem fylgja hverri vélarsamstæðu norðan við stöðvarhúsið. Tengivirki nýju stöðvarinnar verður einnig norðan núverandi tengivirkis og skiljustöð norðan við núverandi skiljustöð sem og nýtt lokahús sem verður staðsett skammt frá núverandi lokahúsi. Gert er ráð fyrir að bora þurfi um 30 borholur vegna stækkunarinnar en til að dreifa holunum sem minnst verða boraðar fleiri holur á hverjum borteig á alls 8 borholusvæðum, þremur sem þegar hefur verið borað á en fimm nýjum.² Hönnun á útliti fyrirhugaðar stækkunar er ekki hafin og ekki ljóst hvaða arkitektar verða fyrir valinu en verkefnið verður vandasamt þar sem ekki þarf einungis að huga að náttúrunni í kring heldur einnig að arkitektúr nýju bygginganna falli vel að þeim sem þar eru fyrir.

2

Mannvit, *Kröfluvirkjun II, allt að 150 MW jarðhitavirkjun við Kröflu í Skútustaðahreppi: Mat á umhverfisáhrifum, matsskýrsla*, Landsvirkjun, án útgáfustaðar, 2010. bls. 28-29.



Landslag við Kröflustöð. UÓ 2013.

+ Bjarnarflag

Í Bjarnarflagi í Mývatnssveit hafa verið stundaðar jarðhitarannsóknir frá árinu 1963 og árið 1969 var þar gangsett 3 MW raforkuver sú fyrsta sinnar tegundar. Laxárvirkjun stóð fyrir byggingu virkjunarinnar en árið 1983 komst hún í eigu Landsvirkjunar við sameiningu Laxár- og Landsvirkjunar.¹ Mannvirki virkjunarinnar eru fremur umfangslítill enda virkjunin einungis 3,2 MW. Byggingar eru steiptar og eru málaðar í sérstökum gulum og rauðum lit. Litirnar eru fremur sterkir þó þeir séu í örlítið brúnum tónum og byggingarnar vel sýnilegar en form þeirra er fallett og stærðin brotin upp með gluggum og lóðréttu mynstri í steypunni.

Landslag Bjarnarflags er nokkuð margslungið en virkjanasvæðið liggur beggja megin við þjóðveginn. Bjarnarflagslón er eitt helsta kennimark svæðisins og skiptar skoðanir eru um framtíð lónsins, hvort það eigi að fara eða vera. Á svæðinu hefur verið stundaður iðnaður af ýmsu tagi, Kísiliðjan er hætt störfum en Léttsteypan er enn í rekstri. Uppi í hlíð fjallsins eru þó nokkuð stór svæði sem hafa verið ræktuð upp og notuð undir kartöflugarða og skammt frá Léttsteypunni eru svæði þar sem soðin eru rúgbrauð. Jarðböðin við Mývatn voru opnuð árið 2004 en áður tíðkaðist að fólk baðaði sig í Bjarnarflagslóni þrátt fyrir litla aðstöðu og gufan á svæðinu var einnig nýtt til gufubaða. Svæðið einkennist því mikið af ýmisskonar ummerkjum af manna völdum og mannvirkjum sem fylgja iðnaðarstarfsemi en náttura þess er þó einnig mjög sérstök og setur sterkan svip á umhverfið þar sem rauðbrúnar sandhæðir mæta svörtu og úfnu hrauni.

1 *Bjarnarflag*, Landsvirkjun, sótt 22. júlí 2013, <http://www.landsvirkjun.is/Fyrirtaekid/Aflstodvar/Bjarnarflag/>.



Bjarnarflagsvirkjun.



Léttsteypan. UÓ 2013.



Rúgbrauðsöfnar. UÓ 2013.

Bjarnarflag kemur til greina sem einn af framtíðar virkjanakostum Landsvirkjunar og er þá fyrirhugað að reisa 45 MW jarðvarmavirkjun og hætta rekstri 3 MW stöðvarinna. Gert er ráð fyrir að bora þurfi eina til tvær nýjar holur til að anna orkuþörf nýrrar virkjunar.² Ráðgert er að byggingarnar standi sunnan Þjóðveggar 1 og helstu byggingar svo sem stöðvarhús og kæliturnar standi í dragi suður með Námafjalli.³ Áformað er að útlit mannvirkja falli sem best að því umhverfi sem þau standa í bæði í efnis- og litavali og að útlit þeirra verði einfalt og lítið áberandi úr fjarlægð. Þegar komið er nærri byggingunum muni útlit þeirra verða skýrara og séreinkenni þeirra koma í ljós án þess að umhverfinu sé ögrað. Leitast verður eftir að fella lagnaleiðir inn í landslagið og að hlöð og vegir séu gerðir úr efnum og í litum sem falli vel að staðnum.⁴ Byggingu mannvirkja sem þessara fylgir ávallt eitthvert rask en lögð verður áhersla á að nýta uppgröft eins og kostur er sem fyllingarefni eða til landmótunar að framkvæmdum loknum.⁵ Útlitshönnun er nú á lokastigi en arkitektastofan T.ark sá um hönnun bygginga en Landslag um landmótum.

2 Hönnun, *Bjarnarflagsvirkjun 90 MWe og 132 kV Bjarnarflagslína 1 í Skútustaðahreppi: Mat á umhverfisáhrifum, matsskýrsla*, Landsvirkjun, Reykjavík, 2003, bls. i.

3 Sama heimild, bls. 44.

4 VA arkitektar, *Bjarnarflagsvirkjun 90 MWe og 132 kV Bjarnarflagslína 1 í Skútustaðahreppi: Mat á umhverfisáhrifum, viðaukar*, Landsvirkjun, 2003, viðauki 10.

5 Hönnun, *Bjarnarflagsvirkjun 90 MWe og 132 kV Bjarnarflagslína 1 í Skútustaðahreppi: Mat á umhverfisáhrifum, matsskýrsla*, bls. iii.



Fyrirætlað virkjanasvæði í Bjarnarflagi. UÓ 2013.

+ Þeistareykir

Þeistareykir er jarðhitasvæði um 25 km suðaustan við Húsavík og er eitt stærsta jarðhitasvæði á Norðausturlandi. Landsvirkjun ráðgerir að reisa þar allt að 200 MW jarðvarmavirkjun sem reist verði í 45 MW einingum. Áætlað er að bora þurfi um 40 vinnsluholur fyrir virkjuna á 15 afmörkuðum borsvæðum en nú þegar hafa verið boraðar 9 holur. Hönnun útlits er langt komin en það eru einnig T.ark og Landslag sem sjá um hönnun bygginga og landmótunar líkt og í Bjarnarflagi og er hönnun mannvirkjanna nokkuð svipuð.

Mikið flatlendi er á Þeistareykjum sem er í um 350 m hæð yfir sjávarmáli og yfirborðsvirkni á jarðhita gætir þar á stórum svæðum. Á Þeistareykjum er stunduð ferðamennska og svæðið er einnig nýtt sem afréttur fyrir sauðfjárbændum í Þingeyjasveit.¹ Á svæðinu er gamall skáli sem opinn er almenningi og er talsvert notaður af ferðafólki allt árið um kring en skálinn er upphitaður með jarðhitavatni. Landslag Þeistareykja er fremur flatt en einkennist af ótrúlegri litadýrð vegna yfirborðsvirkni jarðhita sem og grónum þúfóttum mómum. Á sumrin verður svæðið mjög grænt yfirlits og andstæðir litir rauðleitu jarðhitasvæðanna og grænu móanna kallast á. A-laga skálinn sem sést á mynd hér á næstu síðu setur einnig sterkan svip á svæðið þar sem hann sést víða að.

1 Mannvit verkfræðistofa, *Þeistareykjavirkjun, allt að 200MWe jarðhitavirkjun í Þingeyjasveit og Norðurþingi: Mat á umhverfiáhrifum, matsskýrsla*, Landsvirkjun, án útgáfustaðar, 2011, bls. 1-12.



Landslag á Þeistareykjum. UÓ 2013.



Skálinn á Þeistareykjum. UÓ 2013.

+ Orkuveita Húsavíkur

Rétt fyrir utan Húsavík, á Hrismóum, er að finna Orkuveitu Húsavíkur. Þar voru¹ framleidd 1,7 MW af rafmagni til ársins 2008 en virkjunin tók til starfa árið 2000 og annaði hún þá um 70% af orkuþörf Húsavíkur á meðan hún var í gangi. Virkjunin var teiknuð af OG arkitektum árið 1999 og samanstendur af orkustöð, tengistöð og miðlunargeymi. Árið 2001 hlaut orkustöðin viðurkenningu á Orkuþingi fyrir mannvirki í flokki smárra orkuvera sem félli best að umhverfinu.²

Bygging orkumstöðvarinnar er áklædd bygging og er skipt í tvo hluta, þann sem geymir vélar annars vegar og þann sem snýr að mannlegum þörfum hinsvegar.³ Byggingin hefur hallandi þök en hlutunum tveimur er skipt með mjög einkennandi hvössum þaklugga og klæðning veggflatanna er látin halla hornrétt á þakhallan sem hefur þau áhrif að svo virðist sem þaklugginn gægist upp úr sprungu milli hlutanna tveggja.

1 Guðrún Erla Jónsdóttir, „Rafmangsframleiðsla frá jarðvarmaorku“, tölvupóstur til höfundar 17. september 2013.

2 *Orkuveita Húsavíkur*, OG arkitektastofan, sótt 30. júlí 2013, http://www.arkitektastofan.is/index.php?option=com_content&task=view&id=82&Itemid=121.

3 Garðar Guðnason arkitekt, munnleg heimild, 1. ágúst 2013.



Orkumistöð Orkuveitu Húsavíkur.



Smærri mannvirki við Orkuveitu Húsavíkur.



Virkjunin að kvöldlagi.

Borholuhús og hljóðdeyfar

Borholuhús ásamt hljóðdeyfum eru meðal þeirra mannvirkja sem tilheyra jarðvarmavirkjunum. Þau eru staðsett á borsvæðum innan borteiga, eitt eða fleiri á hverjum borteig. Húsin eru einskonar skýli sem sett eru yfir borholutoppa til að verja þá fyrir hnjaski af völdum veðurfars og eru séríslenskt fyrirbæri þar sem ekki er þörf fyrir skýli af þessu tagi yfir borholur jarðvarmavirkjana erlendis enda virkjanirnar yfirleitt staðsettar á svæðum þar sem loftslag er hlýrra og óhætt er að láta borholutoppa standa undir berum himni. Hér á landi eru virkjanir af þessu tagi hinsvegar oft á snjóþungum og veðrasömum svæðum og til þess að hægt sé að stunda mælingar og sinna borholunum þarf að byggja yfir þær skýli til að auðvelda aðgengi og verja borholutoppa.¹ Í flestum virikjunum eru þessi skýli af svokallaðari kúluhúsagerð og svipuð í útliti að undanskildum Reykjaness og Svartsengisvirkjun og Orkuveitu Húsavíkur. Í Reykjanessvirkjun voru húsin sérhönnuð út frá arkitektúr virkjunarinnar. Í Svartsengi eru hinsvegar ekki eiginleg hús yfir borholurnar heldur eru holurnar grafnar niður og einskonar hlífar eru yfir úr áli sem mynda lága strúktúra í ólíkum formum.

1 Kristján Einarsson, munnleg heimild, júní 2013.



Borholuhús við Reykjanessvirkjun. UÓ 2013.



Borholuhús við Svartsengi. UÓ 2013.



Færanlegur hljóðdeyfir ásamt steypum hljóðdeyfi í Bjarnarflagi.



Reykjanesvirkjun.



Hljóðdeyfir við Svartsengi.

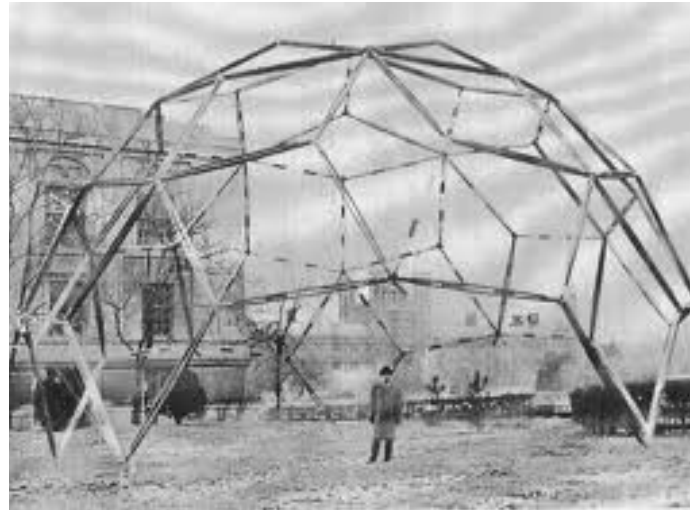
Háhitaborholur í rekstri eru ávallt tengdar hljóðdeyfi. Á meðan borholur eru í blæstri eru þær tengdar færanlegum hljóðdeyfi. Hljóðdeyfar eru yfirleitt sívalingslaga úr Korten-stáli með grjótfyllingu en Korten stálið er fljótt að veðrast og verður skellótt af útfellingum frá gufunni sem upp rýkur upp og áferðin verður grófari. Veðrunin hefur þó yfirleitt í för með sér að mannvirkið fellur betur inn í umhverfið en ella og verður áhugavert ásyndar. Tilraunir hafa verið gerðar með sameiginlega steypa hljóðdeyfa sem sinna fleiri en einni borholu en skiptar skoðanir eru á hvort þeir sinni hlutverki sínu nægilega vel eður ei.² Í Svartsengi er hleðsla í kringum hljóðdeyfana og þeir liggja fremur lágt og eru lítið áberandi. Í Reykjanesvirkjun eru hljóðdeyfarnir frábrugðnir öðrum hljóðdeyfum en þar er notast við aðra tækni. Hljóðdeyfarnir standa fremur hátt en eru grennri en hefðbundnir hljóðdeyfar og því mun fyrirferðarminni.

+ Saga kúluhúsa

R. Buckminster Fuller var Bandarískur uppfinningamaður, arkitekt og hugsjónamaður sem hugsaði til framtíðar (futuristi) en hann er hvað þekktastur fyrir hönnun svokallaðra kúluhúsa. Fuller fæddist í Massachusetts í Bandaríkjunum árið 1895 inn í auðuga fjölskyldu frá New England. Hann gerði fjölskyldu sinni lífið leitt og var tvisvar sinnum rekinn úr Harvard háskólanum en gekk þá í bandaríska sjóherinn. Í sjóhernum öðlaðist hann mikillar tæknilegrar reynslu sem átti eftir að nýtast honum vel. Eftir stríðið stofnaði hann ásamt tengdaföður sínum fyrirtæki sem sérhæfði sig í framleiðslu létttra byggingarefna en fyrirtækið fór á hausinn örfáum árum seinna. Vinnumissirinn ásamt fleiru hafði djúpstæð áhrif á Fuller og þar sem hann stóð og íhugaði sjálfsvíg ákvað hann í stað þess að gera einskonar tilraun á sjálfum sér og sjá hvað aurlaus, óþekktur einstaklingur gæti gert sem myndi raunverulega gera gagn fyrir heiminn allan. Ein af hans helstu hugsjónum var að bæta húsakost mannkynsins og að hægt væri að byggja stærri mannvirki með sem minnstu efni og minnka þannig efnisnotkun heimsins til muna. Með aukinni tækni, hagkvæmni og þægindum vildi hann gera húsaskjól fjárhagslega aðgengilegra fyrir stærri hluta jarðarbúa. Útkoman voru kúluhús, hálfkúla úr mynstri þríhyrninga. Fyrsta kúluhúsið í fullri stærð, 49 fet í þvermál, var reist í Montreal árið 1950 en draumur Fuller var að hægt væri að fjöldaframleiða húsin, allt að 3000 hús á degi hverjum. Í dag standa kúluhús um allan heim með ólík hlutverk, skýli fyrir heimilisláusa í Afríku, yfir veðurstöðvar á vindasömum svæðum á Suðurskautinu og sem borholuhús yfir borholur jarðvarmavirkjana á Íslandi.¹

1

R. Buckminster Fuller, Design Museum, sótt 13. ágúst 2013, <http://designmuseum.org/design/r-buckminster-fuller>.



Buckminster Fuller og ýmis verkefni hans.

Í Kröfluvirkjun sem er með fyrstu stórvirkjunum á jarðgufu hér á landi stóðu borholutopparnir berir fyrstu árin en um 1980 var fyrsta skýlið yfir borholur sett upp. Skýlið teiknaði Einar Þorsteinn Ásgeirsson arkitekt en það var jafnframt fyrsta kúluhúsið sem reist var hér á landi.² Einar Þorsteinn sem rak á þessum tíma Tilraunastofu burðarforma og sérhæfði sig í þróun tjald- og hvolfbýgginga við íslenskar aðstæður. Einar var með fyrstu Íslendingum til að vekja umræður um vistvænar byggingar og skipulag og vann hart að því að opna augu Íslendinga fyrir nýstárlegum hugmyndum í húsagerð en hann er þekktastur fyrir hönnun íbúðarkúluhúsa á Hellu, Hafnarfirði og fleiri stöðum.³ Kúluhúsið sem hann teiknaði yfir borholuna í Kröflu er úr trefjaplasi og var framleitt af Fossplasti hf. á Selfossi sem framleiddi síðan fleiri kúluhús úr glæru plasti til gróðuræktunar í heimilisgörðum.⁴

Kúluhús þykja yfirleitt einkar vistvænn valkostur þar sem þau eru fremur vistvæn í framleiðslu og auðveld í samsetningu svo lítið rask verður á byggingarsvæði þeirra. Þau þola vel veður og vind, eru jarðskjálftapolin, létt og efnislítill og ódýr. Kúluhús eru jafnframt einu byggingarnar sem verða sterkbyggðari eftir því sem þær verða stærri. Þau þurfa þó traustar undirstöður því annars eiga þau á hættu að fjúka.⁵

2 „Kúluhús við Kröflu“, Þjóðviljinn, 11. febrúar 1981, bls. 13.

3 *Hugvit - Einar Þorsteinn Ásgeirsson*, Hafnarborg, 2011, sótt 18. júní 2013, <http://www.hafnarborg.is/Forsida/SYNINGAR/Yfirstandandi/lesa//372>.

4 „Kúluhús við Kröflu“, bls.13.

5 *Goedescic Dome Home Kit*, Green living, sótt 16. júní 2013, http://greenliving.lovetoknow.com/Geodesic_Dome_Home_Kit.

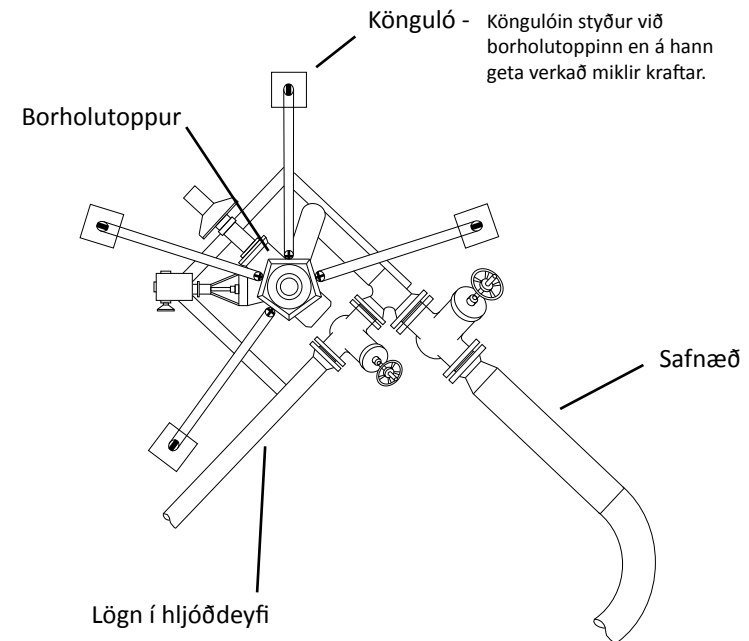


Einar Þorsteinn og vinnustofa hans í Berlín.

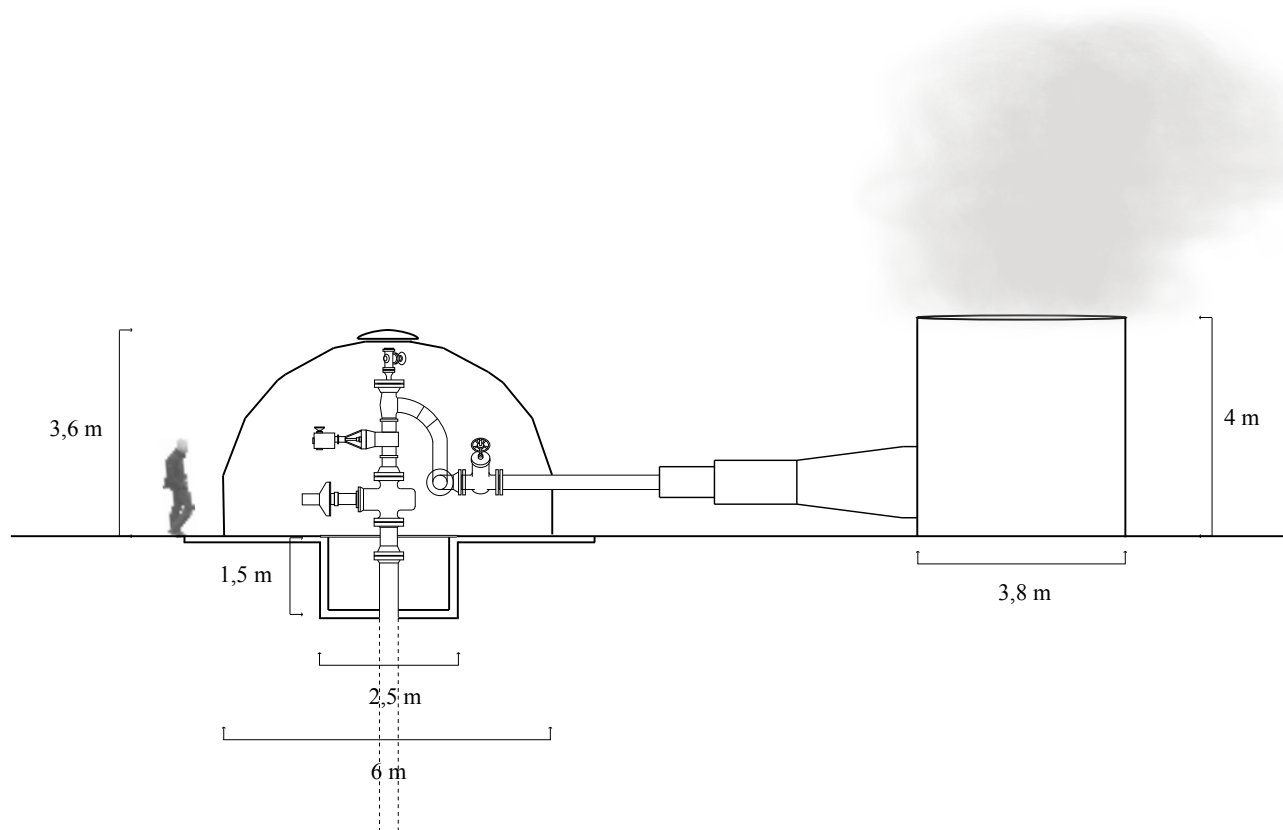
+ Innan í húsunum - stærðir og tæknileg atriði



Borholutoppur við Bjarnarflag. UÓ 2013.



Dæmigerð grunnmynd af borholu.



Dæmigert útlit af borholuhúsi og hljóðdeyfi, myndin sýnir helstu kennistærðir.

+ Mismunandi gerðir kúluhúsa

Um er að ræða þrjár gerðir kúluhúsa, tvær þeirra úr plasti en sú nýjasta úr áli. Eldri gerðirnar tvær er hægt að panta hjá Trefjum ehf. sem framleiða ýmsar vörur úr trefjaplasti. Húsin eru sérframleidd fyrir Landsvirkjun úr hitaþolnu efni sem hægt er að fá í RAL litum. Elsta gerðin sem er minnst er einungis notuð yfir svokallaðar kaldar holur sem ekki eru nothæfar til orkuframleiðslu en gætu komið að gagni síðar ef þörf er á heitu vatni til annarra nota. Minni gerðin er 7 m², 3 m í þvermál og 2,5 m á hæð en sú stærri 28,2 m², 6 m í þvermál og 3,2 m á hæð.¹

Árið 2000 var Einar Þorsteinn fenginn aftur til að teikna stækkaða og betrubættu útgáfu af kúluhúsunum. Húsin eru 6 metrar í þvermál og hæsti punkur í 3,6 metra hæð. Tveir inngangar eru að húsunum sem kemur sér vel til loftunar þegar á mælingum eða annarri vinnu stendur en gös úr gufunni eru þung og geta safnast fyrir neðarlega í húsunu. Gösin eru mjög eitruð og geta leitt til mikils varanlegs heilsutjóns og jafnvel dauða. Litlir kúlulaga gluggar eru ofarlega á húsunum til að koma dagsbirtu inn og er einn þeirra staðsettur örlítið neðar en hinir svo mögulegt sé að kíkja innan í húsin. Form húsanna er svipað að uppbyggingu og fyrri gerðin og er myndað úr blöndu fimm- og sexhyrninga. Húsin eru þó ólík þeim fyrri þar sem þau eru gerð úr áli. Álplöturnar eru rifflaðar og fletirnir ekki eins sleipir og plastið ef klifra þarf upp á húsin við mælingar.²

1 Sigrún Karlsdóttir hjá Trefjum ehf., „Kúluhús upplýsingar“, tölvupóstur til Bjarkar Guðmundsdóttur, 13. júní 2013.

2 Kristján Einarsson, munnleg heimild, júní 2013.



Eldri gerð af plastkúluhúsi í Kröflustöð. UÓ 2013.



Nýrri gerð af plastkúluhúsi.

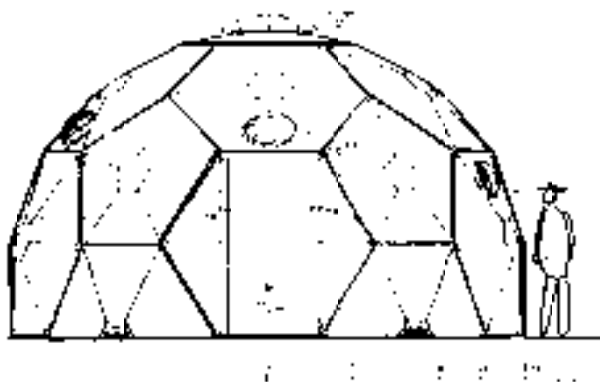


Kúluhús úr áli við Bjarnarflag. UÓ 2013.

+ Kostir og gallar

Helstu kostir kúluhúsanna eru að auðvelt er að kippa þeim af holunum þegar mikið liggur við en aðgengi að borholunni þarf að vera auðvelt. Á nýjustu gerðinni er einnig hægt að taka hluta og hluta úr forminu án þessa að húsin hrynji þegar gera þarf minni háttar aðgerðir og óþarft að taka allt húsið af borholunni. Tveir inngangar eru á nýjustu gerðinni sem gera það að verkum að auðveldara er að lofta húsin en áður var. Þá var einnig bætt við gluggum eins og áður sagði svo dagsbirta komist inn í húsin. Húsin er tiltölulega ódýr og hagkvæm og auðvelt er að panta kúluhúsin hvort sem um er að ræða eldri gerðirnar eða þá nýrri en þau eru framleidd af tveimur fyrirtækjum, plasthúsin af Trefjum en álhúsin af stálsmiðjunni Framtaki.

Húsin er hinsvegar oftast mjög sýnileg, sérstaklega að sumri til, og falla oft ekki vel að náttúrunni í kring. Einnig er galli að húsin eru allstaðar eins eða svipuð að undanskildum borholuhúsum við jarðvarmavirkjanir HS orku á Reykjanesskaga. Oft eru þau ekki í samræmi við arkitektúr virkjananna nema ef helst bæri að nefna við Kröfluvirkjun sem húsin voru upphaflega hönnuð fyrir og við Nesjavallavirkjun þar sem finna má svipuð form í arkitektúr virkjunarinnar. Dæmi eru einnig um að álhúsin séu notuð í bland við rauðu plasthúsin sem hefur í för með sér töluvert meiri sjónmengun að mati höfundar. Áferð álhúsanna mætti gjarnan vera fallegri en hún er mjög stíf og virðist ekki veðrast eins fallega og lagnirnar gera. Þótt gluggar álhúsanna hafi verið mikil framför eru þeir ekki í samhengi við form húsanna og aðeins einn gluggi staðsettur svo að hægt sé að sjá innan í húsin. Loftun er heldur ekki nægjanlega góð neðarlega í húsunum þrátt fyrir framfarir frá eldri gerðum og ef fyllsta aðgát er ekki sýnd er hætta á að starfsmenn falli í yfirlið þegar fara þarf inn í húsin vegna gassöfnunar.



Teikningar Einars af nýjustu gerð kúluhúsanna.

+ Tilraunir til umhverfisaðlögunar

Árið 2009 var unnið tilraunaverkefni á vegum Orkuveitunnar á borholuteig við Skarðsmýrarfjall í Hellisheiðarvirkjun að steina safnæðastofnæðar til að laga þær betur að umhverfinu. Við vinnslu verkefnisins kom síðan upp skyndihugmynd um að steina einnig eitt borholuhús á teignum. Notast var við grjótmulning af svæðinu sem verið var að vinna á sem síðan var malaður svo auðveldara væri að vinna með hann. Epoxy var borið á húsið og lagnirnar og mulningnum síðan sprautað á.¹

Á myndunum að neðan sést hvernig steining lagnanna og borholuhússins fellur inn í landslagið. Eins og sjá má eru borholuhúsin sem ekki hafa verið steinuð mun sýnilegri en taka verður þó með í reikninginn að myndirnar sýna einungis aðstæður að sumri til og á veturna getur landslagið breyst mikið enda svæðið nokkuð snjóþungt. Til stendur að gera tilraunir á að sá mosa í steininguna og verður spennandi að sjá hvernig þær tilraunir munu heppnast.²

1 Sigurgeir Björn Geirsson, „Steining borholuhúsa“, tölvupóstur til höfundar, 6. júní 2013.

2 Magnea Magnússdóttir, munnleg heimild, 20. júní 2013.



Steinuð lögn við Hellisheiðarvirkjun sést til lengt til vinstri. UÓ 2013.



Steinað borholuhús sést við miðju myndarinnar. UÓ 2013



Steinað borholuhús. UÓ 2013.



Steining á lög farin að skemmast. UÓ 2013.

Nú sex árum síðar lítur borholuhúsið enn þokkalega vel út en steiningin á lögnunum nokkuð látið á sjá eins og myndirnar að neðan sýna vegna veðrunar og hitaþennslu í lögnum. Veðrunin hefur í för með sér að epoxy sem er eitrað fer út í umhverfið og aðgerðirnar geta því ekki talist umhverfisvænar. Þær lagnir sem hafa verið málaðar og ekki er búið að steina eru einnig fremur illa farnar og málningin farin að flagna mikið af.

Að mála lagnirnar kostaði um 4 þúsund krónur á fermeterinn¹ en steiningin kostaði um 120 þúsund krónur á fermeterinn². Sá kostnaður er hinsvegar miðaður við tilraunaverkefni og myndi verða töluvert minni ef búið væri að þróa tæknilegri útfærslur og bjóða verkið út. Til stóð að steina fleiri lagnir við Hellisheiðarvirkjun en verkefnið datt upp fyrir en mögulegt er þó að það verði tekið upp síðar.³

3 Magnea Magnúsdóttir, „Kostnaður við málun lagna“, tölvupóstur til höfundar, 13. ágúst, 2013.

2 Magnea Magnúsdóttir, „Kostnaður á steingu“, tölvupóstur til höfundar, 18. júlí 2013.

3 Sigurgeir Björn Geirsson, munnleg heimild, 13. september 2013.



Borsvæði B-A séð frá skálanum á þeistareykjum í þoku. UÓ 2013.

+ Hvað er hægt að bæta?

Þótt kúluhúsin þjóni ágætlega sínum tilgangi er margt sem hægt er að bæta við hönnun skýla af þessu tagi. Æskilegast væri að húsin væru í samræmi við arkitektúr virkjunarinnar sem og anda svæðisins sem þau eru á. Nátturan í kringum jarðvarmavirkjanir er yfirleitt mjög kraftmikil og andi staðarins máttugur en svæðin jafnframt viðkvæm fyrir raski. Nauðsynlegt er að horft sé á borholuhúsin og hljóðdeyfana sem eina heild og samræmi sé í hönnun mannvirkja af þessu tagi. Borholutoppurinn sjálfur er áhugaverður ásýndar og mætti vera sýnilegri með fleiri gluggum eða gagnsæjum flötum svo auðveldara væri að sjá forma fyrir holutoppinum. Við Bjarnarflag og í Kröflu er dæmi um að álhúsin og rauðu plastuhúsin séu notuð í bland á sama borteig sem lítur ósnyrtilega út og svæðið vekur heldur neikvæðari athygli en ella. Rauði liturinn er ekki eins afgerandi í náttúru Bjarnarflags og í Kröflu og landslag einkennist mun frekar af brúnni tónum svo rauðu húsin eiga ekki eins vel við. Rauði liturinn er eitt helsta einkennismark Kröflustöðvar og æskilegast væri að haldið væri í rauð borholuhús á því svæði en annar litur eða stíll fundinn fyrir Bjarnarflag. Rauðu húsin eru einnig fljót að upplitast og verða þá mjög áberandi og líta ósnyrtilega út en rauði liturinn er í eðli sínu mjög erfiður hvað varðar upplitun verður fljótt vatnsbleikur. Á borteigum á Þeistareykjum og fleiri stöðum þar sem fleiri en ein borhola eru á teig var holunum raðað í oft því sem næst beina línu en æskilegra væri ef hægt væri að raða þeim á óreglulegri hátt og laga þannig betur að umhverfinu.



Borsvæði B1 við Bjarnarflag. UÓ 2013.



Upplitað borholuhús í Bjarnarflagi. UÓ 2013.

Hugmyndavinna

Við hugmyndavinnu verkefnisins var mikið horft til smárra iðnaðarstrúktúra sem og annarra minni byggingar af ýmsu tagi. Vettvangsferðir voru farnar í starfandi virkjanir og á þau svæði sem ráðgert er að virkja á og gáfu þær mikinn innblástur, bæði mannvirki og landslag. Hugað var að hvernig ólíkt landslag kallar á ólíkar lausnir og einnig hvernig hægt væri að gera mannvirkin áhugaverð fyrir almenning því vönduð mannvirki geta verið aðdráttarafl fyrir ferðamenn sem annars eru yfirleitt talin til sjónmengunar. Aðlögun að landslagi er þó ekki það eina sem taka þarf til greina heldur er einnig mikilvægt að byggingarformið sé rökrétt framhald af því samfélagi og menningu sem finna má á svæðinu.

+ Innblástur frá iðnaðarmannvirkjum

Ljósmyndir af iðnaðarmannvirkjum í smærri skala vöktu strax áhuga í upphafi verkefnisins og þá sérstaklega ljósmyndir hjónanna Bernds og Hillu Becher. Becher hjónin eru þýsk og hafa gefið út fjölda ljósmyndabóka. Viðfangsefni þeirra voru ýmisskonar mannvirki tengd iðnaði, eins eða svipuð í hönnun. Svo mannvirkin fengju örugglega að njóta sín höfðu þau mikið fyrir að ekkert hefði truflandi áhrif á myndefnið og tóku myndirnar ávallt að vetri til og í stilltu alskýjuðu veðri. Form mannvirkjanna er því öruggt aðalatriði myndanna og þegar áhorfandinn horfir fer hann óhjákvæmilega bera þau saman og dæma út frá fagurfræðilegum sjónarmiðum.¹

Aðrar ljósmyndir af iðnaðarmannvirkjum vöktu einnig innblástur og var þá aðallega horft til efnis og forms og hvernig til tækist að brjóta formið upp. Hafa ber þó í huga að hægt er að taka fallegar ljósmyndir af mannvirkjum sem þykja ljót eða falla illa að umhverfi sínu og þó að um fallega ljósmynd sé að ræða er ekki alltaf þar með sagt að mannvirkið sé vel heppnað.

1 *Hilla Becher*, MoMA, sótt 7. ágúst 2013, http://www.moma.org/collection/artist.php?artist_id=809.



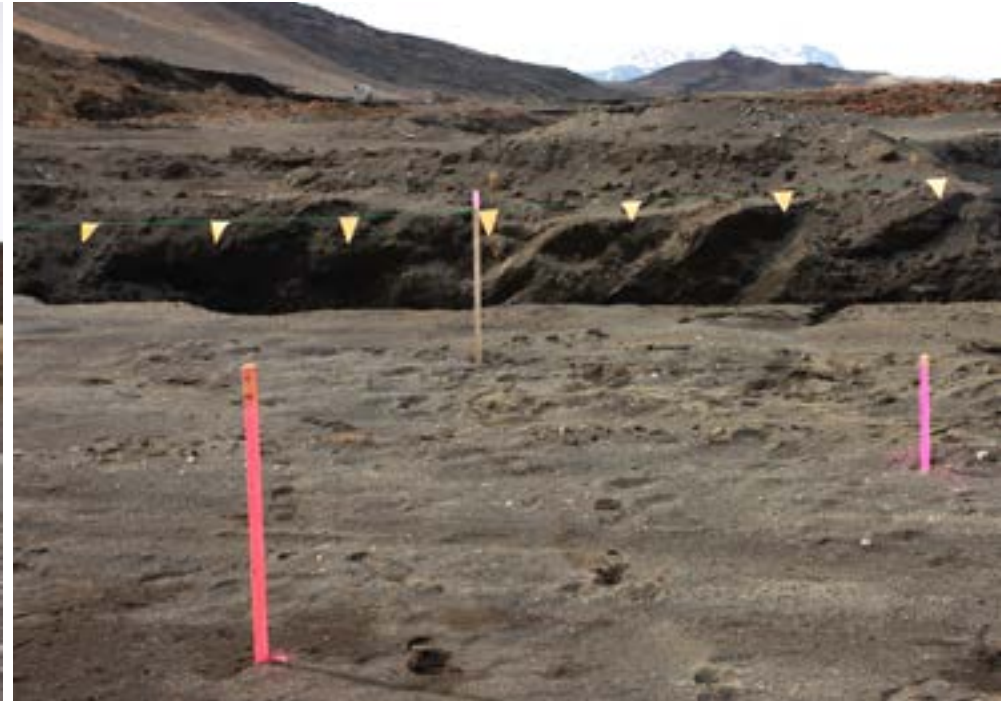
Vatnstankar, ljósmyndverk eftir Bernd og Hillu Becher.

+ Innblástur frá vettvangsferðum

Vettvangsferðir á virkjanasvæðin veittu mikinn innblástur, bæði virkjanamannvirkin og landslag svæðanna. Útfellingar við hljóðdeyfa á borholuteig í Bjarnarflagi eru einkar fallegar sem og form lagnanna. Áferðin er afar lifandi og litirnir fallegir og falla vel að umhverfinu. Steyptir fletir á sameiginlegum hljóðdeyfi hafa veðrast fallega og saman fengu mannvirkin á sig mjög líflegt og óheflað yfirbragð. Verkfræðingum sem með voru í för þóttu myndefnið hinvegar ekki spennandi og voru ekki hrifnir af útfellingunum sem lögðust á lagnirnar en möguleiki er á að þær geti valdið skemmdum á efninu sem þær setjast á ef vatn nær að smjúga á milli útfellinganna og efnisins. Áferð og litur áklæddra safnæða í Bjarnarflagi og Kröflu er einnig mjög falleg. Lagnirnar hafa fengið á sig gylltan blæ en áferðin er mött sem fer umhverfinu einstaklega vel. Undirstöður lagnanna sem eru úr járni og steypu sem falla jafnframt vel að landslaginu ásamt því að hafa iðnaðarlegt yfirbragð. Riðbrúni liturinn á járninu fer vel við rauðbrúna tóna í landslaginu og steypan sem er heldur í grófara lagi er dökk en örlítið mosagróin og smituð af ryðguðu járninu. Stikur sem afmarka byggingareiti og vegstæði á vinnusvæðum í Bjarnarflagi vöktu athygli. Stikurnar sem þurfa að vera vel sýnilegar eru málaðar í skærum litum sem voru skemmtileg andstæða við umhverfið.



Útfellingar við hljóðdeyfi við borteig X í Bjarnarflagi. UÓ 2013.



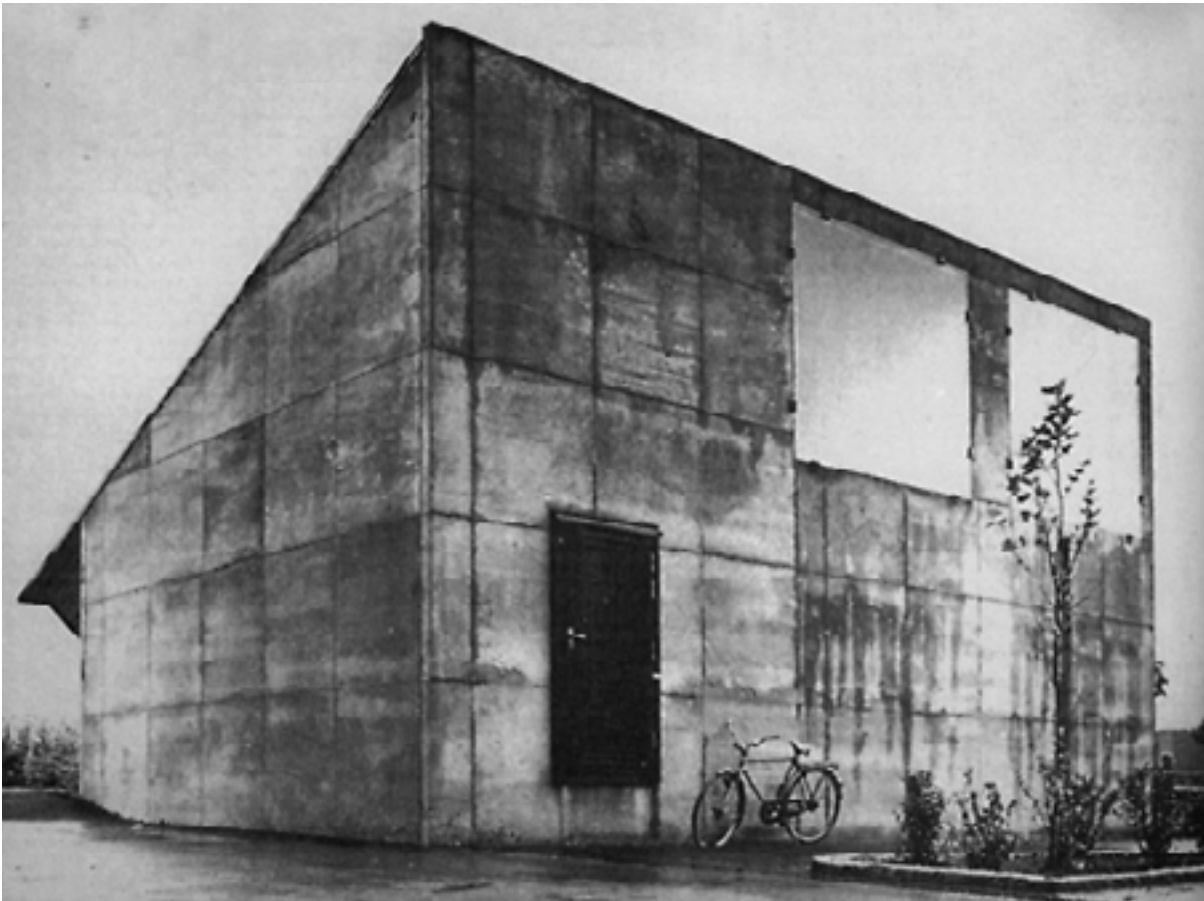
Skærlitar stikur í Bjarnarflagi. UÓ 2013.



Safnæð í Bjarnarflagi. UÓ 2013.

+ Annar Innblástur

Innblásturs var leitað að frá öllum áttum og ýmisskonar mannvirki skoðuð. Stök mannvirki sem standa í víðerni eða sérstæðu umhverfi vökti mikla athygli og voru þau skoðuð út frá formi og efni og hvað það væri sem gerði þau áhugaverð. Önnur mannvirki sem vöktu áhuga voru þau sem eru á einhvern hátt í mótsögn við umhverfi sitt en vekja samt sem áður athygli og áhuga og mynda áferðarfallega sýn í landslagi. Sum mannvirki geta haft þann kost að mynda áhugaverða staði og gera eyðileg svæði að sérstökum stað með því að mynda eigið rými eða ramma inn landslag. Fleiri mannvirki vöktu einnig innblástur með tilliti til efnisvals, byggingar sem eru jafnvel hefðbundar að formi en efnisvalið er sérstakt og gerir bygginguna áhugaverða og lætur hana skera sig frá öðrum byggingum svipuðum að formi í kring.



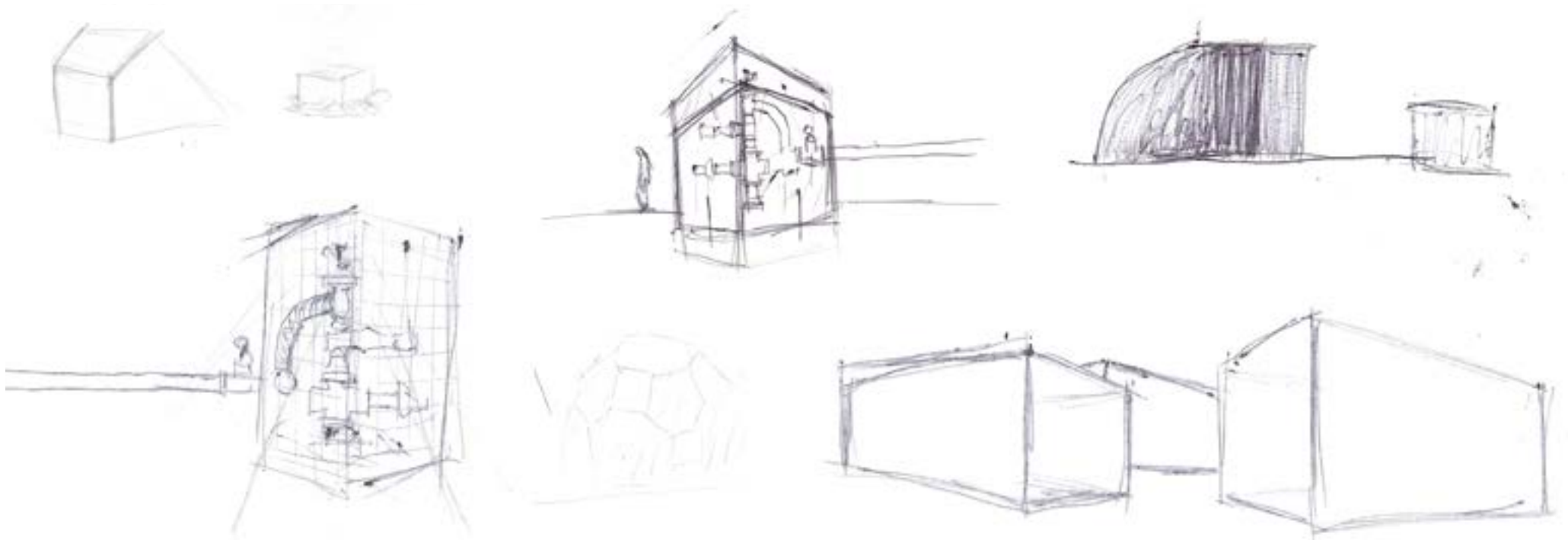
Innblástur af ýmsu tagi.



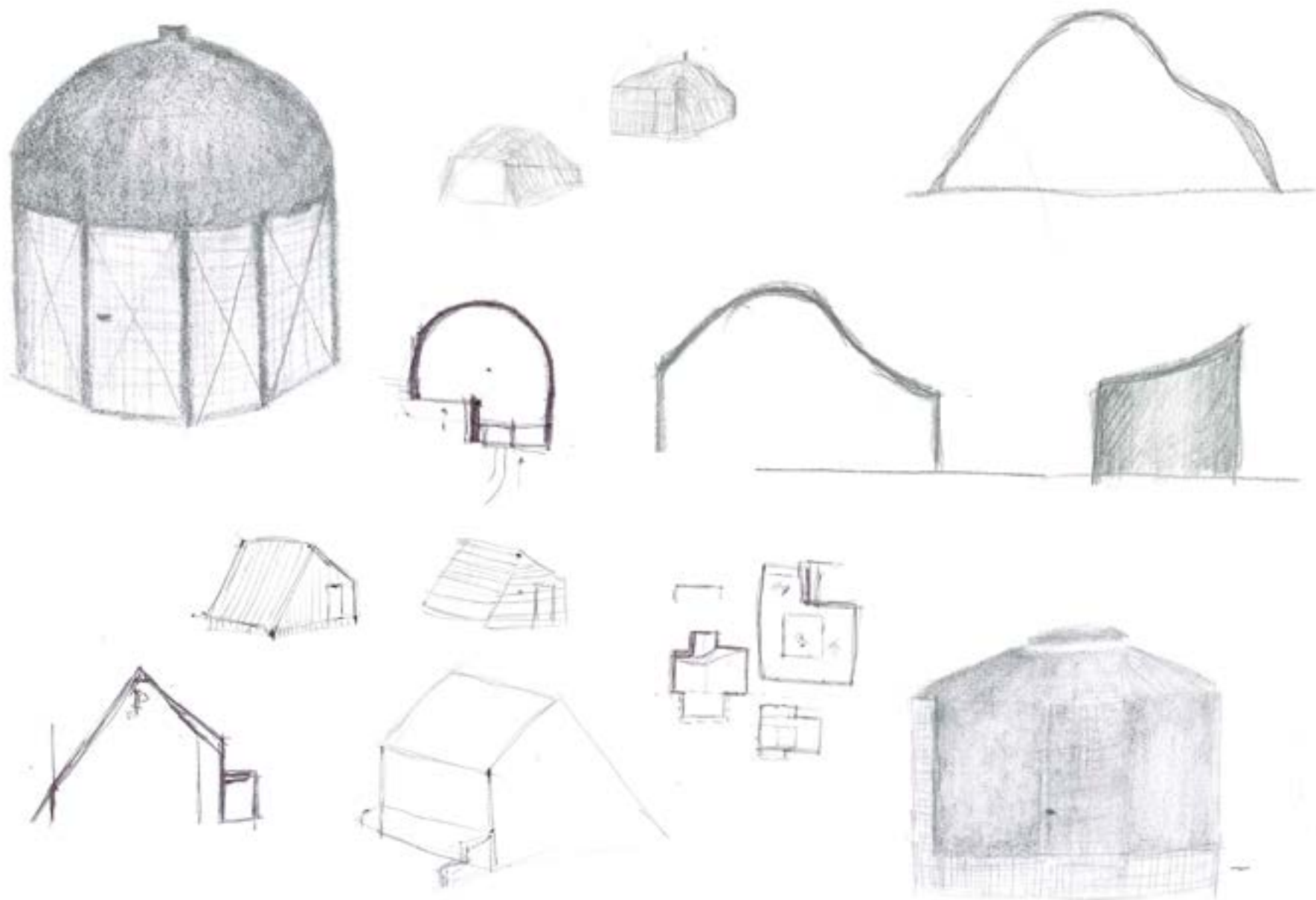


Hönnun

Það var að mörgu að huga við hönnun nýrra hugmynda að skýlum yfir borholutoppuna og reynt var eftir fremsta megni að hafa öll þau atriði sem hér áður voru nefnd í huga við hönnunina. Eins og áður var fjallað um er æskilegast að borholuhúsin séu í takt við hönnun virkjananna sem þau heyra til en hér var hinsvegar ekki tekið til tillit til þessa þó mjög svo mikilvæga atriðis en endanleg hönnun mannvirkja liggur ekki fyrir nema í Bjarnarflagi. Þess í stað var horft til mannvirkja sem þar eru fyrir sem og helstu einkenni landslags og reynt að laga hönnunina að þeim þáttum eins og kostur var þar sem hvert svæði var skoðað fyrir sig, Krafla, Þeistareykir og Bjarnarflag. Horft var á hönnun borholuhúsanna og hljóðdeyfa sem eina heild og samræmi haft í hönnun mannvirkjanna. Fyrirframgefnar stærðir tæknilegra atriða voru notaðar til viðmiðunar á stærðum húsanna. Hugað var að húsin þyrftu að veita vörn gegn veðri auk þess sem að loftun við borholutoppinn þyrfti að vera góð. Einnig var litið til þess að auðveldlega þyrfti að vera hægt að kippa húsunum af borholutoppunum í neyðartilfellum og að aðgengi að borholutoppnum þyrfti að vera gott. Fjöldi hugmynda komu upp í ferlinu bæði hvað varðar form og efni og verða nokkrar þeirra kynntar hér á næstu blaðsíðum.

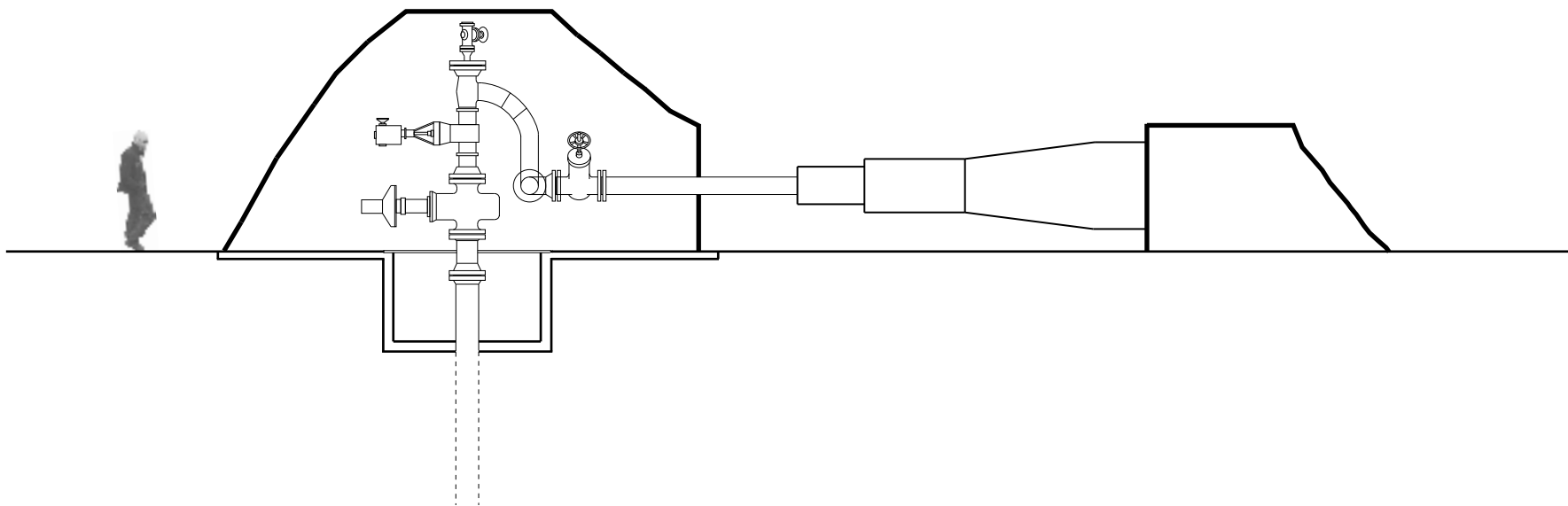


Ýmsar skissur frá vinnuferlinu.



+ Bjarnarflag

Í Bjarnarflagi eru ummerki um iðnaðarstarfsemi mörg en náttúran jafnframt mjög falleg og sérstök og var reynt að taka tillit til beggja þátta við hönnunina. Ákveðið var að taka mið af mjúkum formum hliðanna í kring og láta húsin þannig falla að landslaginu í kring en að efnisvalið hefði yfir sér iðnaðarlegra yfirbragð og varð Korten-stál fyrir valinu. Efnið fellur að vel að umhverfinu en hefur þó yfir sér mjög iðnaðarlegt og óheflað yfirbragð. Korten stálið myndar einskonar lífræna skel yfir borholutoppinn en stálgrindur klæða þær hliðar sem skelin hylur ekki og frá þeim hliðum er hægt að sjá móta fyrir skemmtilegu formi borholutoppsins. Grindurnar gera það einnig að verkum að vel loftar um húsin. Form hljóðdeyfisins er svipað formi hússins og fær einnig á sig lífrænt yfirbragð.

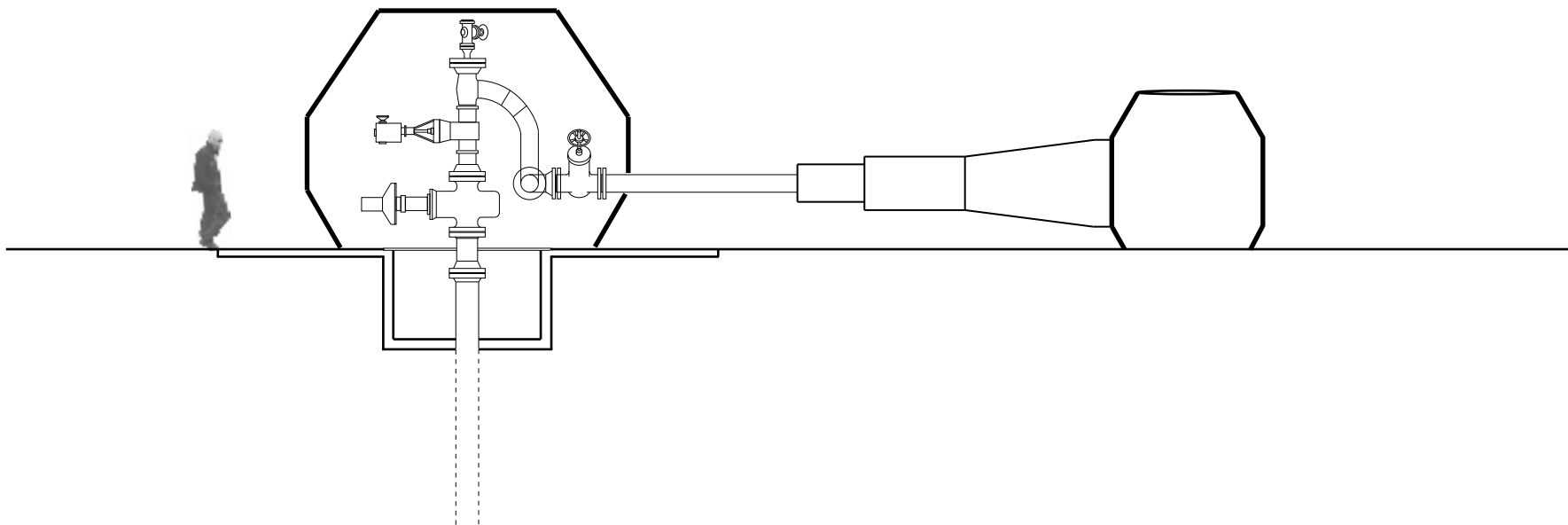




Tillaga að borholuhúsi og hljóðdeyfi við Bjarnarflag.

+ Krafla

Kúluhús Einars voru eins og áður kom fram í upphafi hönnuð yfir borholutoppa í Kröfluvirkjun og eru flest mjög svipuð í uppbyggingu. Uppbygging kúluhúsa getur hinsvegar verið mjög mismunandi með margskonar formum sem er mjög áhugavert skoða. Gaman væri því ef ný kúluhús væru byggð úr ólíkum formum og þegar fleiri en eitt kúluhús standa saman á borteig væri áhugavert ef húsin væru jafnvel ekki öll eins og hægt væri að skoða ólíka uppbyggingu kúluhúsa. Hér hefur eitt form kúluhúsa verið skoðað og sett í búning borholuhúss en formið er samsett er úr þremur gerðum strendingum, átthyrningum, sexhyrningum ásamt ferhyrningum. Húsin eru hugsuð úr áli sem hefur veðrast mikið og fengið á sig þann fallega matta gyllta lit sem veðruninni fylgir. Húsin líkjast þannig nokkurskonar gylltum demöntum í umhverfinu. Þar sem ferhyrningar koma fyrir í formi hússins er sett glært plast í stað áls en þeir eru bæði í augnhæð og ofarlega á húsinu svo þær nýtast bæði til inntöku á birtu sem og sem gæjugöt fyrir forvitna vegfarendur. Hljóðdeyfir er hafður í samræmi við húsin, einnig úr áli og sexhyrndur.

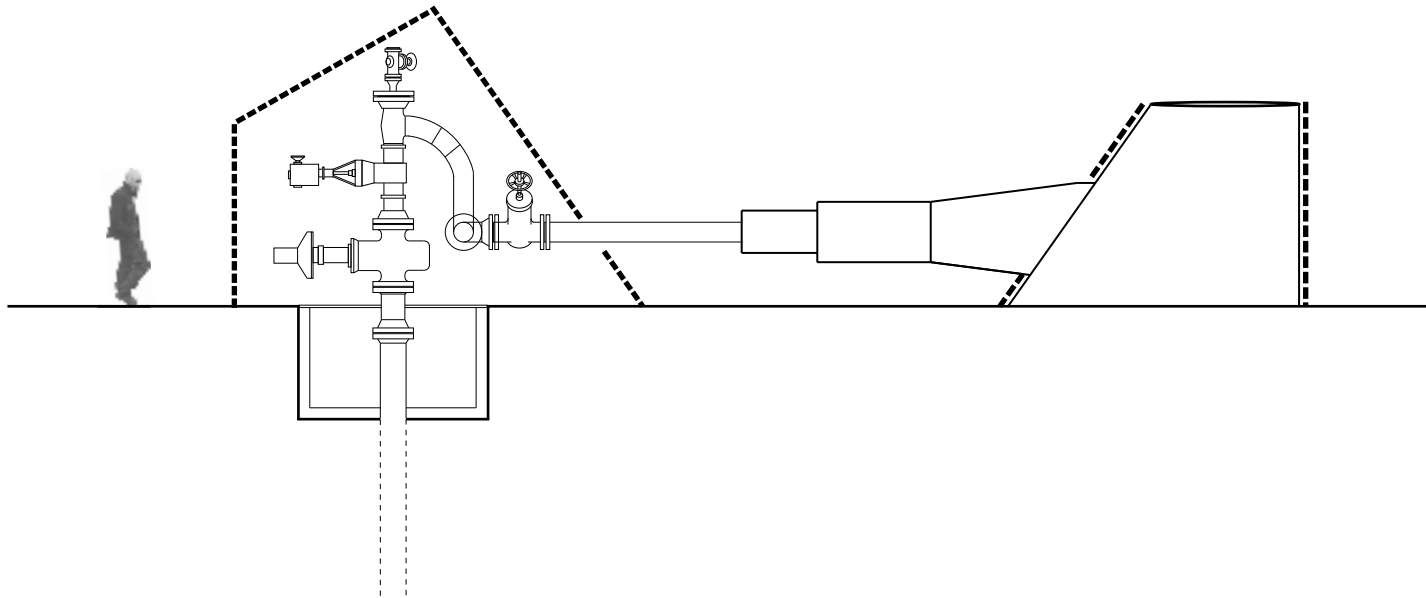


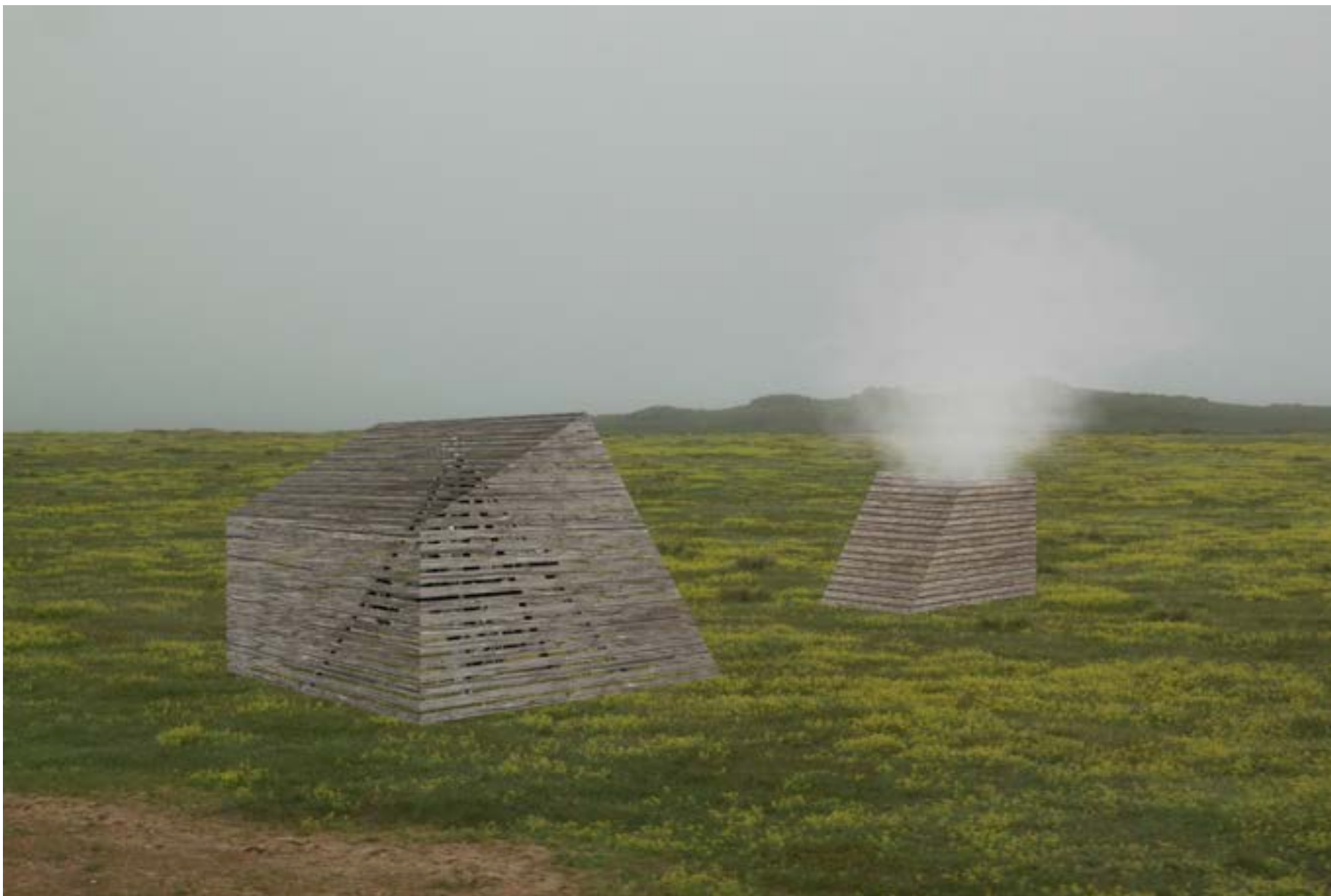


Tillaga að borholuhúsi og hljóðdeyfi við Kröflu.

+ Þeistareykir

Við hönnun borholuhúsa á Þeistareykjum var horft til þjóðlegra og hefðbundinna byggingaforma og veitti skálinn á svæðinu ásamt gömlu útihúsi í grennd við hann mikinn innblástur að formi húsanna. Húsin eru gerð úr íslensku timbri, til dæmis alaskaösp sem sótt væri úr næsta nytjaskógi, en vistvæni var haft að leiðarljósi í efnisvali. Timbrið, sem er látið veðrast, liggur lárétt með örlítlu bili á milli til loftunar og hægt er að sjá móta fyrir borholuhausnum fyrir innan. Húsin minna þannig um margt á þurrkhúsin sem enn er hægt að sjá víða um landið. Bil á milli fjala má hinsvegar ekki vera svo breitt að hætta sé á að snjór safnist saman innan í húsunum en borholutoppurinn gefur frá sér nokkurn hita sem bræðir frá sér og hefur jákvæð áhrif. Ef húsin standa þannig að hætta á snjósöfnun er mikil og/eða holutoppurinn gefur ekki frá sér nægan hita til bræðslu væri mögulegt að klæða húsið að innan með glæru plasti eða minnka bil milli fjala. Hljóðdeyfirinn tekur form af borholuhúsinu en formið er speglað andspænis hallandi vegg borholuhússins og toppurinn skorinn af til að fá láréttan flöt. Á grænum svæðum mætti svo gera tilraunir til að láta staðargróður vaxa yfir mannvirkin og þekja þau að hluta eins og sjá má á mynd á næstu opnu.





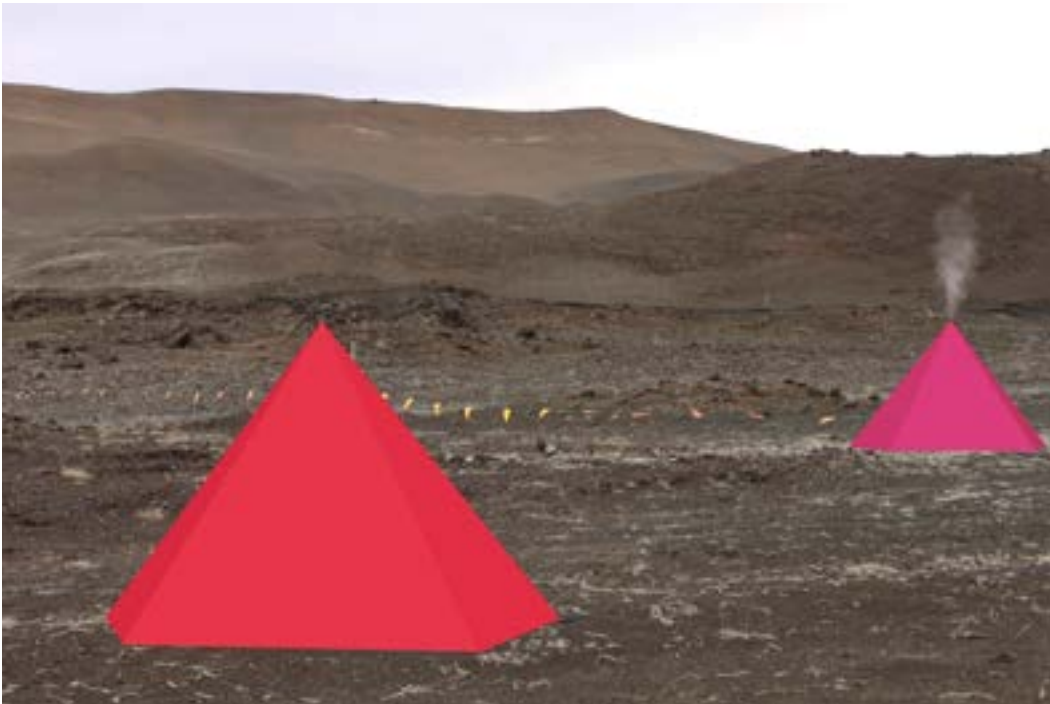
Tillaga að borholuhúsi og hljóðdeyfi við Þeistareyki.



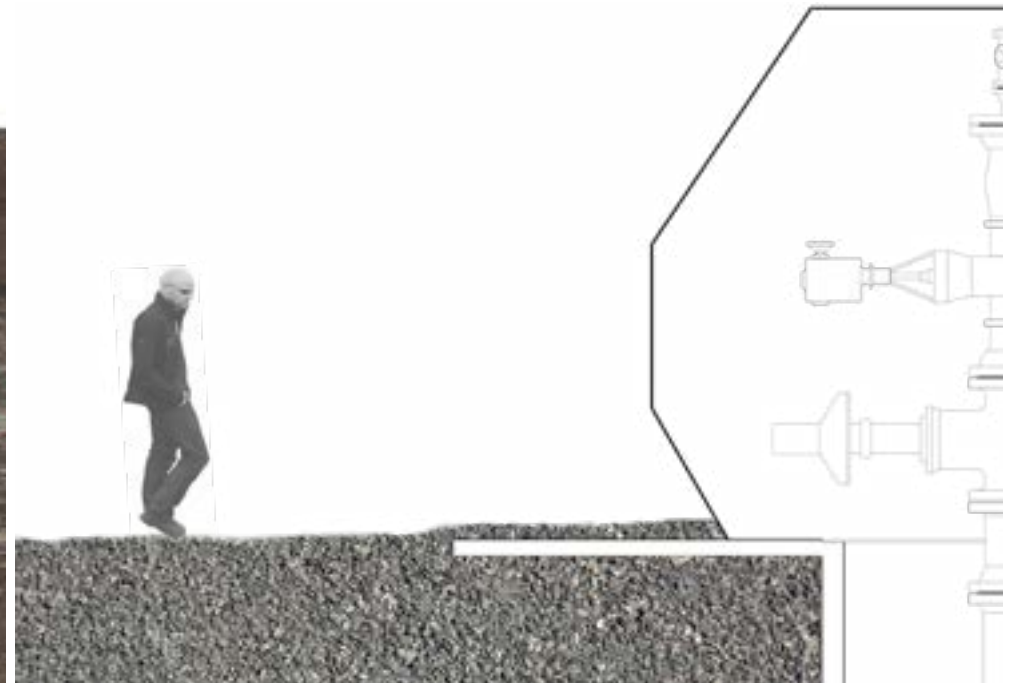
Sama tillaga sýnd þar sem staðargróður hefur náð að vaxa upp eftir mannvirkjunum.

+ Aðrar hugmyndir

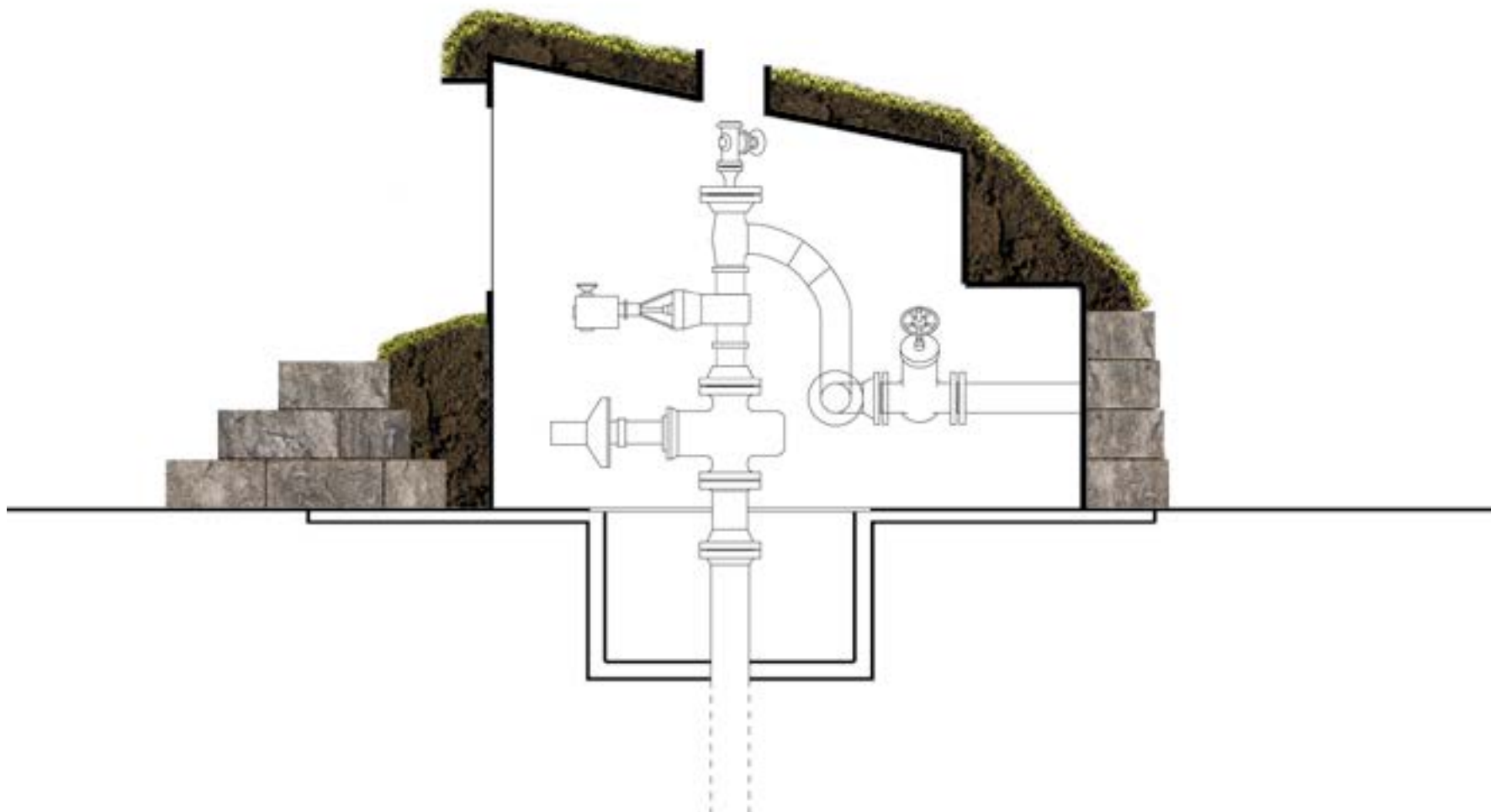
Fleiri hugmyndir komu upp í ferlinu sem voru misróttækar. Sú sem gekk lengst hvað sýnileika varðar var hugmynd sem spratt úr frá innblæstri frá skærlituðum stikum og flöggum í Bjarnarflagi og sést á mynd hér að neðan þar sem bohóluhúsin mynda einskonar keilur í skærum litum. Möguleiki væri einnig að ef um er að ræða fleiri en eina bohólu á borteig væri hægt að hafa eina keiluna í skærum lit en hinar úr efni eða lit sem félli betur inni í umhverfið. Óreglulegri form voru einnig skoðuð og þróuð áfram og má sjá niðurstöðu þeirrar vinnu hér á næstu opnu en sú hugmynd var útfærð úr hálfgagnsæu plasti. Steypt plön sem gerð eru í ferhyrning í kringum bohólutoppuna gægjast yfirleitt út fyrir kúluhúsin og eru oft fremur áberandi en upp kom hugmynd um að hægt væri að leggja jarðveg yfir steypa planið og upp að húsunum til bættrar ásýndar og sést sú lausn hér að neðan. Jafnframt var skoðað hvernig hægt væri að að nota hleðslugrjót og jafnvel torf til að minnka sýnileika húsanna sem sjá má á sneiðingu á næstu opnu en með því móti væru húsin að vísu þyngri og erfiðara að færa þau úr stað ef þess þyrfti.



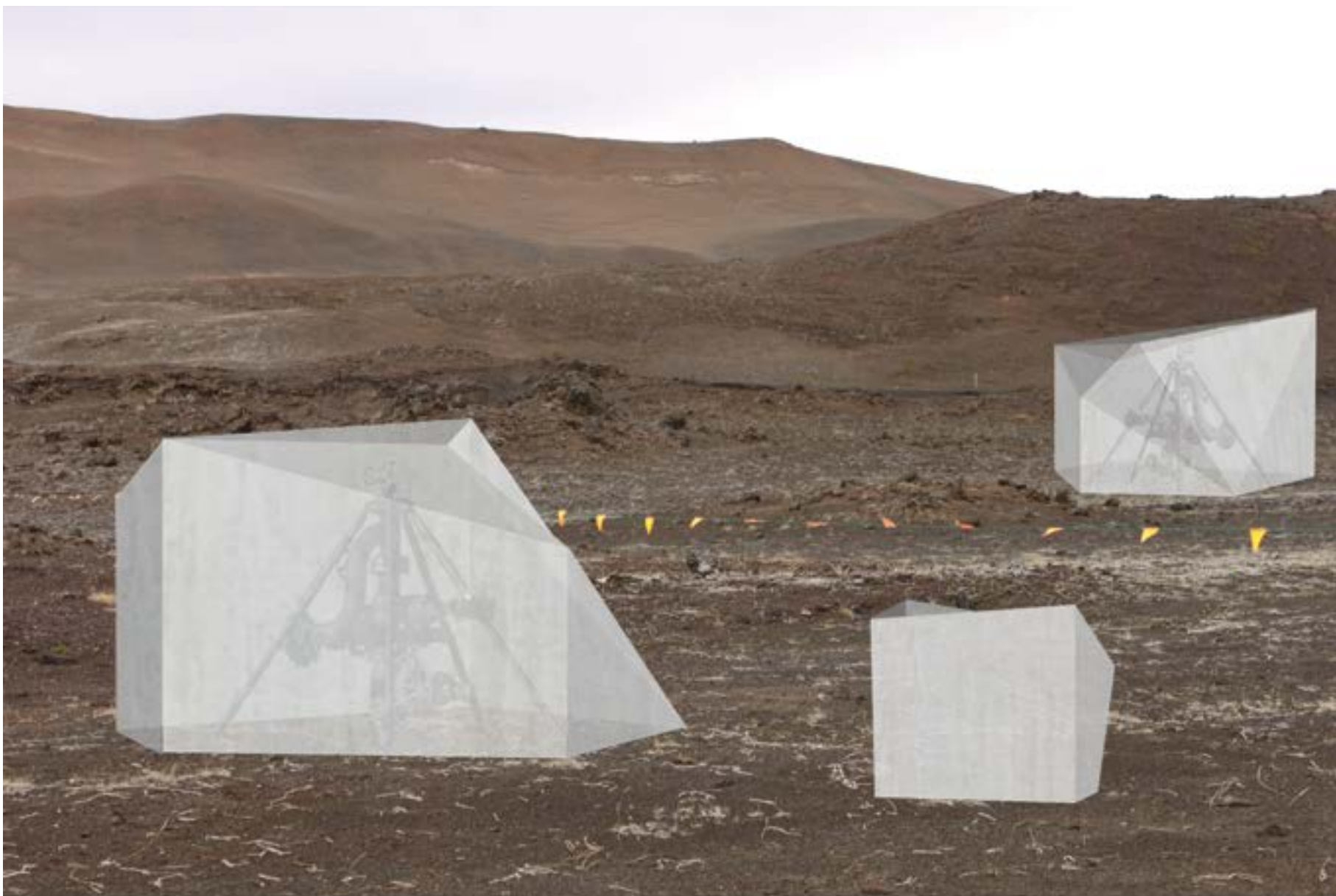
Skærlitaðar keilur úr plasti settar yfir bohólu.



Jarðvegur lagður yfir steypit plön.



Sneiðing af hugmynd þar sem borholuhús er löguð að umhverfinu með tilhoggnu hleðslugrjóti og torfi.



Borholuhús mynda óregluleg form úr hálfgagnsæju plasti.

Samantekt

Tilgangur verkefnisins var að skoða borholuhús og hljóðdeyfa með tilliti til útlits, forms, litavals, áferðar og staðsetningu og koma með nýjar hugmyndir um útlit eða mótvægisaðgerðir. Vettvangsferðir í virkjanirnar voru verulega hjálplegar til að dýpka skilning á hversu ólík virkjanasvæði geta verið bæði hvað varðar landslag og mannvirki. Arkitektúr virkjana snýr fyrst um fremst að útliti mannvirkjanna en flestar stærðir ráðast af vélum og öðrum tækni búnaði og eru ákvarðaðar af verkfræðingum en hlutverk arkitektsins er að byggja einskonar skeljar yfir þá hluta sem ekki geta staðið undir berum himni. Tvö megin sjónarmið eru við hönnun iðnaðarmannvirkja, að gera mannvirki torsýnileg og fella eins og kostur er að umhverfinu annars vegar en hinsvegar að gera mannvirkin áberandi, undirstrika iðnaðarlegt hlutverk þeirra og gera jafvel að áhugaverðum áfangastað. Ekki er þó þar með sagt að þessi tvö sjónarmið geti ekki farið saman og vel hægt að búa til mannvirki sem eru áhugaverð en falla samt sem áður vel að umhverfi sínu. Jarðvarmavirkjanir hér á landi eru yfirleitt staðsettar í mjög fallettri og sérstakri ósnortinni náttúru og afar mikilvægt að vandað sé til verka við útlitshönnun mannvirkja enda mannvirkin einn af helstu neikvæðu umhverfisþáttur virkjana af þessu tagi. Kúluhúsin hafa sinnt sínum tilgangi ágætlega en eru þó frekar einsleit og æskilegra væri ef skýli yfir borholutoppa og hljóðdeyfar væru í takt við arkitektúr virkjananna sem þau heyra til og tekið væri tillit til náttúru, sögu og samfélags hvers svæðis fyrir sig. Með því er hægt að draga úr sjónmengun mannvirkjanna og gera svæði umhverfis virkjunina áhugaverð og sérstök og jafnvel að skemmtilegum áfangastað forvitinna ferðamanna.

Heimildaskrá

Bjarnarflag, Landsvirkjun, sótt 22. júlí 2013, <http://www.landsvirkjun.is/Fyrirtaekid/Aflstodvar/Bjarnarflag/>.

Björk Guðmundsdóttir, „Hljóðvist - texti“, tölvupóstur til höfundar, 25. júní 2013.

Bláa lónið fékk þekkingarverðlaunin, Morgunblaðið, sótt 12. ágúst 2013, http://www.mbl.is/vidskipti/frettir/2013/02/20/blaa_lonid_fekk_thekkingarverdlaunin/.

Garðar Guðnason arkitekt, munnleg heimild, 1. ágúst 2013.

Garðar Guðnason arkitekt, símtal, 22. júní 2013.

Goedesic Dome Home Kit, Green living, sótt 16. júní 2013, http://greenliving.lovetoknow.com/Goedesic_Dome_Home_Kit.

Geothermal Energy, Britannica, sótt 26. júlí 2013, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/230403/geothermal-energy>.

Guðrún Erla Jónsdóttir, „Rafmangsfraðsla frá jarðvarmaorku“, tölvupóstur til höfundar 17. september 2013.

Hilla Becher, MoMA, sótt 7. ágúst 2013, http://www.moma.org/collection/artist.php?artist_id=809.

Hugvit - Einar Þorsteinn Ágeirsson, Hafnarborg, 2011, sótt 18. júní 2013, <http://www.hafnarborg.is/Forsida/SYNINGAR/Yfirstandandi/lesa/372>.

Hönnun, *Bjarnarflagsvirkjun 90 MWe og 132 kV Bjarnarflagslína 1 í Skútustaðahreppi: Mat á umhverfisáhrifum, matsskýrsla*, Landsvirkjun, Reykjavík, 2003.

Íslenskur samtíma landslagsarkitektúr á EXPÓ í Kína, Norrænahúsið, sótt 23. júlí, <http://www.nordice.is/vidburdir/syningar/vidburdir/nr/430>.

Kristján Einarsson, munnleg heimild, júní 2013.

Kröflustöð, Landsvirkjun, sótt 22. júlí 2013, <http://www.landsvirkjun.is/Fyrirtaekid/Aflstodvar/kroflustod>.

„Kúluhús við Kröflu“, Þjóðviljinn, 11. febrúar 1981, bls. 13.

Magnea Magnúsdóttir, „Kostnaður á steiningu“, tölvupóstur til höfundar, 18. júlí 2013.

Magnea Magnúsdóttir, „Kostnaður við málun lagna“, tölvupóstur til höfundar, 13. ágúst, 2013.

Magnea Magnúsdóttir, munnleg heimild, 20. júní 2013.

Mannvit, *Kröfluvirkjun II, allt að 150 MW jarðhitavirkjun við Kröflu í Skútustaðahreppi: Mat á umhverfisáhrifum, matsskýrsla*, Landsvirkjun, án útgáfustaðar, 2010.

Mannvit verkfræðistofa, *Þeistareykjavirkjun, allt að 200MWe jarðhitavirkjun í Þingeyjasveit og Norðurþingi: Mat á umhverfisáhrifum, matsskýrsla*, Landsvirkjun, án útgáfustaðar, 2011.

Nesjvallavirkjun, Orkuveita Reykjavíkur, sótt 22. júlí 2013, <https://or.is/UmOR/Veiturogveitusvaedi/Virkjanir/Nesjvallavirkjun/>.

Orkuveita Húsavíkur, OG arkitektastofan, sótt 30. júlí 2013, http://www.arkitektastofan.is/index.php?option=com_content&task=view&id=82&Itemid=121.

R. Buckminster Fuller, Design Museum, sótt 13. ágúst 2013, <http://designmuseum.org/design/r-buckminster-fuller>.

Reykjanesvirkjun, OG arkitektastofan, sótt 15. júlí 2013, http://www.arkitektastofan.is/index.php?option=com_content&task=view&id=79&Itemid=121.

Sigrún Karlsdóttir hjá Trefjum ehf., „Kúluhús upplýsingar“, tölvupóstur til Bjarkar Guðmundsdóttur, 13. júní 2013.

Sigurðir Björn Geirsson, „Steining borholuhúsa“, tölvupóstur til höfundar, 6. júní 2013.

Sigurðir Björn Geirsson, munnleg heimild, 13. september 2013.

Snorri Björn Gunnarsson, *Jarðvarmi: Kynningarrit*, Landsvirkjun, án útgáfustaðar, 2012

Sjálfbær þróun, Landsvirkjun, sótt 25. júlí 2013, <http://www.landsvirkjun.is/Samfelagumhverfi/Samfelagid/Sjalfbaerthroun/>.

Svartsengisvirkjun, HS orka Hf., sótt 22. júlí, 2013, <http://www.hsorka.is/HSProduction/HSProductionSvartsengi.aspx>.

Umhverfismál, Landsvirkjun, sótt 25. júlí, <http://www.landsvirkjun.is/Samfelagumhverfi/Umhverfismal/>.

VA arkitektar, *Bjarnarflagsvirkjun 90 MWe og 132 kV Bjarnarflagslína 1 í Skútustaðahreppi: Mat á umhverfisáhrifum, viðaukar*, Landsvirkjun, 2003, viðauki 10.

Virkjanir, Orkuveita Reykjavíkur, sótt 25. júlí 2013, <http://www.or.is/um-or/virkjanir>.

What Is Green Architecture and Green Design, about.com, sótt 7. júlí 2013, <http://architecture.about.com/od/greenconcepts/g/green.htm>.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

