



# Sandvík - Eldisgarðar

## Grunnvatnslíkan

Kjartan Marteinnsson  
Magnús Á. Sigurgeirsson  
Dagur Sigurðarson  
Daði Þorbjörnsson

Unnið fyrir Samherja fiskeldi ehf.

ÍSOR-2022/026

Desember 2022

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR  
Kópavogur: Urðarhvarfi 8, 203 Kóp. – Sími: 528 1500  
Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. – Sími: 528 1500  
isor@isor.is – www.isor.is

Skýrsla nr. ÍSOR-2022/026	Dags. Desember 2022	Dreifing <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Sandvík – Eldisgarðar Grunnvatnslíkan		Upplag 1
		Fjöldi síðna 64 + 5 viðaukar í sérskjali
Höfundar Kjartan Marteinnsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Dagur Sigurðarson og Daði Þorbjörnsson		Verkefnisstjóri Daði Þorbjörnsson
Gerð skýrslu / Verkstig		Verknúmer 22-0049
Unnið fyrir Samherja fiskeldi ehf.		
Samvinnuaðilar		
Útdráttur <p>Samherji fiskeldi ehf hyggst hefja fiskeldi nálægt Litlu-Sandvík á Reykjaneskaga. Áætlað er að fiskeldið muni þurfa allt að 30.000 L/s vatnsvinnslu af söltum jarðsjó. Samherji fiskeldi samdi við ÍSOR um að gera grunnvatnslíkan af svæðinu í kringum Litlu-Sandvík til að meta áhrif þessarar vinnslu á grunnvatn, jarðsjó og dreifingu seltu á svæðinu, sem og áhrif á vinnslu annarra aðila á svæðinu.</p> <p>Grunnvatnslíkanið er smíðað með grunnvatnsherminum MODFLOW. Fyrirliggjandi upplýsingar um jarðfræðilegar aðstæður voru notaðar sem og gögn um grunnvatnshæð, seltu og vinnslu á svæðinu. Þessi gögn voru notuð til að kvarða líkanið en við slíka kvörðun eru breytur líkansins stilltar þannig að sem best samræmi fái milli líkans og mældra gagna.</p> <p>Berggrunnur á svæðinu er vel vatnsleiðandi, þá sérstaklega í gjallagi sem finnst í Litlu-Sandvík og Mölvík. Þetta sést vel í gögnum um sjávarstöku Reykjanesvirkjunar á nærliggjandi svæði.</p>		
Lykilorð Sjóhola, Litla-Sandvík, Eldisgarður, Stampahraun, Reykjanes, Samherji fiskeldi, grunnvatnslíkan, fiskeldi, grunnvatn, jarðsjór, vatnsvinnsla, ÍSOR		Undirskrift verkefnisstjóra 
		Yfirfarið Steinunn Hauksdóttir



## Efnisyfirlit

<b>1 Inngangur</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Svæði</b> .....	<b>8</b>
2.1 Jarðfræðiyfirlit .....	9
<b>3 Líkan</b> .....	<b>10</b>
3.1 Uppsetning.....	10
3.2 Kvörðun.....	12
3.2.1 Náttúrulegt ástand.....	13
3.2.2 Núverandi vinnsla.....	17
<b>4 Hermun</b> .....	<b>18</b>
4.1 Náttúrulegt ástand .....	18
4.2 Núverandi vinnsla .....	25
4.3 Framtíðarvinnsla .....	32
4.3.1 Áfangi 1: 7.500 L/s.....	32
4.3.2 Áfangi 2: 15.000 L/s.....	41
4.3.3 Áfangi 3: 30.000 L/s.....	50
<b>5 Niðurstöður</b> .....	<b>61</b>
<b>6 Heimildaskrá</b> .....	<b>63</b>

## Töflur

Tafla 1. Vatnsleiðni fyrir mismunandi jarðlög í grunnvatnslíkaninu .....	12
Tafla 2. Samanburður á vatnsborði úr líkani við náttúrulegt ástand og frá mælingum fyrir valdar borholur.....	14
Tafla 3. Yfirlit yfir dælingu úr sjóholum við Reykjanesvirkjun haustið 2008. ....	17

## Myndir

Mynd 1. Yfirlitsmynd yfir sjötökusvæðið við Litlu-Sandvík .....	8
Mynd 2. Yfirlitsmynd af jarðfræði í grennd við Litlu-Sandvík á Reykjaneskaga.....	10
Mynd 3. Yfirlit yfir svæði grunnvatnslíkans .....	11
Mynd 4. Yfirlitsmynd af viðnámsmælingastöðum sem til eru á svæðinu .....	13
Mynd 5. Samanburður á dreifingu seltu með dýpi úr líkani við náttúrulegt ástand og frá mælingum fyrir valdar borholur .....	15
Mynd 6. Samanburður á seltu úr líkani við náttúrulegt ástand og frá viðnámsmælingu .....	16
Mynd 7. Áætlað aðrennslissvæði ferkvatns að fyrirhuguðu vinnslusvæði Samherja fiskeldis .....	19
Mynd 8. Vatnsborð (m y.s.) og grunnvatnsrennslí (örvar) í efsta lagi líkansins fyrir náttúrulegt ástand svæðisins .....	19
Mynd 9. Hermt vatnsborð (m y.s.) fyrir náttúrulegt ástand svæðisins.....	20

Mynd 10. Dreifing seltu fyrir náttúrulegt ástand svæðisins fyrir mismunandi dýpi .....	21
Mynd 11. Hermt vatnsborð (m y.s.) eftir ~3500 L/s vinnslu á sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar í 16 ár .....	25
Mynd 12. Dreifing seltu eftir ~3500 L/s vinnslu á sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar í 16 ár fyrir mismunandi dýpi .....	26
Mynd 13. Yfirlitsmynd sem sýnir staðsetningu mismunandi þversniða í gegnum svæðið. ....	30
Mynd 14. Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi við núverandi vinnslu .....	31
Mynd 15. Hermdur niðurdráttur vatnsborðs eftir 7.500 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu .....	33
Mynd 16. Hermt vatnsborðs eftir 7.500 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu .....	34
Mynd 17. Breyting á vatnsborði eftirlitsholnanna LS-1 og LS-2 vegna 7.500 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár. ....	35
Mynd 18. Breyting á vatnsborði hugsanlegra eftirlitsholna á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis vegna 7.500 L/s vinnslu á svæðinu í 50 ár.....	35
Mynd 19. Breyting á seltu miðað við seltudreifingu á svæðinu við núverandi vinnslu, við 7.500 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár fyrir mismunandi dýpi.....	36
Mynd 20. Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi eftir 7.500 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár .....	40
Mynd 21. Hermdur niðurdráttur vatnsborðs eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu .....	42
Mynd 22. Hermt vatnsborðs eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu .....	43
Mynd 23. Breyting á vatnsborði eftirlitsholnanna LS-1 og LS-2 vegna 15.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár. ....	44
Mynd 24. Breyting á vatnsborði hugsanlegra eftirlitsholna á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis vegna 15.000 L/s vinnslu á svæðinu í 50 ár.....	44
Mynd 25. Breyting á seltu miðað við seltudreifingu á svæðinu við núverandi vinnslu, eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár fyrir mismunandi dýpi.....	45
Mynd 26. Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár .....	49
Mynd 27. Hermdur niðurdráttur vatnsborðs eftir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár til viðbótar við núverandi vinnslu .....	51
Mynd 28. Hermt vatnsborðs eftir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu .....	52
Mynd 29. Breyting á vatnsborði eftirlitsholnanna LS-1 og LS-2 vegna 30.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár .....	53
Mynd 30. Breyting á vatnsborði hugsanlegra eftirlitsholna á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis vegna 30.000 L/s vinnslu á svæðinu í 50 ár.....	53
Mynd 31. Hermdur niðurdráttur vatnsborðs á Reykjanesi, fyrir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu .....	54

Mynd 32. Vatnsborð (m y.s.) og grunnvatnsrennsli (örvar) í efsta lagi líkansins fyrir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár. ....	55
Mynd 33. Breyting á seltu miðað við seltudreifingu á svæðinu við núverandi vinnslu, eftir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár fyrir mismunandi dýpi.....	56
Mynd 34. Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi eftir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár .....	60

# 1 Inngangur

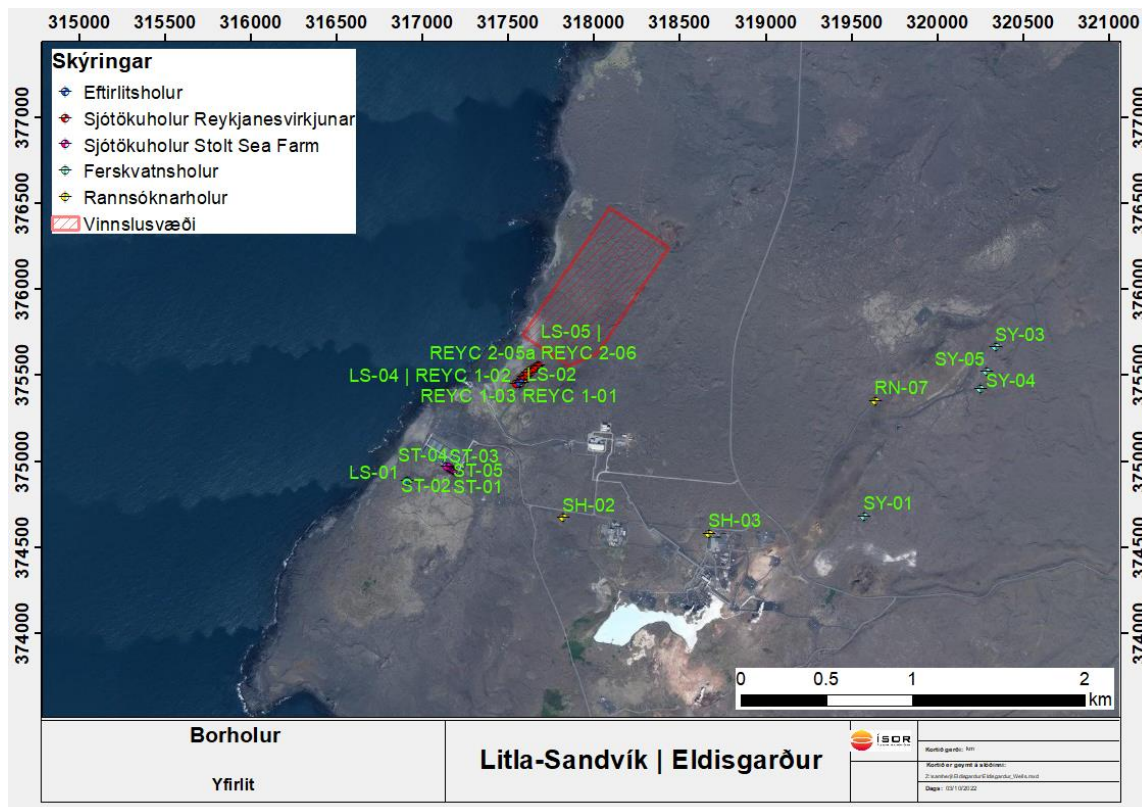
Samherji fiskeldi hyggst hefja fiskeldi nálægt Litlu-Sandvík á Reykjanesskaga. Áætlað er að fiskeldið muni þurfa allt að 30.000 L/s vatnsvinnslu af söltum jarðsjó en framkvæmdir munu fara fram í nokkrum minni áföngum. Samherji fiskeldi samdi við ÍSOR um að gera grunnvatnslíkan af svæðinu í kringum Litlu-Sandvík til að meta áhrif þessarar vinnslu á grunnvatn, jarðsjó og dreifingu seltu á svæðinu, sem og áhrif á vinnslu annarra aðila á svæðinu.

Grunnvatnslíkanið er smíðað með grunnvatnsherminum MODFLOW. Fyrirliggjandi upplýsingar um jarðfræðilegar aðstæður voru notaðar, sem og gögn um grunnvatnshæð, seltu og vinnslu á svæðinu. Þessi gögn voru notuð til að kvarða líkanið en við slíka kvörðun eru breytur líkansins stilltar þannig að sem best samræmi fáiast milli líkans og mældra gagna.

Berggrunnur á svæðinu er vel vatnsleiðandi, þá sérstaklega í gjallagi sem finnst í borholum við Litlu-Sandvík og Mölvík. Þetta sést vel í gögnum um sjávarstöku Reykjanesvirkjunar á nærliggjandi svæði.

## 2 Svæði

Fyrirhugað vinnslusvæði Samherja fiskeldis er á hraunbreiðum upp af Litlu-Sandvík og Mölvík á vestanverðu Reykjanesi. Stóra-Sandvík er nokkru norðar. Reykjanesvirkjun er tæpan kílómetra sunnan svæðisins. Mynd 1 sýnir yfirlit yfir svæðið en rauða svæðið á myndinni sýnir fyrirhugað vinnslusvæði Samherja fiskeldis.



**Mynd 1.** Yfirlitsmynd yfir sjóstökusvæðið við Litlu-Sandvík. Á myndina eru merktar inn rannsóknarholur, sjóholur og ferskvatnsholur á Reykjanesi.



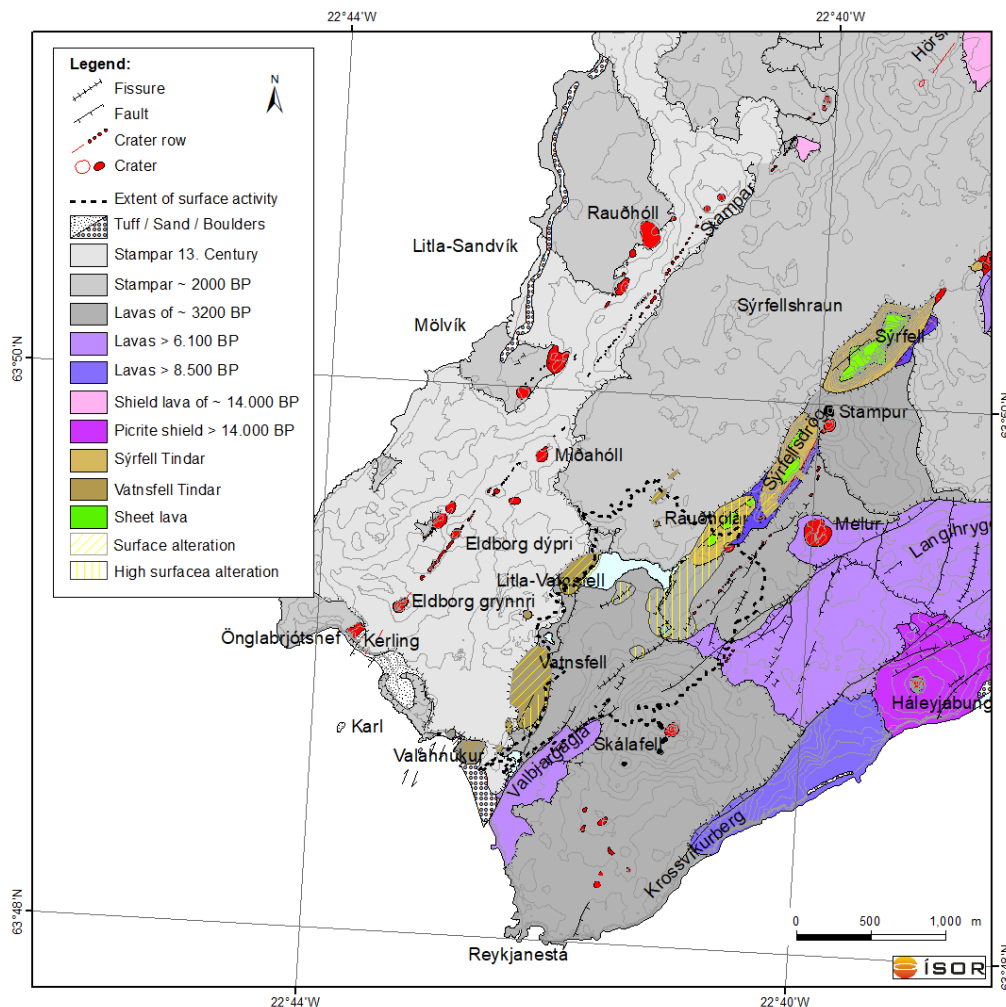
## 2.1 Jarðfræðiyfirlit

Hraun frá nútíma, þ.e. frá síðustu um 11.500 árum, þekja meginhluta Reykjaness. Upp úr hraunþekjunum, eftir miðju nesinu, standa móbergshnjúkar og stapar frá ísöld. Elst þeirra hrauna sem sjá má á yfirborði eru dyngjuhraun frá Háleyjabungu og Sandfellshæð, > 13.000 ára gömul. Sú fyrrnefnda er úr píkriti, sem er frumstæð ólivínrik bergtegund, en hin úr ólivínþóleiíti. Sandfellshæð er ein af stórþyngjum Reykjanesskaga, um eða yfir 150 km<sup>2</sup> að flatarmáli og er í flokki með Þráinsskildi, Heiðinni há og Leitahrauni. Á Reykjanesi eru Sandfellshæðarhraunin að mestu hulin yngri hraunum sem runnu frá gossprungum (Kristján Sæmundsson o.fl., 2016).

Á Reykjanesi eru sprunguhraun nútíma ráðandi á yfirborði (mynd 2). Gossprungur/gígaraðir raða sér á tvær megingosreinar, Sýrfellsreinina og Stampareinina. Er sú síðarnefnda vestar og aðeins 100–150 m austan vinnslusvæðisins við Litlu-Sandvík og Mölvík. Sú austari, Sýrfellsreinin, hefur minna vægi í umræðunni hér. Á Stampareininni má sjá minjar um þrjú hraungos á nútíma, það elsta fyrir meira en 3500 árum, svo fyrir um 2000 árum og loks frá 13. öld e.Kr. Á vinnslusvæðinu eru þau hraun sem sjást á yfirborði, annars vegar Yngra-Stampahraunið og hins vegar Eldra-Stampahraunið. Yngra-Stampahraunið rann í svonefndum Reykjaneseldum 1210–1240. Líklega hefur það runnið í upphafi eldanna, á árunum 1210–1211. Þekkt eru fjögur hraun og fjögur gjóskulög sem mynduðust í Reykjaneseldum. Eldra-Stampahraun rann fyrir um 2000 árum, vafalítið í langvarandi eldum líkt og á 13. öld (Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2013). Skil milli hraunanna liggja um vinnslusvæðið.

Það sem einkennir sprungugos á Reykjanesi er að sprungurnar gjósa bæði á landi og í sjó. Á landi renna hraun frá gígaröðum en í sjó verða sprengigos þegar kvikan kemst í snertingu við vatn/sjó. Gjóska sem myndaðist í þessum gosum má rekja inn til landsins. Sum gosin má rekja austur allan Reykjanesskaga. Þess má geta að á fyrirhuguðu vinnslusvæði má finna allt að 20 cm þykk gjóskulög í jarðvegi mynduð í neðansjávargosum við Reykjanes (Magnús Á. Sigurgeirsson, 1995). Talsverður landauki varð af Stampahrauninum, einkum því eldra, en þau runnu í sjó skammt austan vinnslusvæðisins og er landið vestan gígaraðanna til orðið í þessum tveimur gosum. Sjá má merki þess að sjór hafi komist að gossprungu Eldri-Stampagígaraðarinnar en tveir gíganna eru að hluta myndaðir við gos á grunnsævi eða sjávarströnd, til þess bendir bygging þeirra og gosefnin.

Í sjóholum sunnan vinnslusvæðisins, s.s. við Kistu og Kistuberg, er hægt að sjá eldri jarðlög á svæðinu (Þórólfur H. Hafstað og Sigurður G. Kristinsson, 2007, 2013). Holurnar eru flestar < 60 m djúpar en dýpst 102 m. Þar má greina á milli hrauna frá nútíma, sprungu- og dyngjuhrauna, setlaga og grágrýtis neðst. Sammerkt með holunum er að í þeim er 9–13 m þykkt, gjallríkt lag blandað glerjuðu bergi á 22–25 m dýpi. Þetta lag er vafalítið myndað þegar Eldra-Stampahraunið rann í sjó við ströndina. Þegar það náði sjávarmáli rann hraunið yfir gjallið/breksíuna og huldi. Telja má víst að þetta gjall-/breksíulag haldi áfram til norðurs og sé af svipaðri þykkt á vinnslusvæði Samherja fiskeldis, þ.e. um 10 m. Neðan 30–35 m dýpis taka við hraun frá dyngjunni Sandfellshæð. Á milli hrauntauma má sjá þunn lög úr sjávarseti, sum með skeljabrotum.



**Mynd 2.** Yfirlitsmynd af jarðfræði í grennd við Litlu-Sandvík á Reykjaneskaga, byggt á jarðfræðikorti af Reykjanesi.

### 3 Líkan

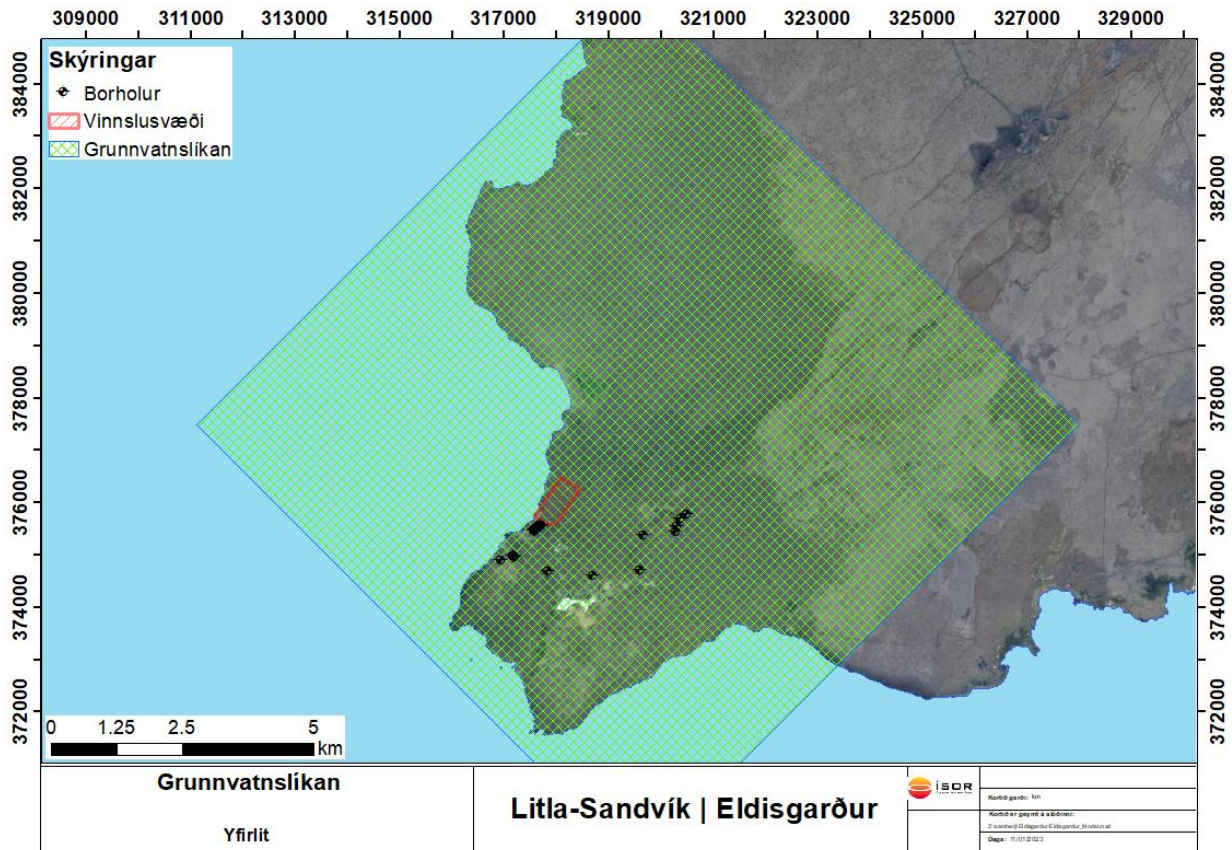
Til að kanna áhrif af sjötöku Samherja fiskeldis í Sandvík var sett upp grunnvatnslíkan fyrir svæðið. Líkanið var gert í grunnvatnsherminum MODFLOW (Langevin o.fl., 2017; Langevin o.fl., 2022). Líkanið var byggt á svipuðu líkani fyrir Stað við Grindavík (Kjartan Marteinsson o.fl., 2021). Einnig var gert einfalt jarðlagalíkan af svæðinu í líkanaforritinu Leapfrog Geothermal.

Grunnvatn á Reykjanesi skiptist almennt í ferskt grunnvatn, saltan jarðsjó og síðan blandlag með breytilegri seltu. Til að herma slíka dreifingu á seltu var MODFLOW 6 notað, sem styður líkön með breytilegri seltu. Í þessum kafla verður greint frá uppsetningu líkansins og kvörðun þess við mæld gögn frá svæðinu.

#### 3.1 Uppsetning

Mynd 3 sýnir hvernig grunnvatnslíkanið liggur á svæðinu. Á myndinni er fyrirhugað sjötöku-svæði Samherja fiskeldis einnig merkt inn en lega líkansins var valin þ.a. það svæði lenti í miðju þess. Hliðarlengdir líkansins eru 12000 m. Útmörk líkansins voru valin með það að

leiðarljósi að fullkanna áhrif vinnslu á vatnsborð á svæðinu. Lóðrétt nær líkanið frá yfirborði og niður í 100 m undir sjávarmáli. Staðsetning efsta lagsins í líkaninu fylgir hæð landsins, og var notað hæðarlíkan úr gagnagrunni landupplýsinga hjá ÍSOR til að meta hæð á hverjum stað (Landmælingar Íslands, 2016).



Mynd 3. Yfirlit yfir svæði grunnvatnslíkans.

Líkaninu er skipt upp í  $200 \times 200 \times 21$  kubba. Líkanið hefur 30 lög lóðrétt niður en hvert lag er með sömu láréttu skiptinguna. Fyrir utan efsta lagið er hver kubbur að stærð  $60 \text{ m} \times 60 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$ , en þykkt kubba í efsta lagi líkansins er breytileg eftir hæð landsins. Kubbar sem lentu alfarið í sjó eru óvirkir í líkaninu, þ.e.a.s. ekkert grunnvatnsflæði er reiknað í þeim kubbum.

Hverjum kubbi var gefin ákveðin vatnsleiðni sem er háð lekt jarðlagsins á hverjum stað. Þessi vatnsleiðni var í upphafi metin út frá jarðfræði á svæðinu sem og út frá meðalvatnsleiðni mismunandi grunnvatnsjarðlaga á Íslandi (Steinunn Hauksdóttir o.fl., 2021). Nákvæm jarðfræði á svæðinu með dýpi er mjög óviss því lengra sem farið er frá Litlu-Sandvík, sérstaklega til norðurs af svæðinu. Það stafar af skorti á upplýsingum, en engar borholur eru inn til lands norður af svæðinu, og næstu borholur í norðri eru hjá Kalmanstjörn við ströndina. Mikil óvissa er um jarðfræði og dýpi á jarðsjó inn til lands norður af Reykjanesi, en borholur við Kalmanstjörn voru taldar of norðarlega, og of nálægt sjónum til að gefa góða mynd af jarðfræði inn til lands norður af Sýrfelli. Talið var að mesta vatnsleiðni væri í gjalllagi sem liggur yfir hluta svæðisins (Þórólfur H. Hafstað og Sigurður G. Kristinsson, 2007). Þar á eftir væri vatnsleiðni tiltölulega há í glerjuðu berglagi sem liggur yfir allt svæðið og loks í sprungubergslagi sem kemur fram í efstu lögum næst ströndinni. Neðstu lög líkansins

einkennast af grágrýti sem talið var að hefði mjög litla vatnsleiðni en það hjálpar við að lágmarka jaðaráhrif frá botni líkansins. Ekki var gerður greinarmunur á vatnsleiðni eftir láréttri stefnu. Lóðrétt vatnsleiðni var talin lægri en lárétt vatnsleiðni en slíkt var nauðsynlegt fyrir myndum lagskiptingar í seltu í líkaninu.

Þrjár gerðir jaðarskilyrða eru til staðar í líkaninu. Kubbar tengdir við sjó, þ.e. strandkubbar, voru látnir hafa tengingu við óendanlegan geymi af sjó. Eðlisþyngd sjávar er meiri en eðlisþyngd ferskvatns og því hækkar þrýstingurinn í geyminum hraðar en í tengdum kubbum. Þetta veldur því að ferskvatn rennur út í sjó í efri lögum líkansins en sjór flæðir inn í neðri hluta líkansins. Í efsta lagi líkansins eru kubbar í jaðrinum á norðurenda líkansins tengdir við óendanlega geyma af misfersku vatni, sem hermir eftir flæði ferskvatns inn í svæðið. Gert var ráð fyrir að um ferskvatnsstraum inn í líkanið sem samsvarar um  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  eða um  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$  á hvern km við jaðar líkansins. Þetta samsvarar að vatnsborð inn til lands verður mest um 2 m y.s. (metrar yfir sjávarmáli). Vatnsborð í hverjum geymi var metið út frá mældu vatnsborði í nærliggjandi holum. Aðrir jaðrar eru lokaðir, þ.e.a.s. ekkert vatn flæðir inn né út úr líkaninu í þeim kubbum.

### 3.2 Kvörðun

Nauðsynlegt er að kvarða grunnvatnslíkanið svo það lýsi sem best raunverulegri hegðun svæðisins. Kvörðun felur í sér samanburð á niðurstöðum líkansins fyrir mismunandi hermanir við mælingar af svæðinu, og breytingum á gildum á vatnsleiðni og jaðarskilyrði í líkaninu til að auka nákvæmni þess. Mælingum á svæðinu var skipt í tvo hluta, þeim sem lýsa náttúrulegu ástandi svæðisins og þeim sem lýsa áhrifum vinnslu á svæðið.

Með náttúrulegu ástandi er átt við ástand svæðisins áður en vinnsla hófst. Mikilvægt er að líkanið geti hermt slíkt ástand svo hægt sé að meta áhrif vinnslu grunnvatns. Kvörðun líkansins við núverandi vinnslu á svæðinu eykur síðan nákvæmni líkansins á hermun vinnslubreytinga á svæðinu.

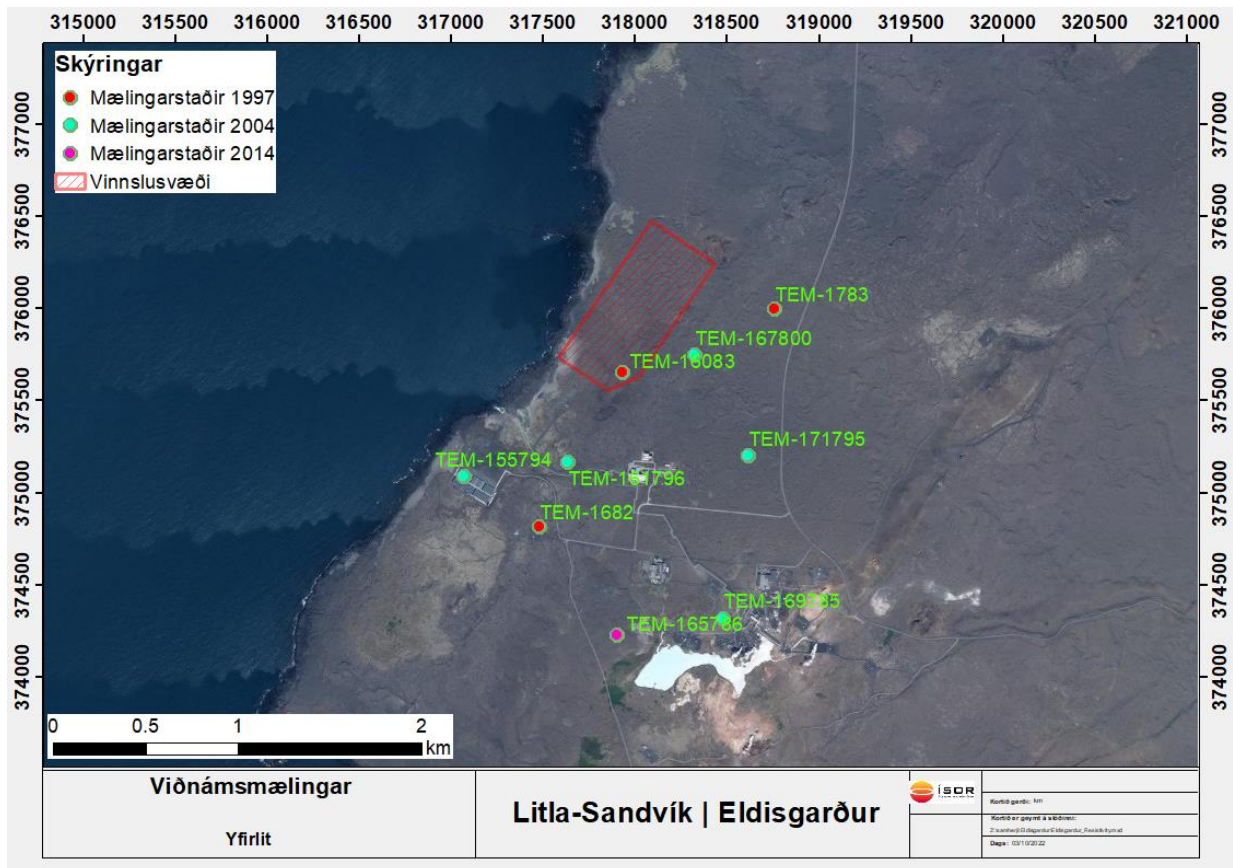
Notast var við mælingar úr borholum og viðnámsmælingar til kvörðunar á líkaninu. Tafla 1 sýnir gildi fyrir vatnsleiðni fyrir lokakvörðun líkansins. Hér ber að nefna að vegna stærðar líkansins og skort á gögnum er áætlað að sú jarðfræði sem sést nálægt Litlu-Sandvík, þar sem mest af gögnum eru til staðar, sé lýsandi fyrir jarðfræði og vatnsleiðni annarsstaðar í líkansvæðinu. Þetta er að öllum líkindum einföldun, og eykur óvissu í líkaninu.

**Tafla 1.** Vatnsleiðni fyrir mismunandi jarðlög í grunnvatnslíkaninu

Jarðlag	Vatnsleiðni [m/s] Lárétt	Vatnsleiðni [m/s] Lóðrétt
Glerjað berg	$5 - 7 \times 10^{-2}$	$5 - 7 \times 10^{-3}$
Sprunguberg	$7 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-4}$
Sandur	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$
Gjall	$3 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^{-2}$
Sandfellshæð	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$
Grágrýti	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-7}$

### 3.2.1 Náttúrulegt ástand

Til að áætla náttúrulegt ástand svæðisins var notast við mælingar á grunnvatnsborði og seltu í borholum á svæðinu (Birna Ólafsdóttir o.fl., 1971; Þórólfur H. Hafstað o.fl., 2004; Þórólfur H. Hafstað og Magnús Ólafsson, 2004; Þórólfur H. Hafstað og Sigurður G. Kristinsson, 2007, 2013), ásamt niðurstöðum úr TEM-mælingum sem gerðar hafa verið á svæðinu (Ragna Karlsdóttir, 1997; 2005; Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson, 2014) (mynd 4). Líkanið var látið herma svæðið með engri vinnslu í 500 ár og var staða svæðisins í lok þess tíma borin saman við mælingar.



Mynd 4. Yfirlitsmynd af viðnámsmælingastöðum sem til eru á svæðinu.

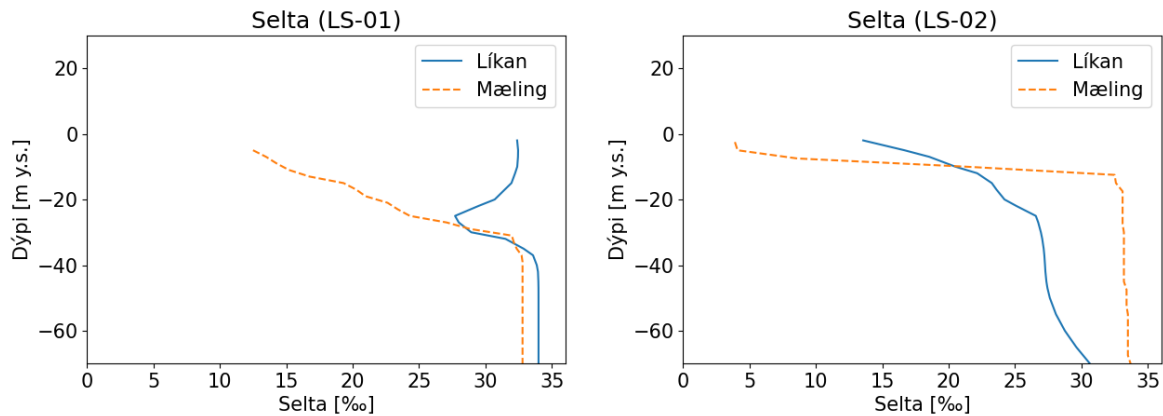
Mælt og hermt vatnsborð á völdum borholum var borið saman. Tafla 2 sýnir þann samanburð fyrir kvarðaða líkanið. Hér eru sýndar þær borholur sem eru taldar hafa þau vatnsborð sem eru best ákvörðuð. Sýnt vatnsborð má túlka sem meðalvatnsborð á svæðinu þar sem líkan hermir ekki áhrif sjávarfalla. Mælt vatnsborð er meðalvatnsborð fengið úr mælingum úr holunum, án tillits til flóðs og fjöru. Mæld vatnsborðsbreyting vegna sjávarfalla í holum LS-1 og LS-2 er í kringum 1 m (Magnús Ólafsson og Þórólfur H. Hafstað, 2004) svo gera má ráð fyrir að óvissa á mældu meðalvatnsborði á svæðinu sé líka um 1 m. Af myndunum sést að hermt vatnsborð er í öllum tilvikum innan við þessa skekkju frá mældu vatnsborði. Skekkjan í SY-03, ferksvatnsholu við Sýrfell, skýrist að einhverju leiti af því að Sýrfell er trúlegast tálmun fyrir flæði ferskvatns á svæðinu. Ekki eru til nægilegar gögn fyrir þessu til að bæta slíkum skorðum við líkanið, en það myndi útskýra hærri vatnsborðsstöðu en líkanið gefur til kynna.

**Tafla 2.** Samanburður á vatnsborði úr líkani við náttúrulegt ástand og frá mælingum fyrir valdar borholur.

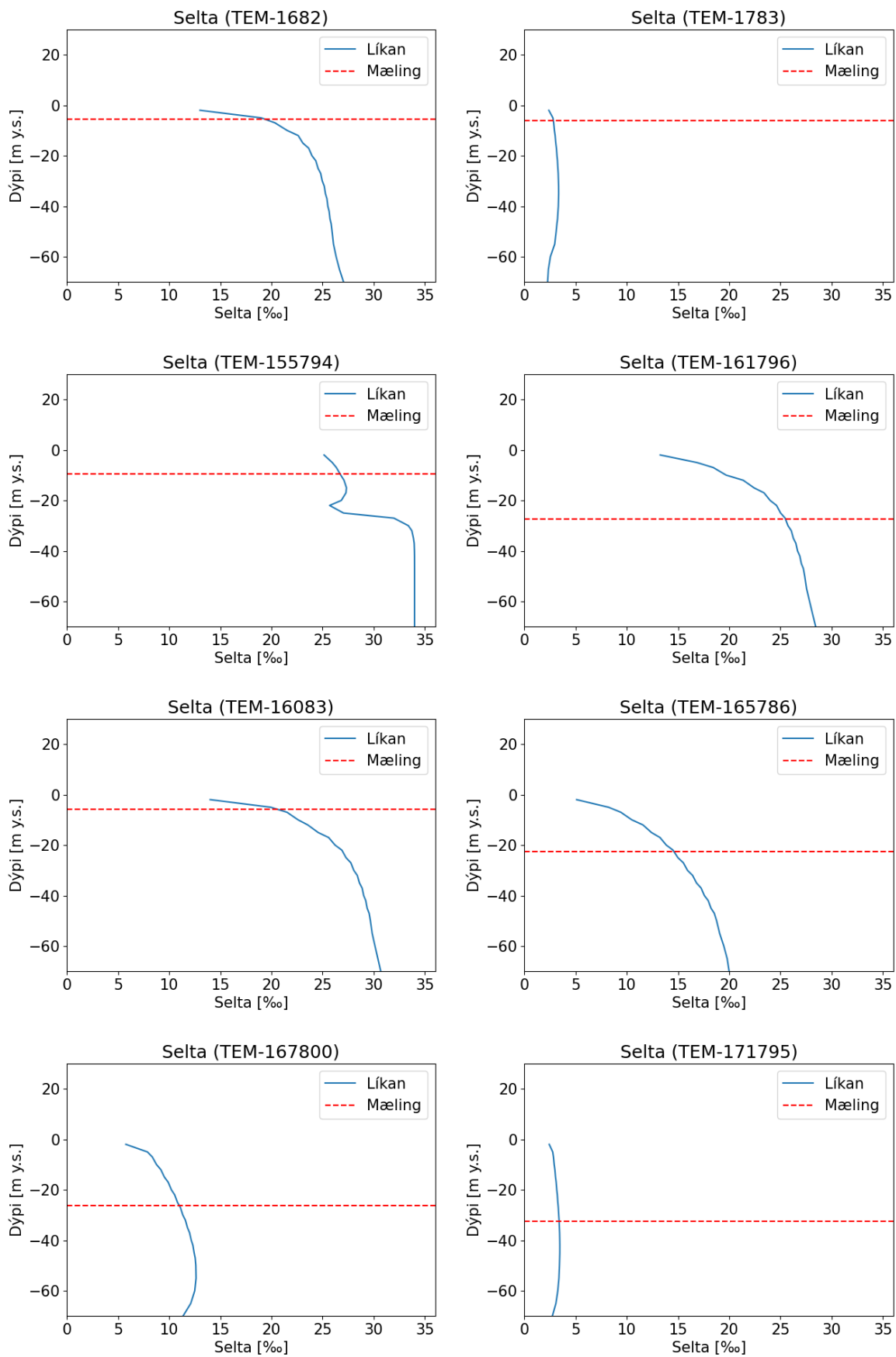
Borhola	Vatnsborð [m] Mæling	Vatnsborð [m] Líkan
LS-01	0.4	0
LS-02	1.4	0.4
ST-01	0.2	0.2
SH-02	0.8	0.9
SH-03	0.7	0.8
SY-03	1.4	0.7

Mynd 5 sýnir samanburð á kvörðuðu líkani við mælda seltu í borholum LS-1 og LS-2. Mynd 6 sýnir svo samanburð á kvörðuðu líkani við mælt dýpi á blandlag milli jarðsjávar og ferskvatns út frá viðnámsmælingum á svæðinu. Gildi mælingar á þeirri mynd er það dýpi þar sem viðnám í mælingu lækkar snögglega og samsvarar það aukinni seltu í grunnvatni á svæðinu. Erfitt er að segja til um nákvæmt seltustig sem skýrir slíka breytingu. Í þessari skýrslu er gert ráð fyrir að þessi breyting sýni dýpt niður á blandlag jarðsjós og vatns. Myndirnar sýna að syðri hluti líkansins virðist herma raunverulega dreifingu seltu á svæðinu vel. Selta nálægt svæðinu er almennt of há á yfirborði, en flæði ferskvatns af jaðri líkansins nær ekki að renna alla leið niður tangann. Viðsnúningurinn sem á sér stað í LS-01 er ekki raunverulegur, en trúlegast er hér um að ræða að innstreymi ferskvatns á svæðið sé undirmetið.

Miðað við stærð líkansins, og óvissu gagna þá nær líkanið að herma náttúrulega stöðu ásættanlega. Engar borholur er inn til lands á þessu svæði og því lítið um gögn til að áætla raunverulegt vatnsborð, óvissu vegna sjávarfalla og seltu eftir því sem lengra er farið frá fyrirhuguðu vinnslusvæði Samherja fiskeldis.



**Mynd 5.** Samanburður á dreifingu seltu með dýpi úr líkani við náttúrulegt ástand og frá mælingum fyrir valdar borholur.



**Mynd 6.** Samanburður á seltu úr líkani við náttúrulegt ástand og frá viðnámsmælingu. Mælingar samsvara því dýpi sem breyting á seltu kemur greinilega fram í viðnámi.



### 3.2.2 Núverandi vinnsla

Til að athuga svörun líkansins við vinnslu af svæðinu voru notuð gögn frá vinnslu sjötökuholna Reykjanesvirkjunar (Sigurður G. Kristinsson og Þórólfur H. Hafstað, 2008; Heimir Ingimarsson og Sigurður G. Kristinsson, 2015; Sigurður G. Kristinsson og Þórólfur H. Hafstað, 2015) Líkanið var látið herma dælingu sem samsvarar því sem gerð var grein fyrir í gögnunum og áhrifin borin saman við mæld gildi. Vinnslan var hermd yfir 16 ár en vatnsborðsbreytingar í holum vegna vinnslu náðu jafnvægi nær samstundis í báðum tilvikum.

Tafla 3 sýnir yfirlit yfir vinnslu í sjötökuholum Reykjanesvirkjunar haustið 2008. Notast var við þessi gildi til að herma niðurdrátt í rannsóknarholunni LS-2 vegna vinnslu á sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar. Áætlaður niðurdráttur í holu LS-2 úr líkaninu var 50 cm. Tvö gildi fyrir mældan niðurdrátt í holunni eru gefin, annarsvegar um 90 cm fyrir 3321 L/s og hins vegar um 70 cm fyrir 3641 L/s vinnslu á sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar. Við mælingu á niðurdrætti í holunni var ekki tekið tillit til áhrifa sjávarfalla. Hermdur niðurdráttur í LS-2, um 50 cm, er innan skekkjumarka miðað við áhrifa sjávarfalla (Sigurður G. Kristinsson og Þórólfur H. Hafstað, 2008). Ekki var gerður samanburður við mældan niðurdrátt vatnsborðs í öðrum holum á svæðinu af tveimur ástæðum. Annars vegar vegna þess að mældur niðurdráttur í holum í dælingu er truflaður að einhverju leyti af holuáhrifum, s.s. iðustreymi, sem ekki er hægt að herma í líkaninu og hins vegar vegna þess að aðrar holur eru of nálægt holum í dælingu til að líkanið gæfi nytsamlegar upplýsingar. Því var notast við niðurdrátt úr rannsóknarholunni LS-2, um 50 cm, til að áætla áhrif vinnslunnar.

**Tafla 3.** Yfirlit yfir dælingu úr sjóholum við Reykjanesvirkjun haustið 2008.

Hola	Dæling [L/s]
LS-4   REYC 1-02	430
LS-5   REYC 2-06	380
REYC 1-01	8
REYC 1-03	510
REYC 1-05	500
REYC 1-06	496
REYC 2-03	525
REYC 2-04	418
REYC 2-05a	374
<b>Heild</b>	<b>3641</b>

## 4 Hermun

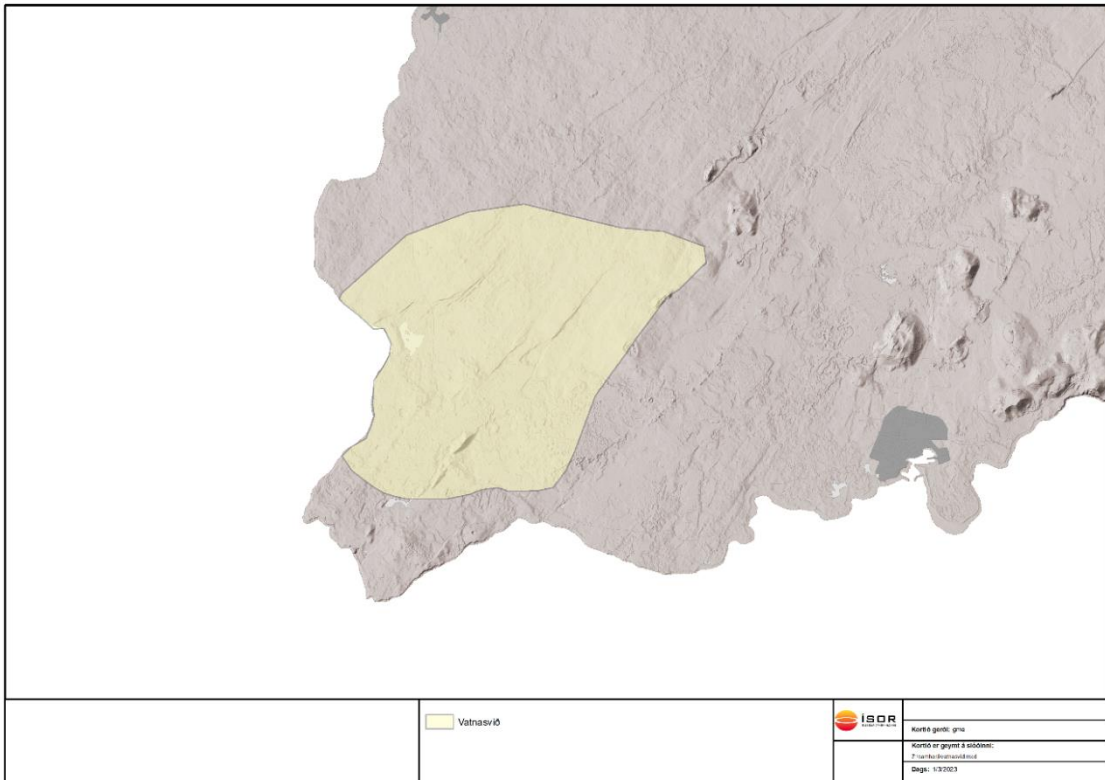
Kvarðað líkan var látið herma nokkrar sviðsmyndir fyrir sjötökusvæðið. Fyrst var hermt eftir náttúrulegu ástandi svæðisins, þ.e.a.s. ef engin vinnsla er til staðar. Þar á eftir er líkanið látið herma nálgun á núverandi sjötöku á svæðinu, þ.e. ~3500 L/s vinnsla úr sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar. Loks voru hermd nokkur tilvik fyrir framtíðarvinnslu Samherja fiskeldis af svæðinu, og áhrif slíkrar vinnsla á svæðið könnuð. Fyrir öll framtíðarvinnslutilvik var náttúrulegt ástand og núverandi vinnsla hermd áður en framtíðarvinnsluhermun var gerð, þ.e., fyrst var náttúrulegt ástand kerfisins hermt í ~500 ár, síðan var hermd ~3500 L/s vinnsla úr sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar í ~16 ár og loks var ákveðin framtíðarvinnsluaukning á svæði Samherja fiskeldis hermd. Þannig notaði hermun á vinnslu úr sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar niðurstöður hermunar af náttúrulegu ástandi kerfisins sem byrjunarpunkt, og hermun framtíðarvinnslu notaðist við niðurstöður hermunar á vinnslu úr sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar sem byrjunarpunkt.

### 4.1 Náttúrulegt ástand

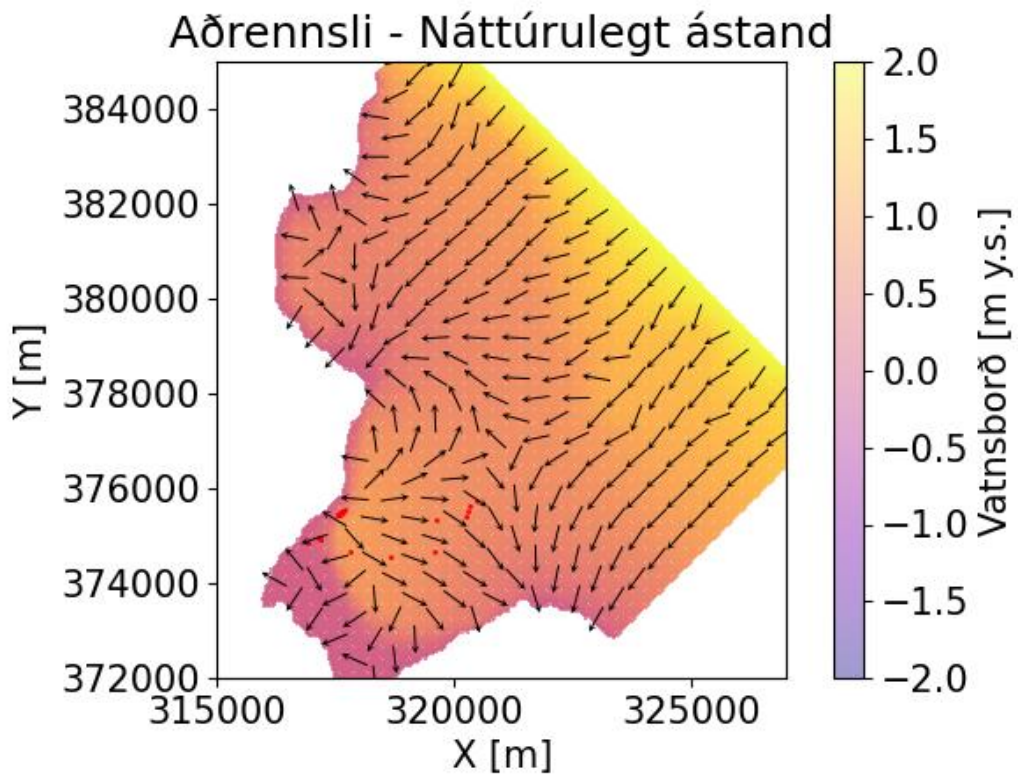
Til að meta náttúrulegt ástand kerfisins var líkanið látið herma svæðið í ~500 ár, eða þar til vatnsborð, flæði og selta náði sem næst jafnvægi. Nákvæmur styrkur á seltu á ákveðnum stöðum í líkaninu gat breyst lítillega milli tímaskrefa, jafnvel eftir 500 ár, en sú óvissa virtist ekki hafa markverð áhrif á niðurstöður líkansins. Aðrennslisvæði ferskvatns á svæðinu má sjá á mynd 7.

Myndir 8 og 9 sýna reiknað vatnsborð og flæði á svæðinu fyrir náttúrulegt ástand. Af myndunum sést að vatnsborð hækkar til norður og er mest um 2 m y.s. (metrar yfir sjávarmáli) inn til skagans. Í grófum dráttum er streymi vatns við vatnsborð á svæðinu í NA-SV stefnu, þ.e.a.s. að vatn streymir frá landi niður að sjó.

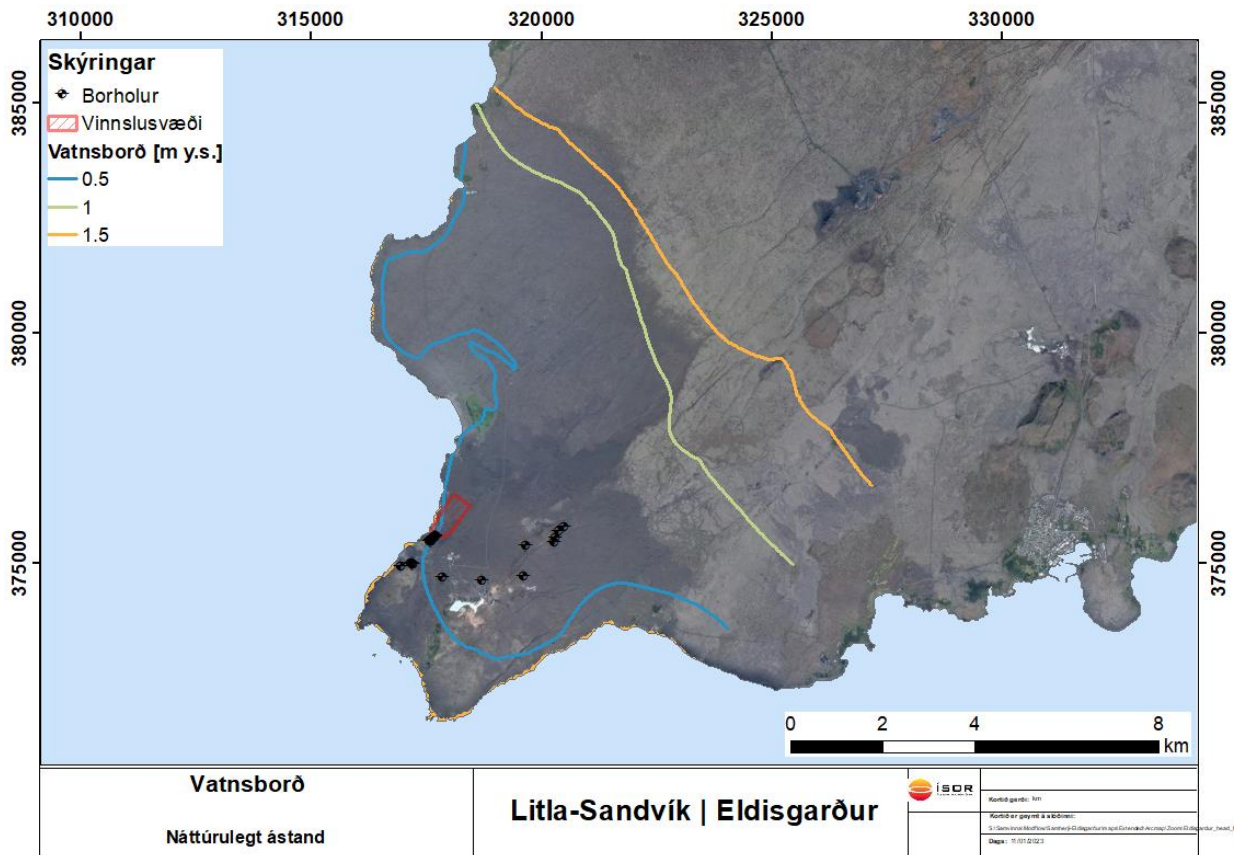
Mynd 10 sýnir dreifingu seltu í líkaninu fyrir mismunandi dýpi. Af myndunum sést að ferskvatnslinsan þykkar mjög hratt til austurs og nær niður í a.m.k. -100 m y.s. í austur- og norðurhluta svæðisins. Eins og rætt var um í kafla um kvörðun líkansins er þykkt linsunnar mjög óviss í norðurhluta líkansins vegna skorts á gögnum á því svæði.



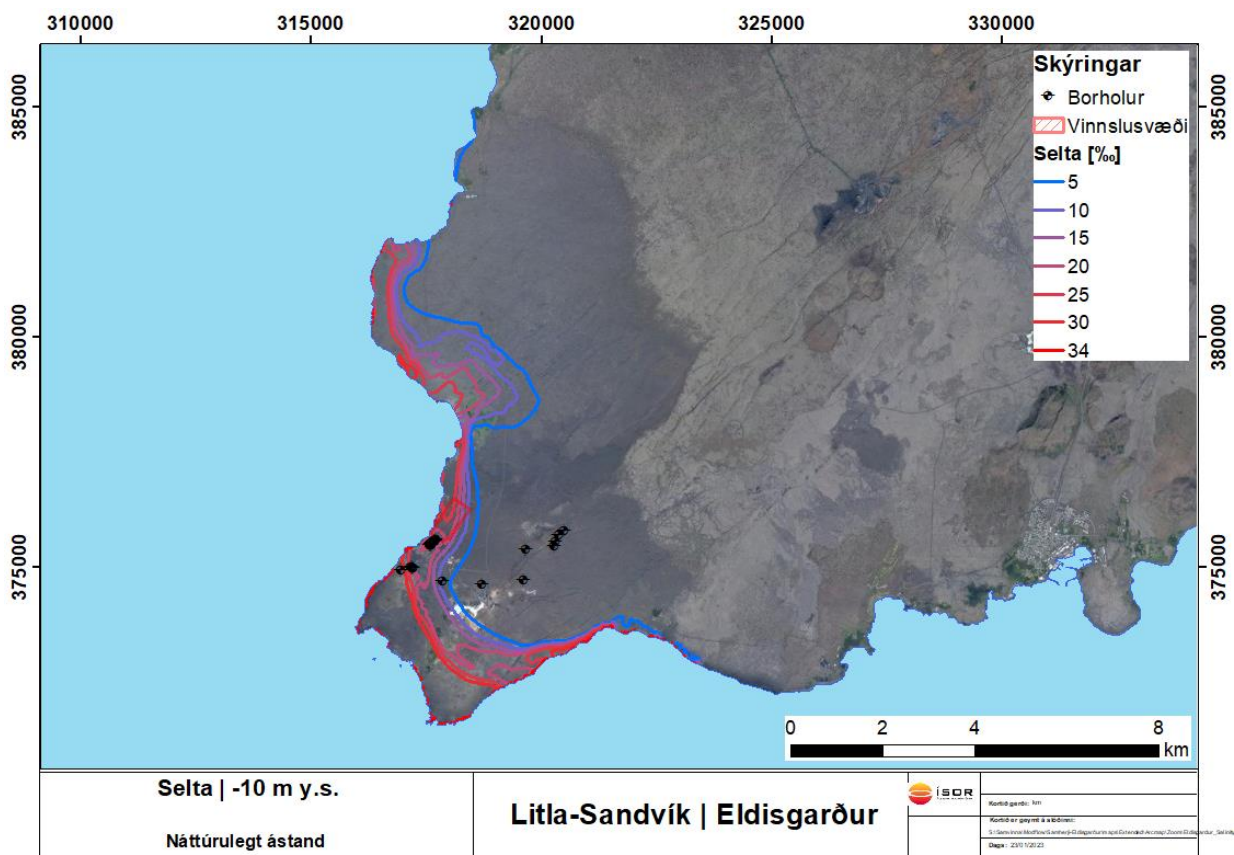
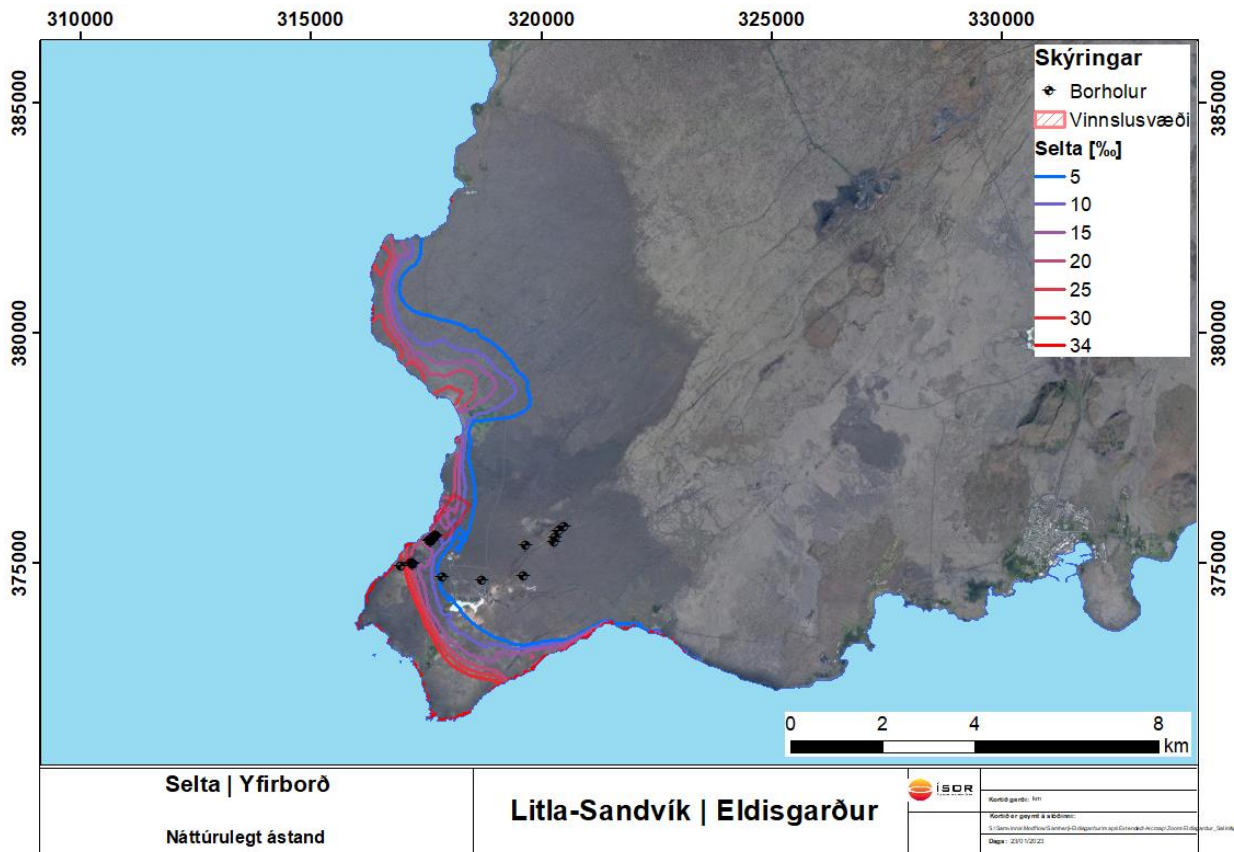
Mynd 7. Áætlað aðrennslissvæði ferkvatns að fyrirhuguðu vinnslusvæði Samherja fiskeldis.



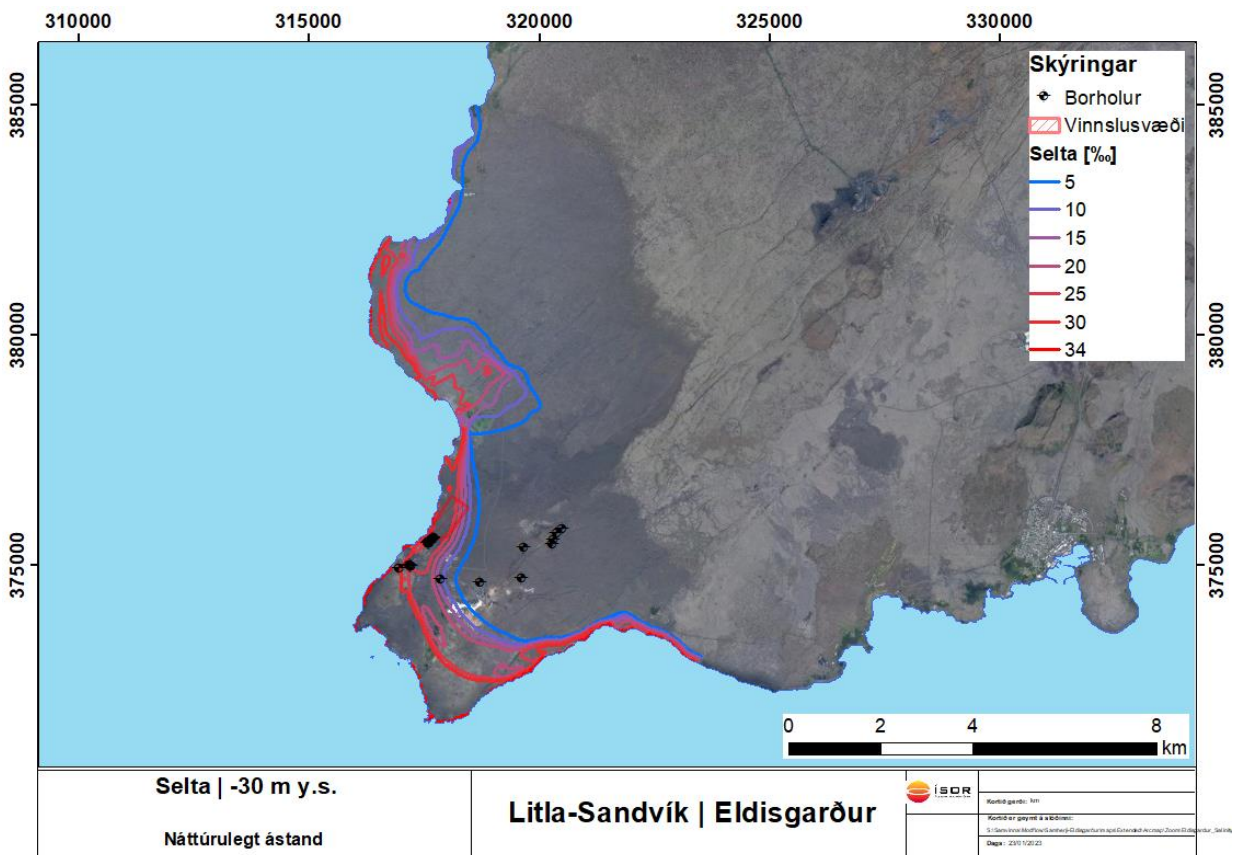
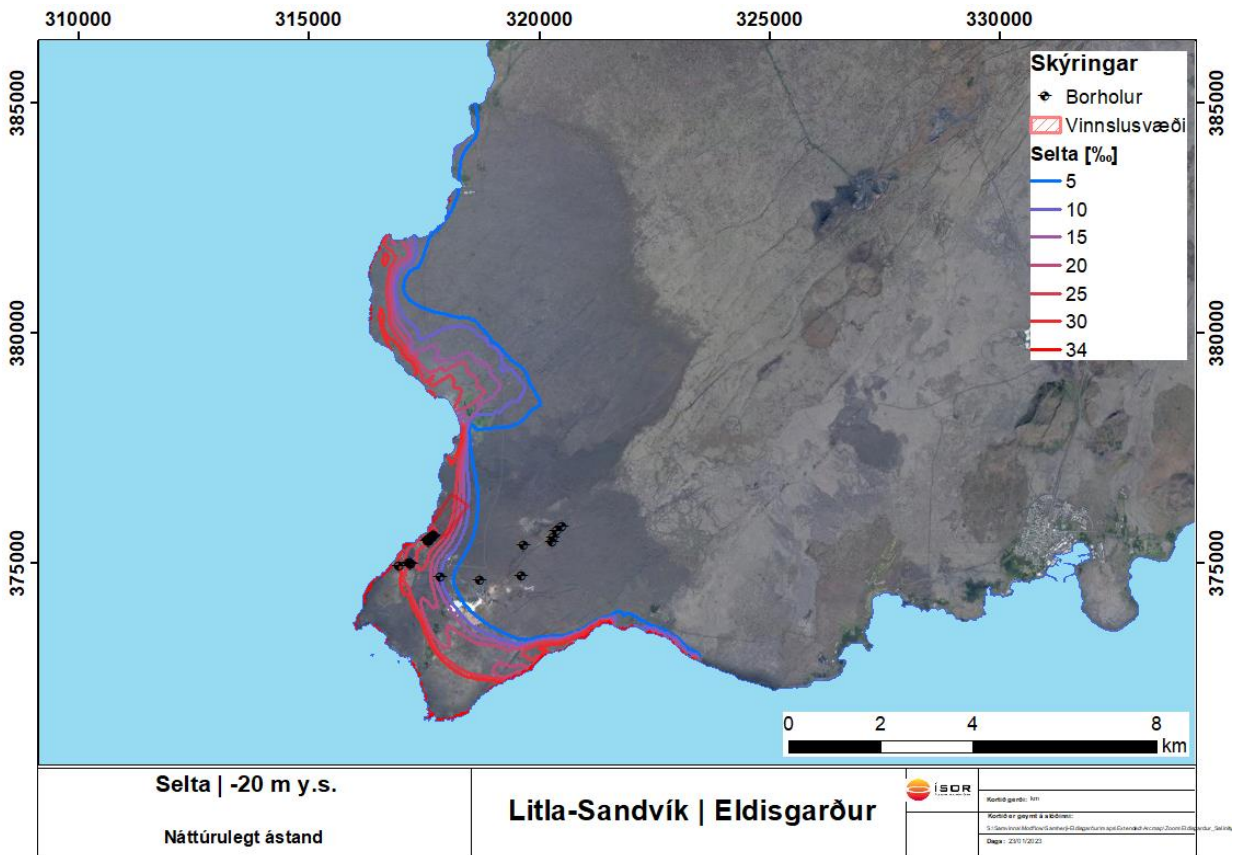
Mynd 8. Vatnsborð (m y.s.) og grunnvatnsrennsli (örvar) í efsta lagi líkansins fyrir náttúrulegt ástand svæðisins. Rauðir punktar sýna staðsetningu borholna á svæðinu.



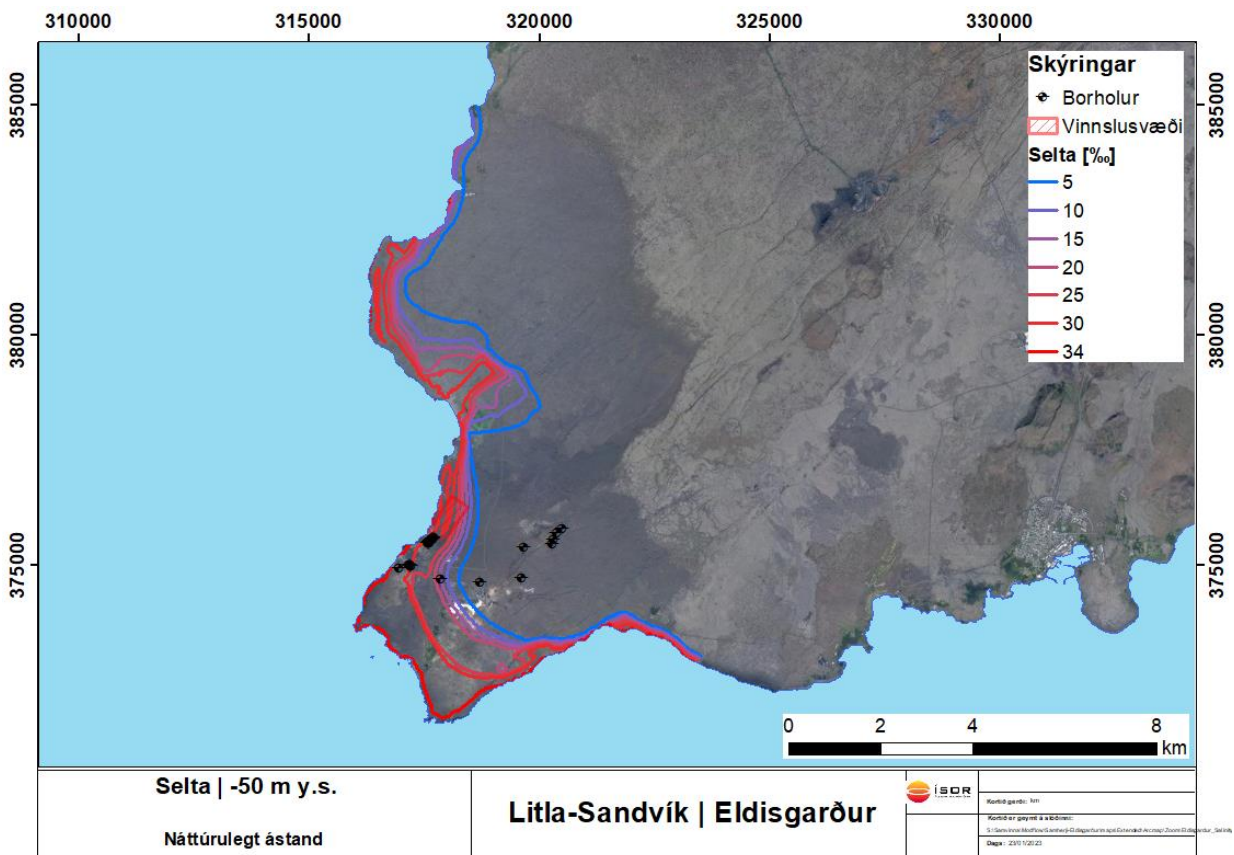
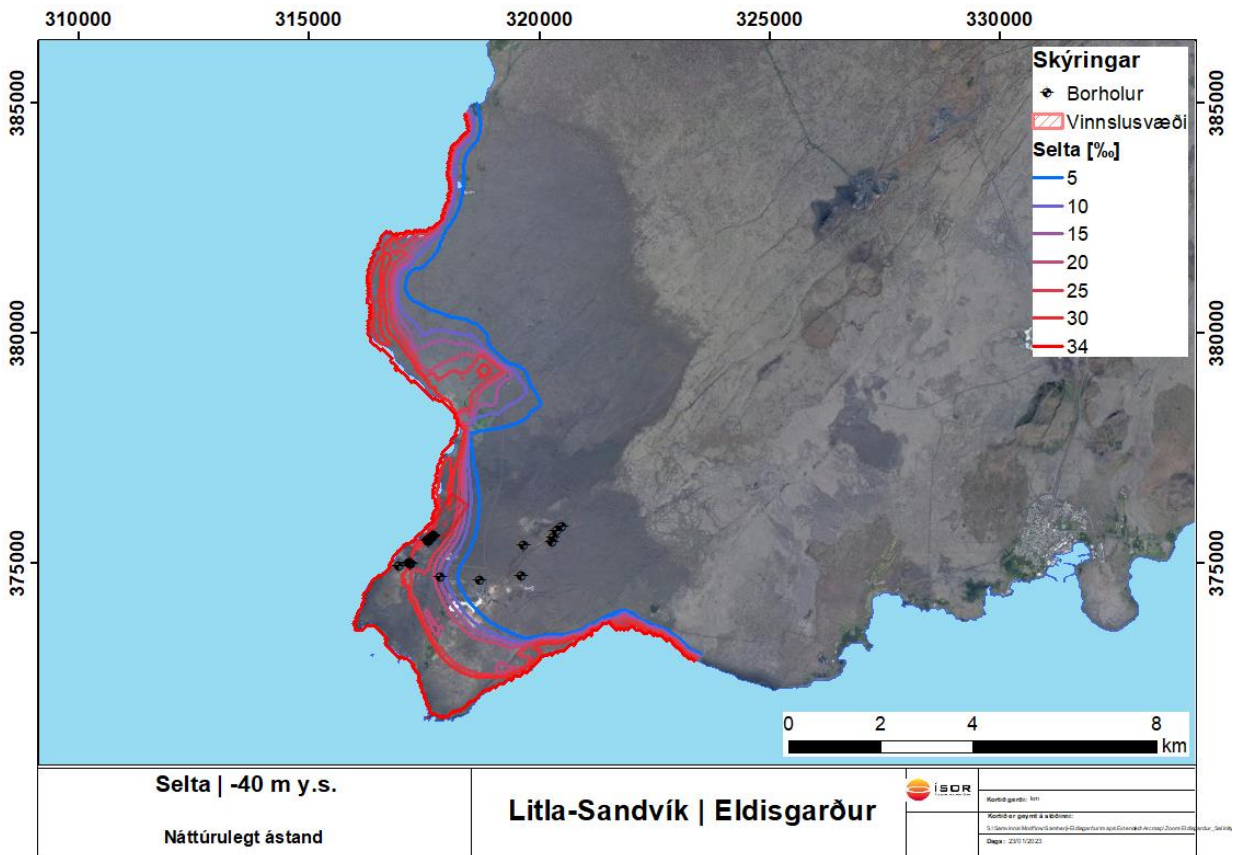
**Mynd 9.** Hermt vatnsborð (m y.s.) fyrir náttúrulegt ástand svæðisins. Nærmynd af vatnsborði nálægt vinnslusvæðinu má sjá í viðauka A.



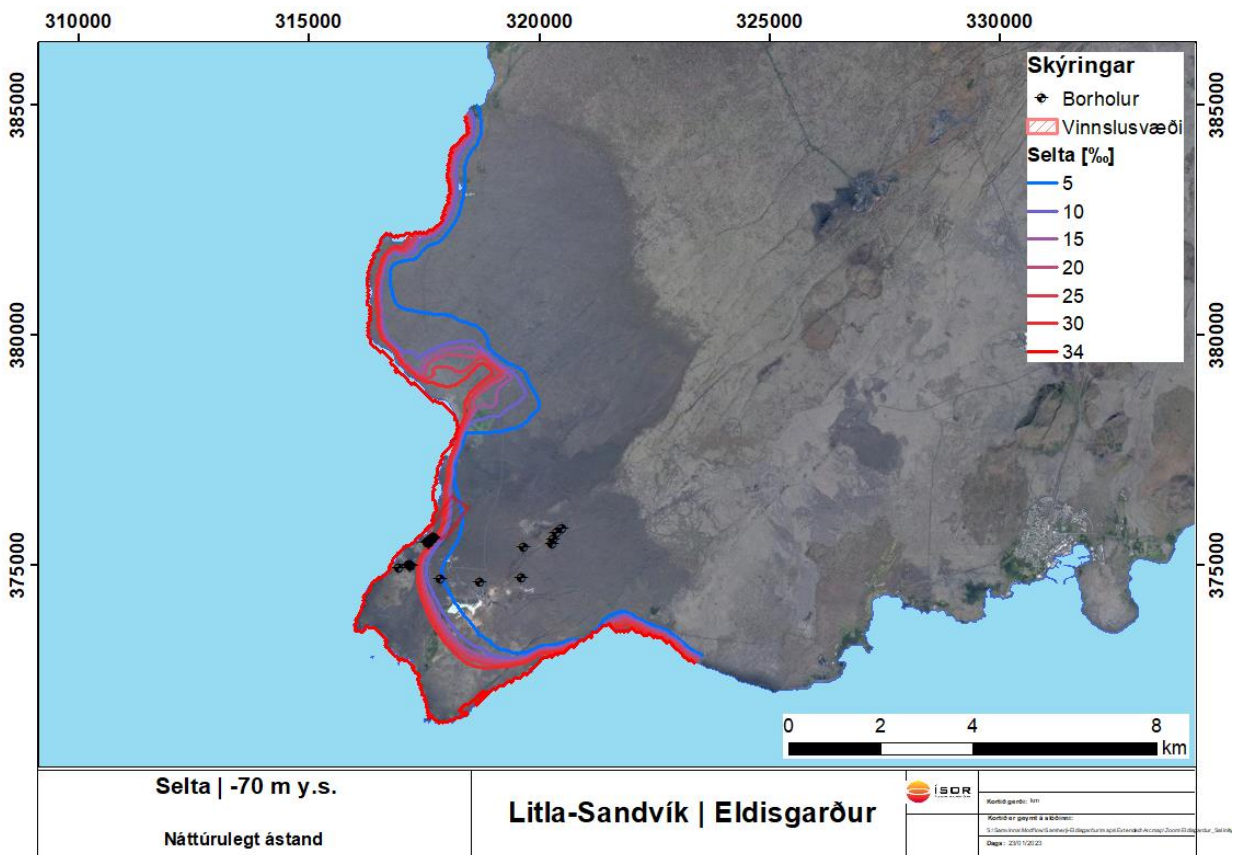
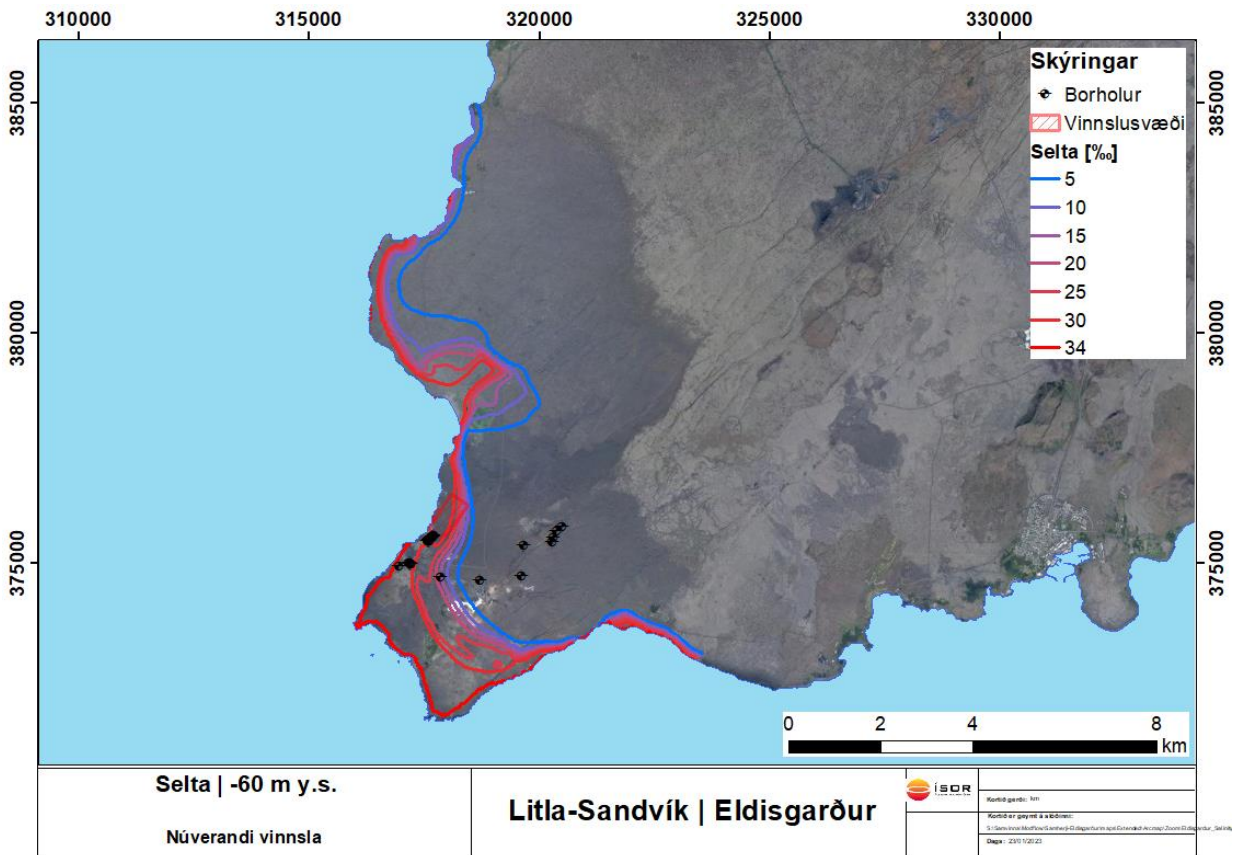
Mynd 10. Dreifing seltu fyrir náttúrulegt ástand svæðisins fyrir mismunandi dýpi. Nærmynd af dreifingu seltu nálægt vinnslusvæðinu má sjá í viðauka A.



Mynd 10. (Frh.)



Mynd 10. (Frh.)



Mynd 10. (Frh.)

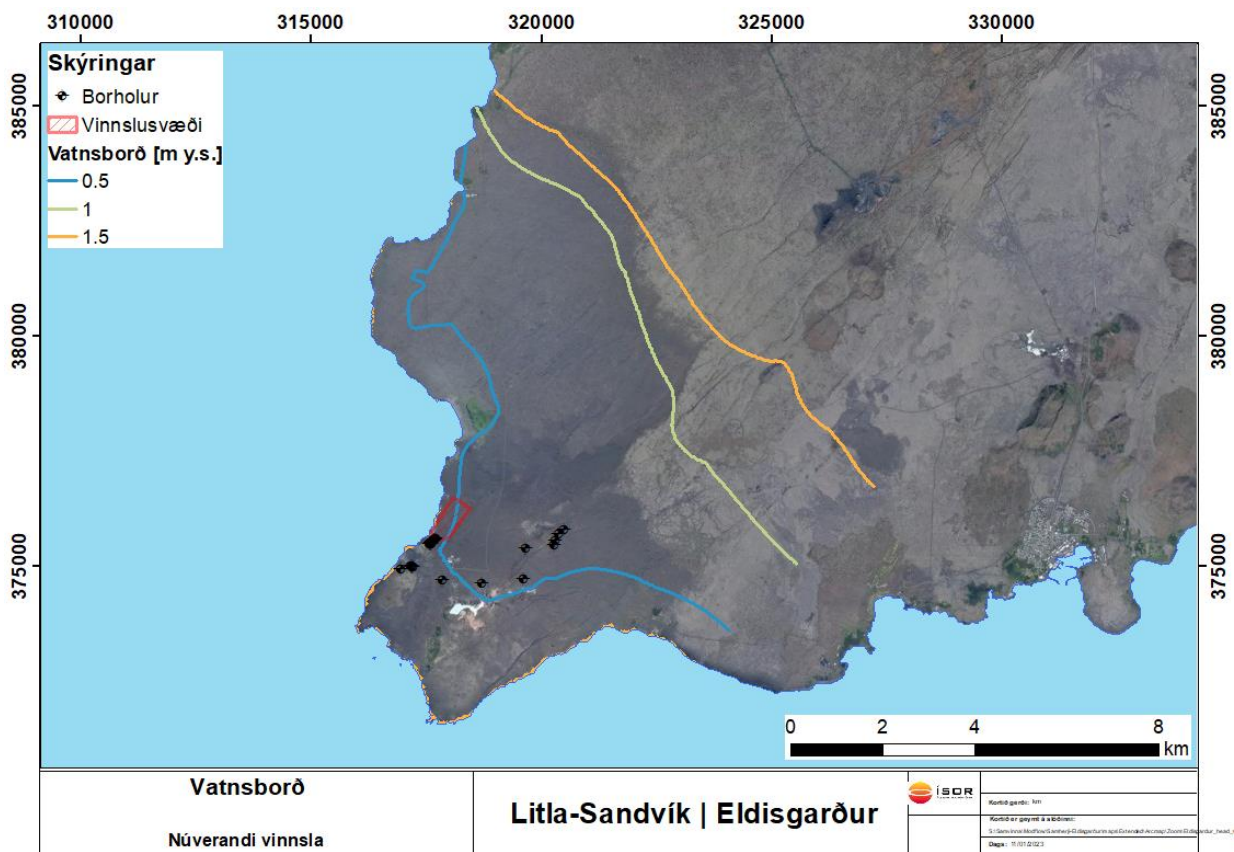


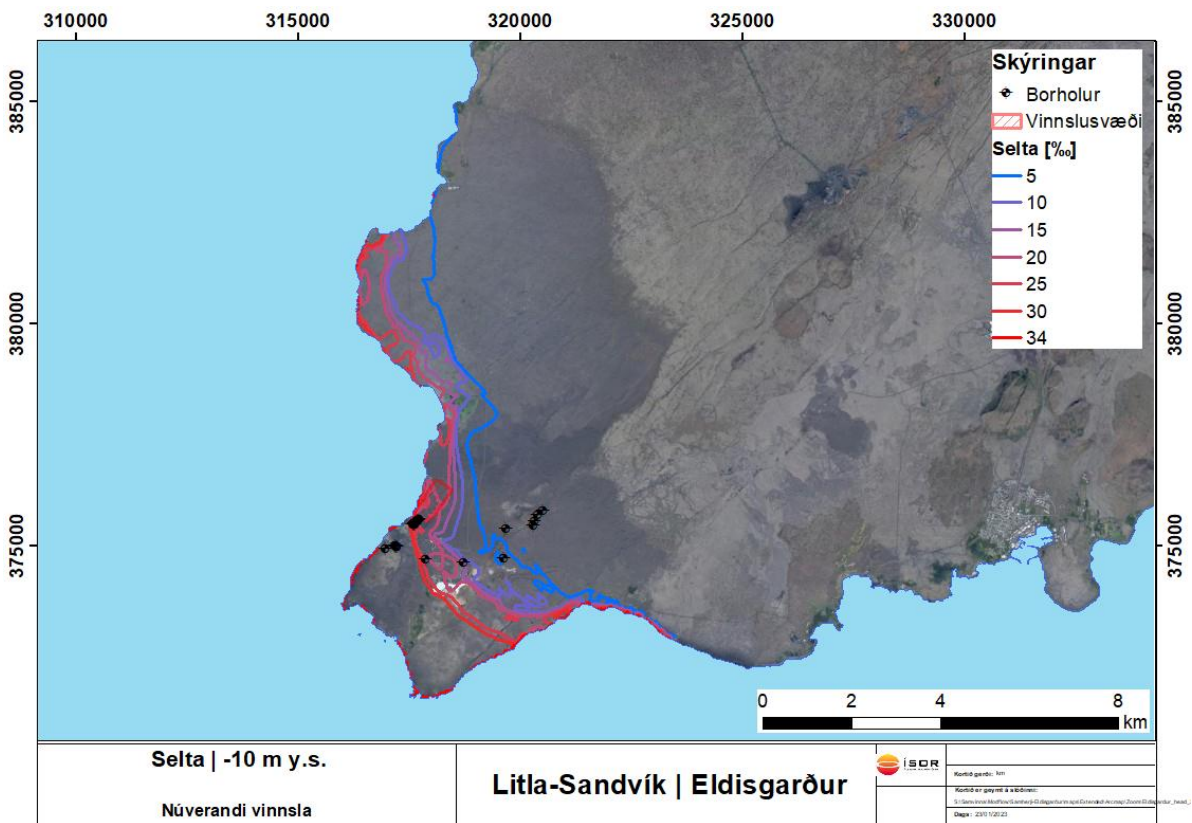
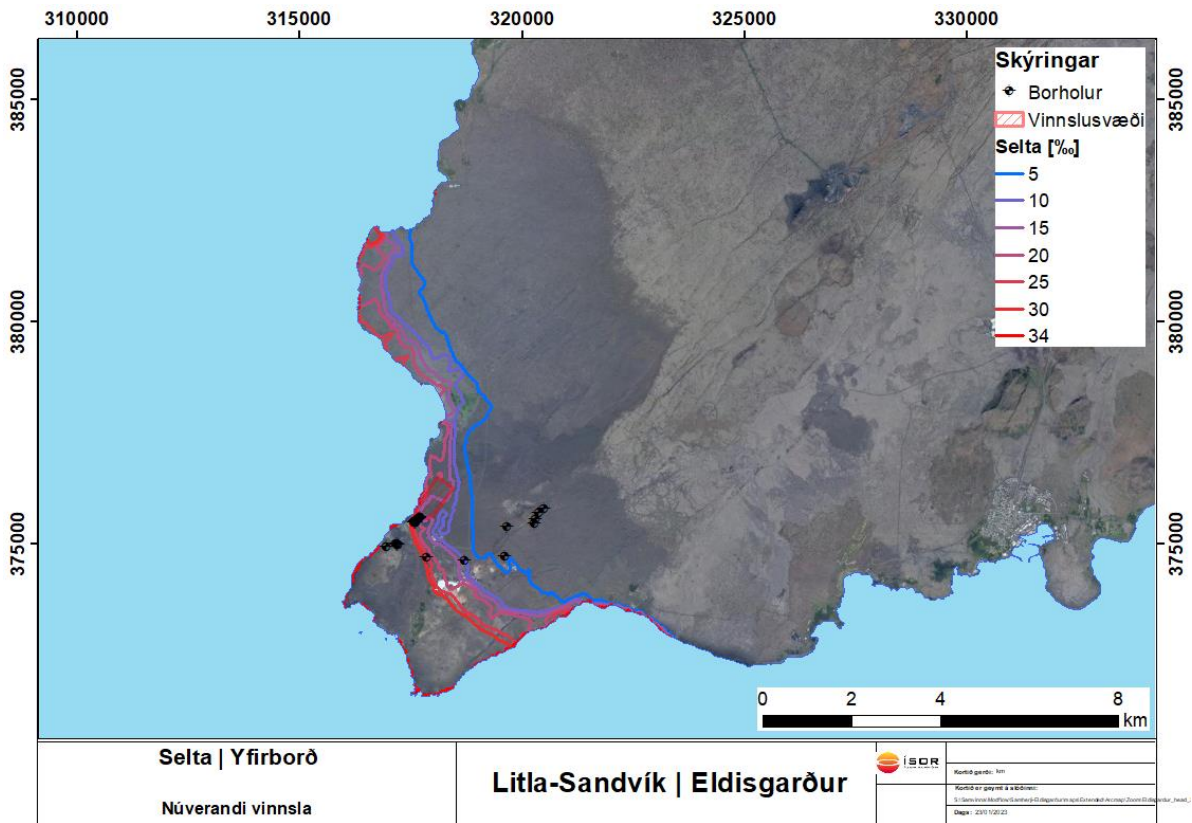
## 4.2 Núverandi vinnsla

Hermun framtíðarvinnslu notast við niðurstöður hermunar á vinnslu úr sjötökusvæði Reykjanesvirkjunar sem byrjunarpunkt. Til að áætla áhrif af núverandi vinnslu á svæðinu voru notaðar upplýsingar um dælingu úr sjötökuholum Reykjanesvirkjunar (Sigurður G. Kristinsson og Þórólfur H. Hafstað, 2008, 2011). Hermd var heildarvinnsla upp á ~3500 L/s úr sjötökusvæðinu en tafla 3 sýnir þá vinnslu sem var hermd í einstökum holum. Notuð eru gildi vinnslu sem var til staðar á svæðinu í september 2008 en sú tala er nálægt þeirri heildarvinnslu sem var á svæðinu 2006 og 2011. Líkanið var látið herma þessa vinnslu í um 16 ár til að skoða áhrif hennar frá 2006 til 2022. Ekki var tekið tillit til árstíðabundinna sveifla í reikningunum en gert er ráð fyrir að líkanið sýni meðalstöðu kerfisins yfir tímabilið.

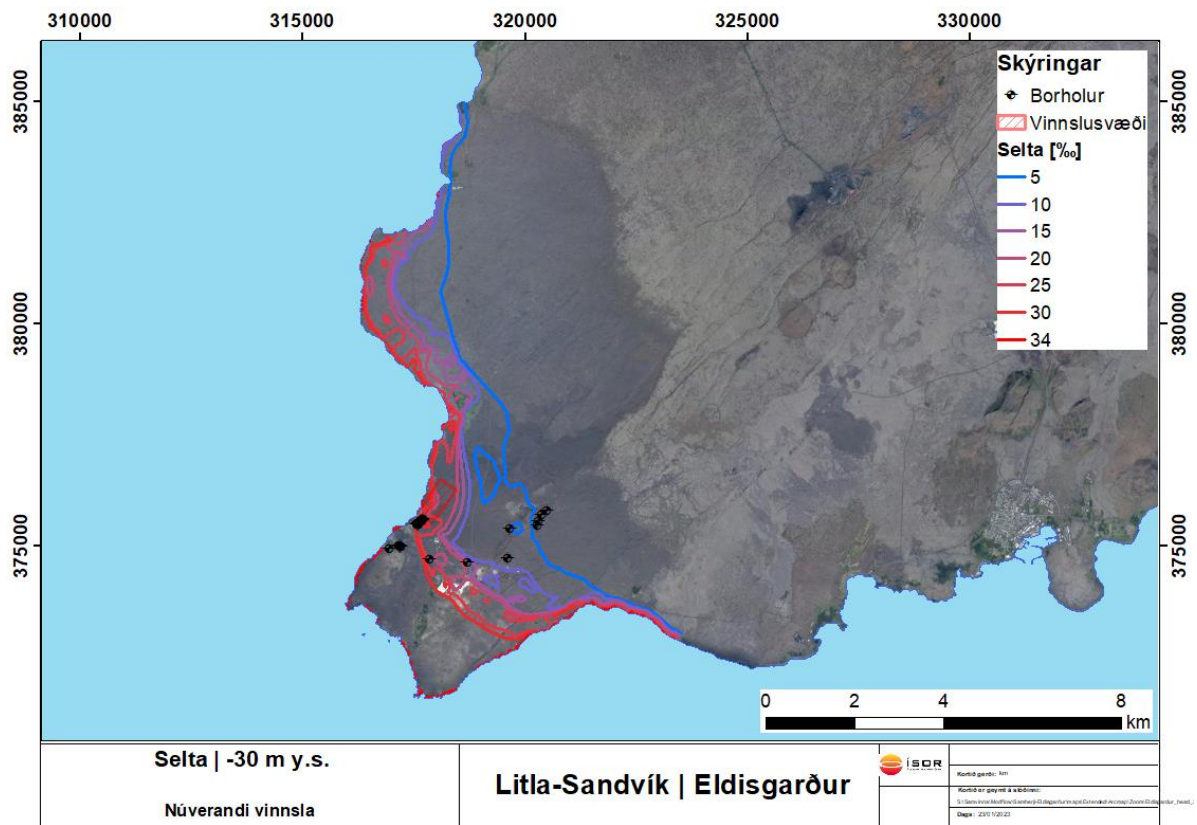
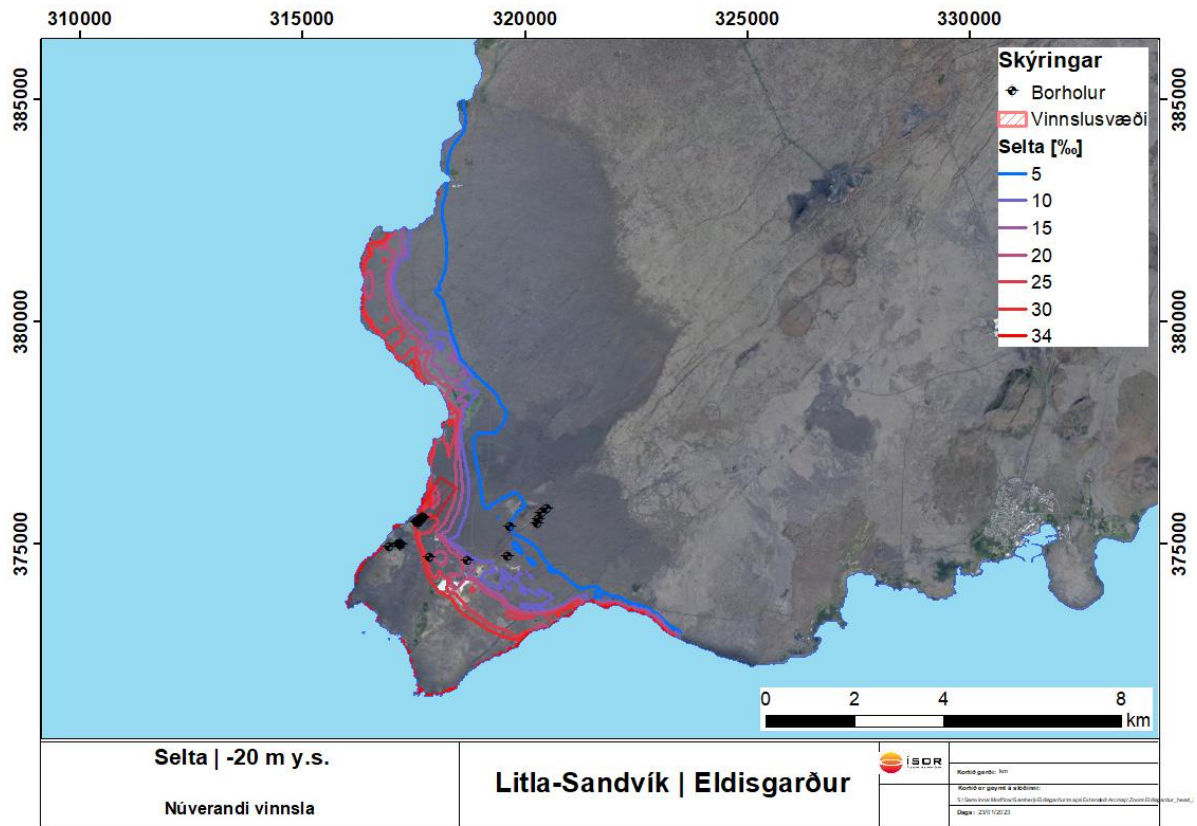
Mynd 11 sýnir stöðu vatnsborðs á svæðinu eftir 16 ára vinnslu. Ef þessi mynd er borin saman við mynd 9, sem sýnir náttúrulegt ástand, sést að vatnsborðið breytist lítillega á svæðinu vegna vinnslunnar.

Mynd 12 sýnir dreifingu seltu á svæðinu eftir 16 ára vinnslu. Einnig eru gefin nokkur tvö þversnið (mynd 13) af dreifingu seltu nálægt fyrirhuguðu vinnslusvæði á mynd 14. Almennir virðist sem vinnslan hækki seltu á svæðinu, þ.e. grynna verður á blandlagið milli jarðsjávar og ferskvatns á svæðinu. Áhrifunum má líkja við það að vinnslan togi seltuna inn í land. Fullsaltur sjór nær lengra inn á land en fyrir náttúrulegt ástand.

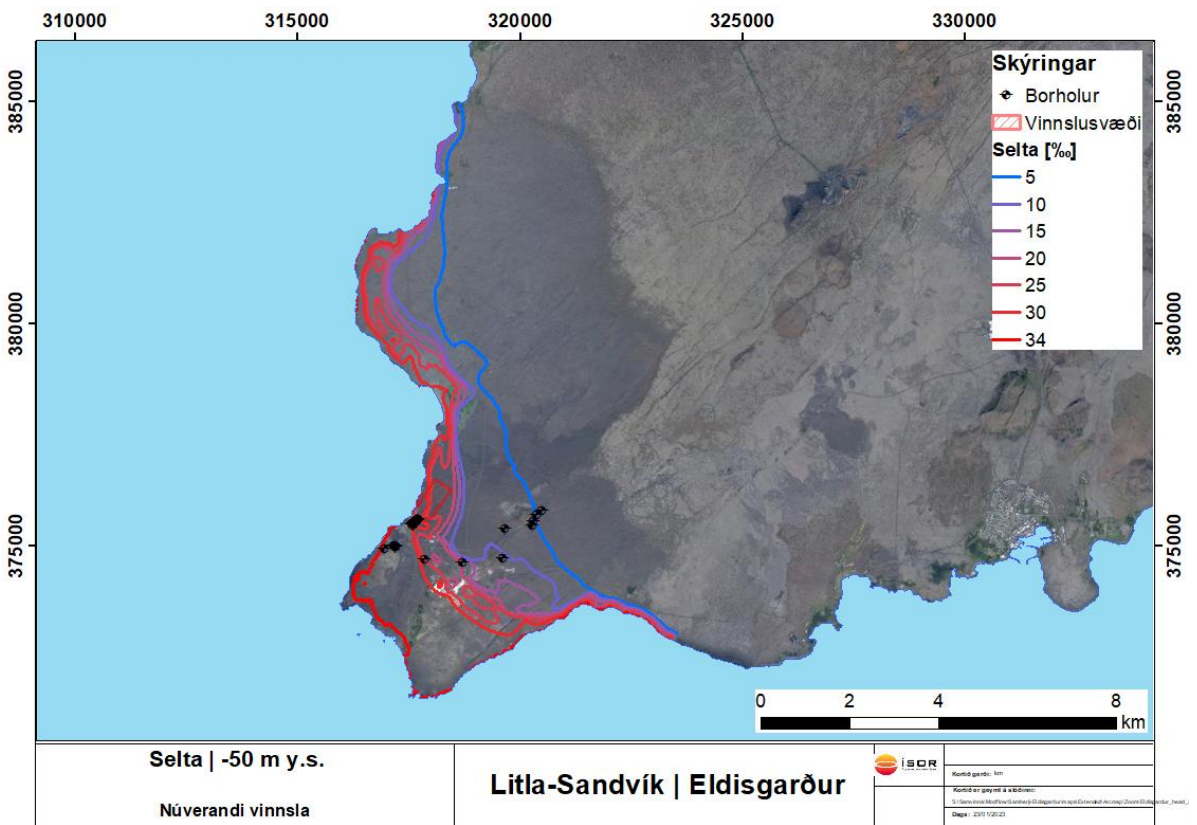
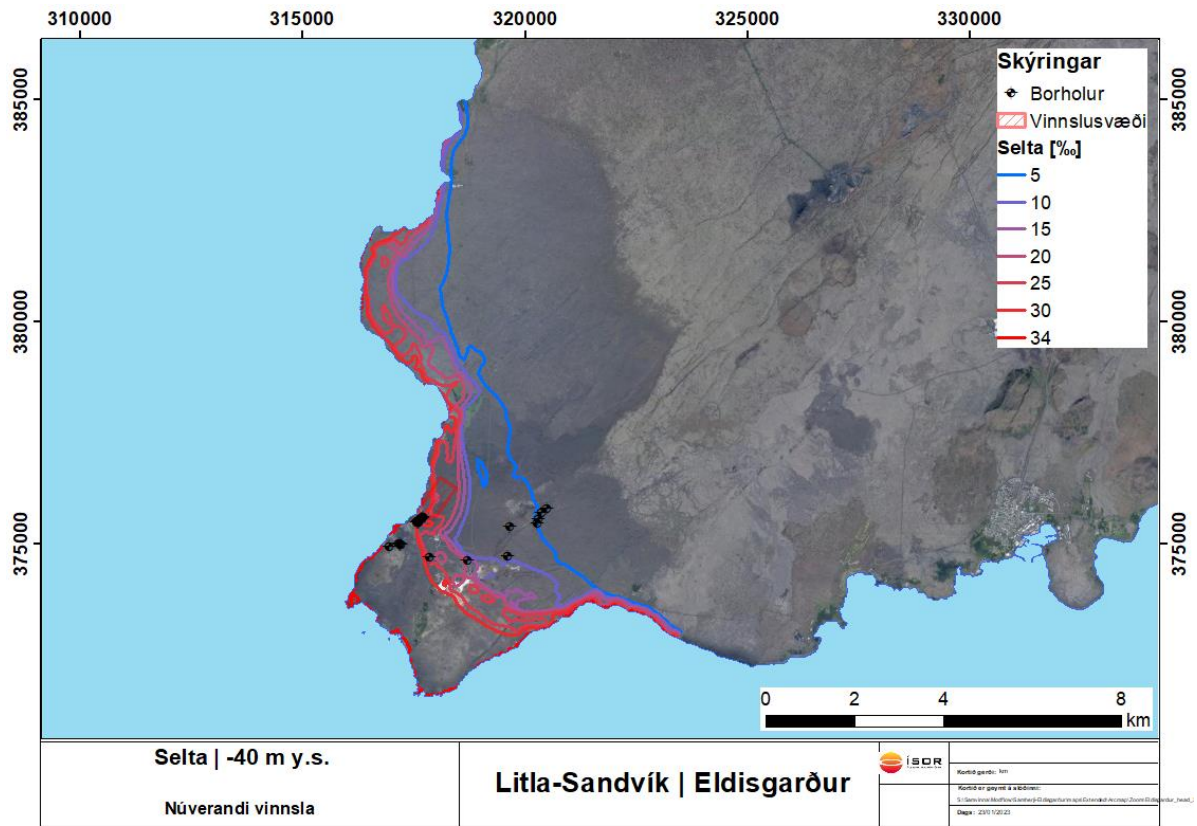




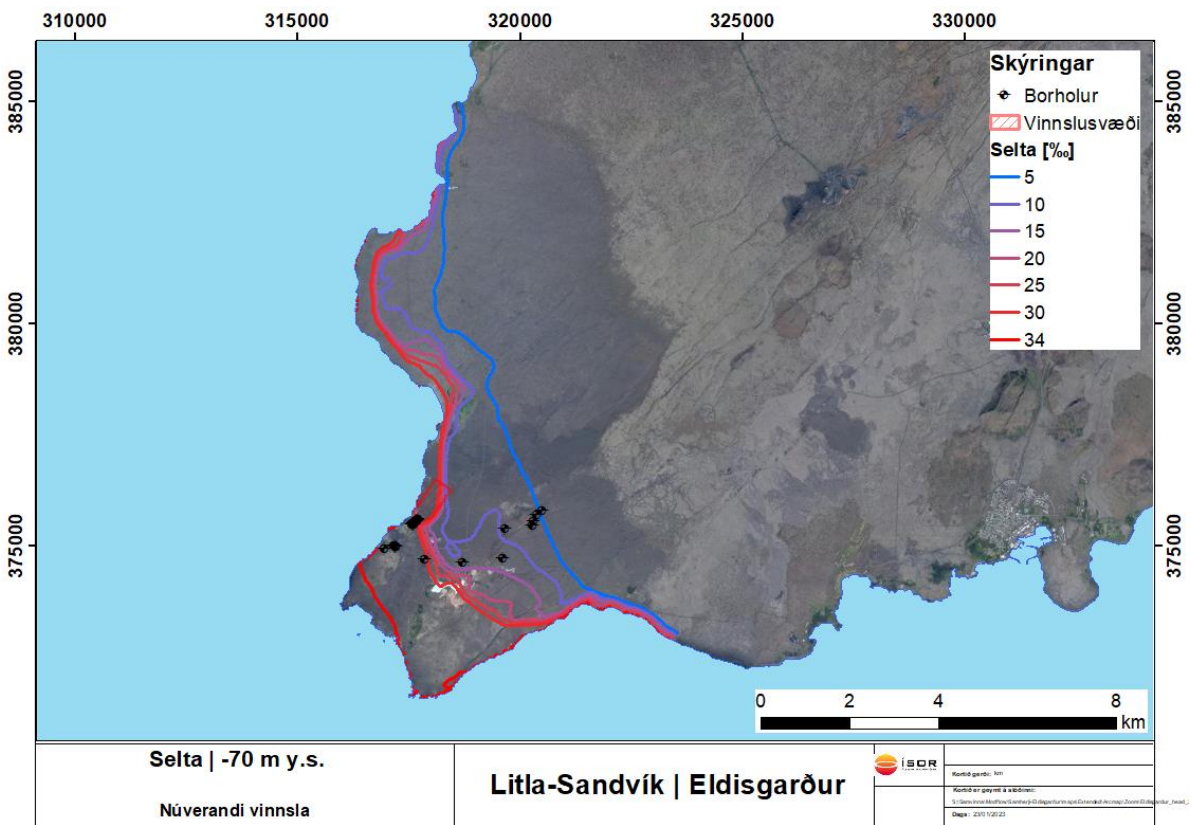
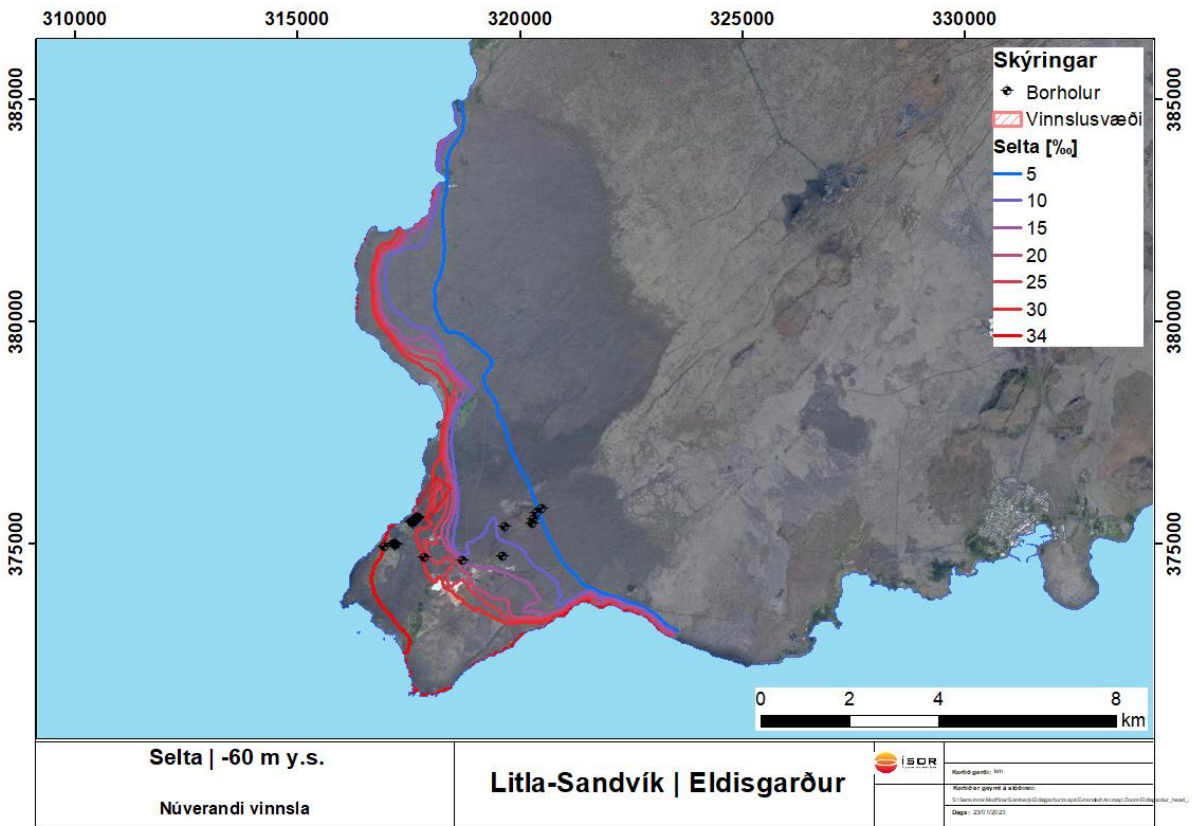
**Mynd 12.** Dreifing seltu eftir ~3500 L/s vinnslu á sjótökusvæði Reykjanesvirkjunar í 16 ár fyrir mismunandi dýpi. Nærmynd af dreifingu seltu nálægt vinnslusvæðinu má sjá í viðauka B.



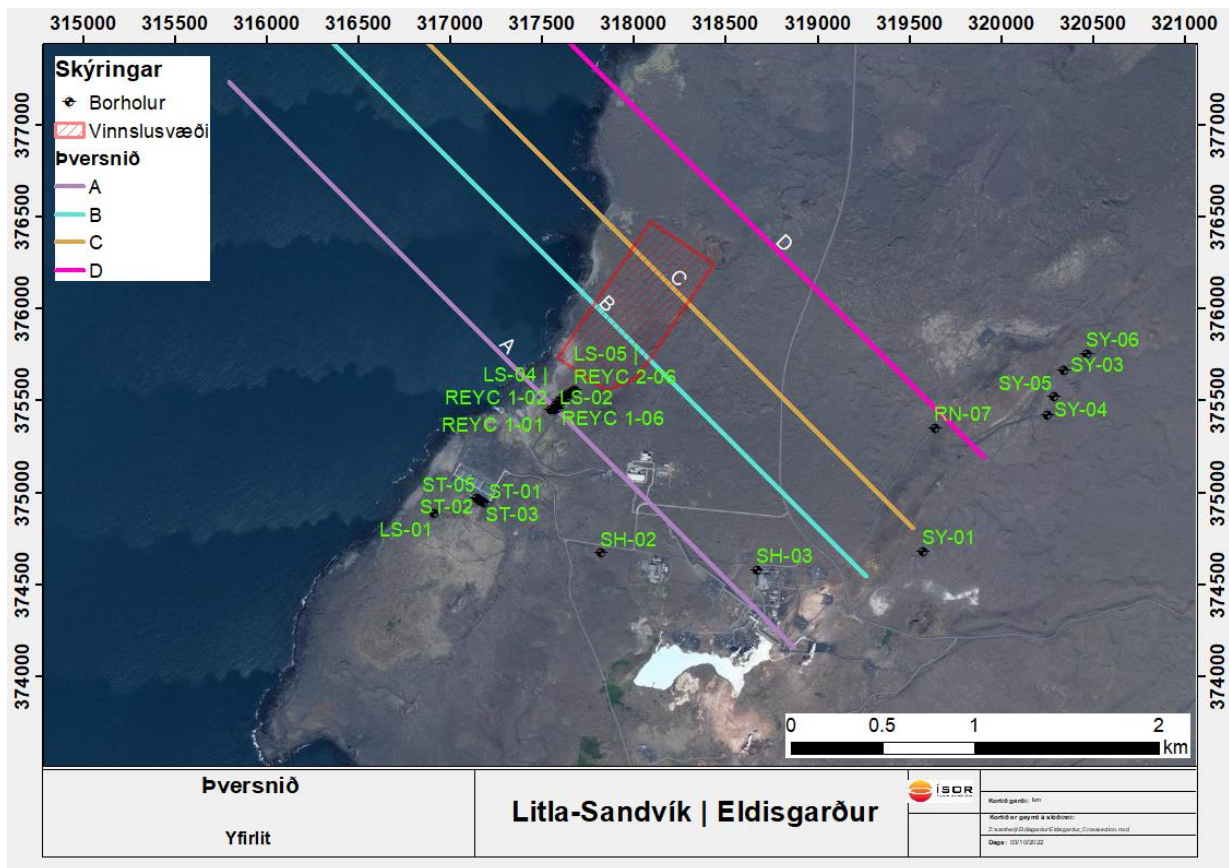
Mynd 12. (Frh.)



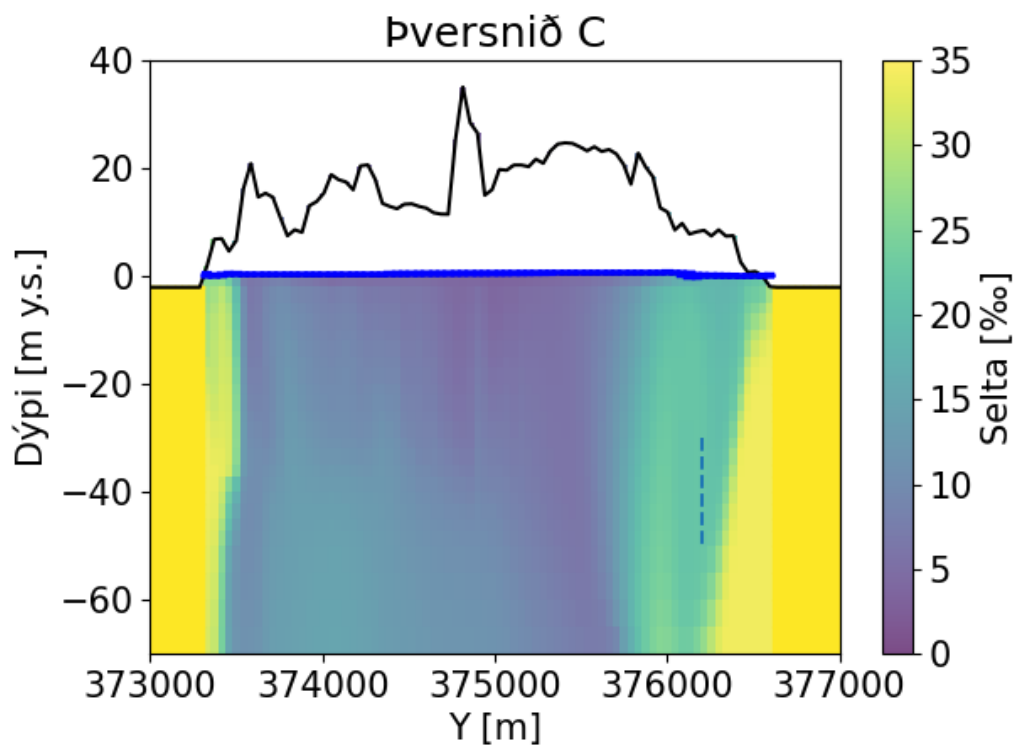
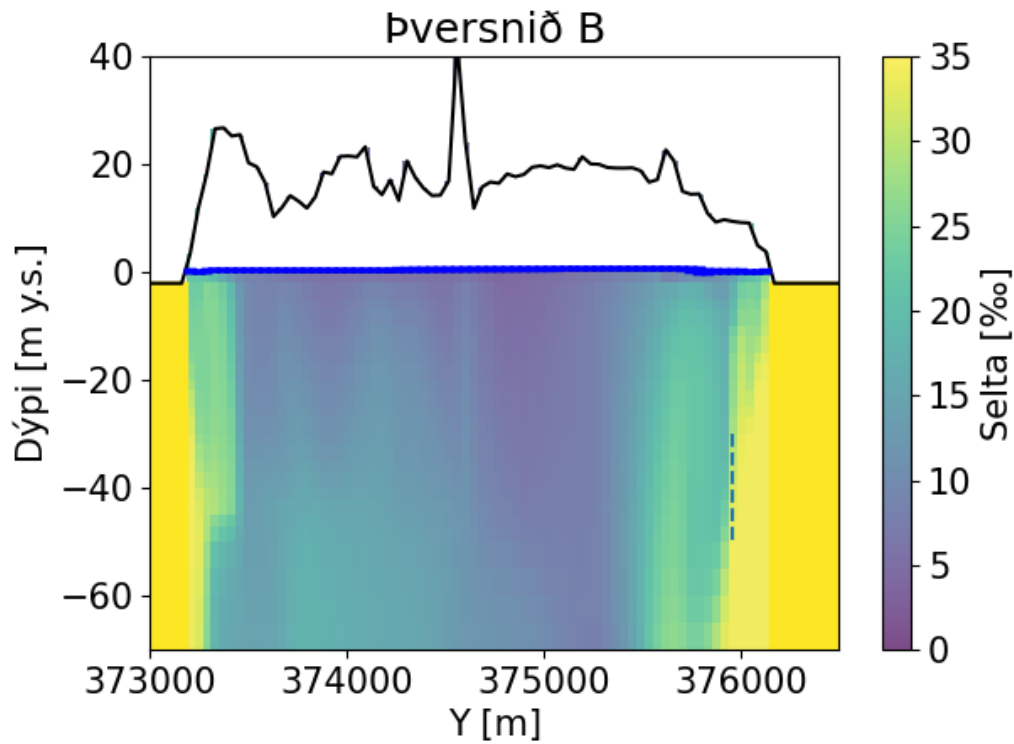
Mynd 12. (Frh.)



Mynd 12. (Frh.)



Mynd 13. Yfirlitsmynd sem sýnir staðsetningu mismunandi þversniða í gegnum svæðið.



**Mynd 14.** Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi við núverandi vinnslu. Skærgulir hlutar þversniðanna sýna full saltan sjó. Legu þversniða má sjá á mynd 13. Hæð landslags á myndinni er ýkt til að sýna betur dreifingu vatnsborðs og seltu. Blá brotalína milli -30 og -50 m y.s. sýnir hvar fyrirhugað vatnstökusvæði vinnsluholna Samherja fiskeldis verður, þ.e.a.s. þar sem nýjar vinnsluholur verða opnar út í bergið.

### 4.3 Framtíðarvinnsla

Áætlað er að vinnsla jarðsjávar á framkvæmdasvæði Samherja fiskeldis í Sandvík verði gerð í þremur áföngum, þ.e.a.s. heildarvinnslu upp á 7.500 L/s í fyrsta áfanga, 15.000 L/s í öðrum áfanga og loks 30.000 L/s í þriðja áfanga. Fyrirhugað sjávartökusvæði Samherja fiskeldis er merkt sem rautt svæði á mynd 3. Nýjum sjótökuholum á svæðinu er ætlað að dæla um 500 L/s af fullsöltum sjó og þýðir það um 15 nýjar holur í fyrsta áfanga, 30 holur í öðrum áfanga og 60 í lok þriðja áfanga. Allar nýjar vinnsluholur voru niður í -50 m y.s. og eru opnar út í bergið í neðstu 20 m, þ.e. frá -30 m y.s.. Einnig voru athugaðar dýpri holur, í -70 m y.s., en ekki voru marktækar breytingar milli þeirra og grynnri holnanna.

Til að meta áhrif þessara áforma á svæðið var líkanið látið herma umrædda vinnslu í 50 ár. Athuguð voru þrjú mismunandi vinnslutilvik, heildarvinnslu upp á 7.500 L/s, 15.000 L/s og 30.000 L/s, í samræmi við framkvæmdaáfanga á svæðinu. Til viðbótar var gert ráð fyrir stöðugri vinnslu á sjótökusvæði Reykjanesvirkjunar upp á 3500 L/s. Gert er ráð fyrir að vinnsla Samherja fiskeldis verði stöðug á svæðinu, þ.e.a.s. að ekki verða miklar breytingar á heildarvinnslu af svæðinu yfir spátíman.

#### 4.3.1 Áfangi 1: 7.500 L/s

Í fyrsta tilviki var hermd vinnsla upp á 7.500 L/s á svæði Samherja fiskeldis. Til þess voru staðsettar 15 sjótökuholur á svæðinu, eins og sést á mynd 15. Þessar holur náðu annaðhvort niður í -50 m y.s. og voru seinustu 20 m holnanna opnar, milli -30 m y.s. og -50 m y.s.. Ásamt þessum vinnsluholum voru staðsettar tvær eftirlitsholur, OBS-1 og OBS-2, á svæðinu. Eftirlitsholurnar eru opnar og ná niður í -70 m y.s. Ein þeirra, OBS-1, var til suðurs en hin, OBS-2, til norðurs en holurnar má sjá á mynd 15.

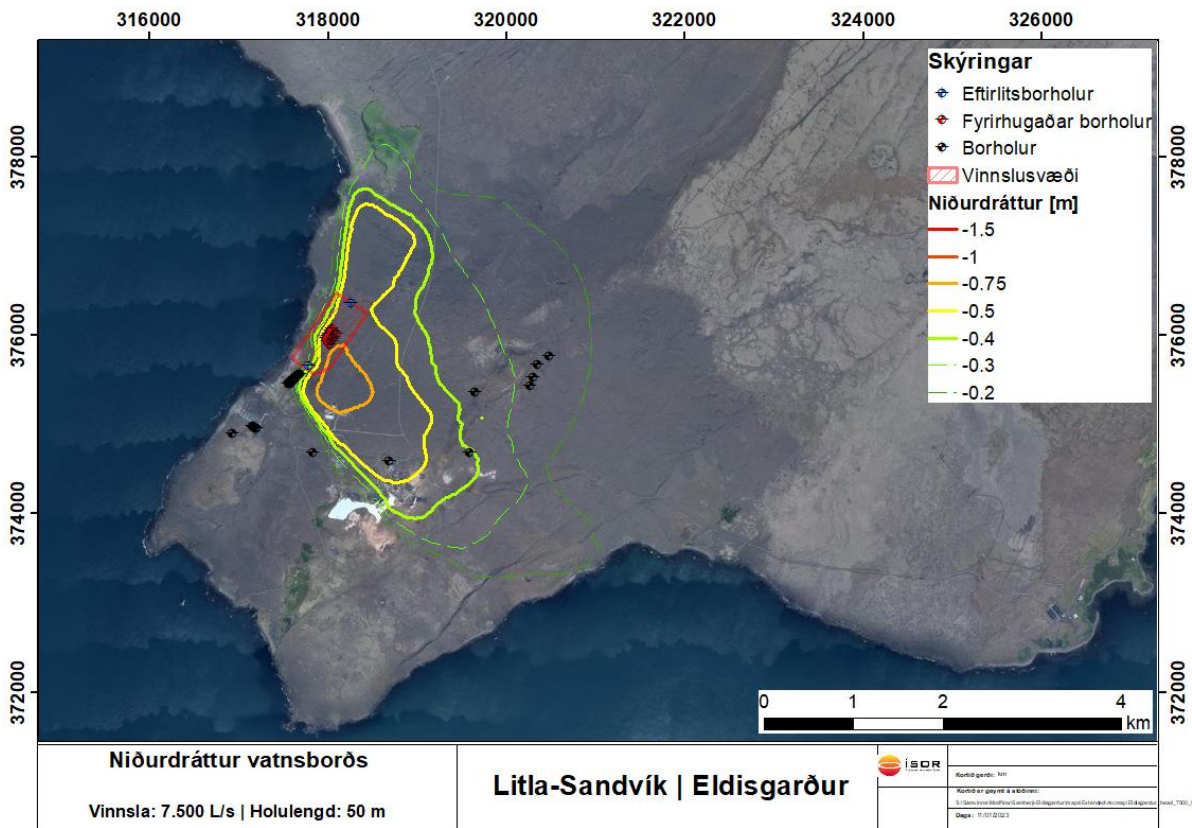
Mynd 15 sýnir reiknaðan niðurdrátt vatnsborðs á svæðinu eftir 50 ára vinnslu, miðað við núverandi vinnslu (mynd 11). Af mynd sést að vatnsborð nálægt svæðinu hefur lækkað um 75 cm. Mesta lækkun er til suðurs en það er vegna samliðunaráhrifa frá sjótöku Reykjanesvirkjunar. Á myndinni eru línurnar fyrir 20 og 30 cm niðurdrátt sýndar með brotalínunum, en talið er að vegna óvissu á jarðfræði og vatnshæð á svæðinu, sérstaklega fjarri fyrirhuguðu vinnslusvæði Samherja fiskeldis, sé nákvæm dreifing svo lítils niðurdráttar mjög óviss. Mynd 16 sýnir áætlað vatnsborð á svæðinu við 7.500 L/s vinnslu á svæði Samherja fiskeldi. Einhver áhrif eru á vatnsborði norður af vinnslusvæðinu, en þau áhrif eru talin vera vegna óvissu á jarðfræði og vatnsborði á því svæði, en ekki bein áhrif af aukinni vinnslu á svæðinu. Mynd 17 sýnir niðurdrátt í eftirlitsholunum LS-1 og LS-2 og þar sést að áhrif þessarar vinnslu á núverandi sjótöku á svæðinu er mest um 10 cm. Á mynd 18 sést að heildarniðurdráttur á svæðinu er undir 1 m.

Mynd 19 sýnir breytingu á seltu eftir 50 ár miðað við þá seltu dreifingu sem var hermd á svæðinu við núverandi vinnslu (mynd 12). Af henni sést að selta eykst inn í land á nesinu, mest suður af Sýrfelli. Selta hefur einnig aukist við yfirborð norðan vinnslusvæðis Samherja fiskeldis, nálægt sjónum. Smábreytingar, og minnkun seltu, sem sést til norðurs og austurs nálægt ströndinni eru ekki talin raunveruleg áhrif, heldur afleiðing óvissu jarðlaga og seldudreifingar því lengra sem farið er frá vinnslusvæðinu.

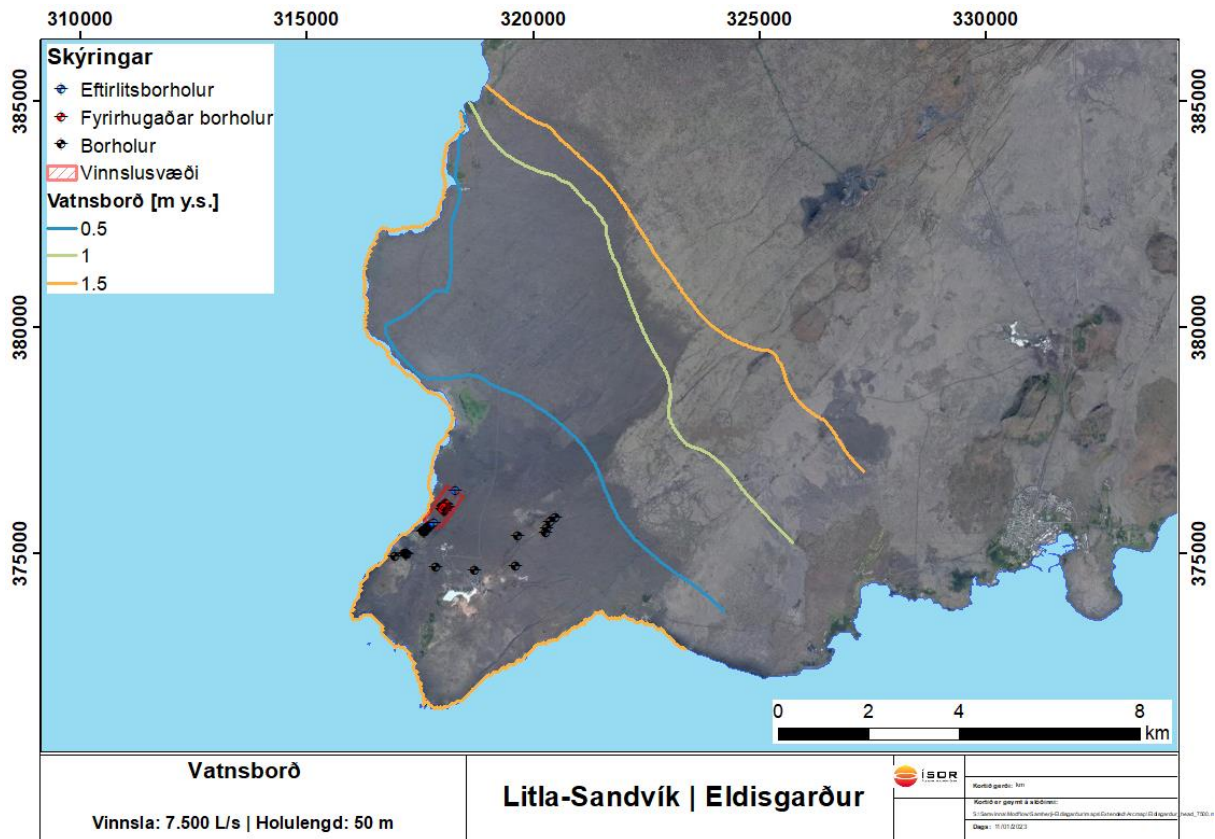
Mynd 20 sýnir þversnið af seltu í gegnum vinnslusvæðið. Opið dýpi nýrra vinnsluholna er táknað með blárrí punktalínu í þversniðunum, til að sýna staðsetningu á vatnstöku. Af



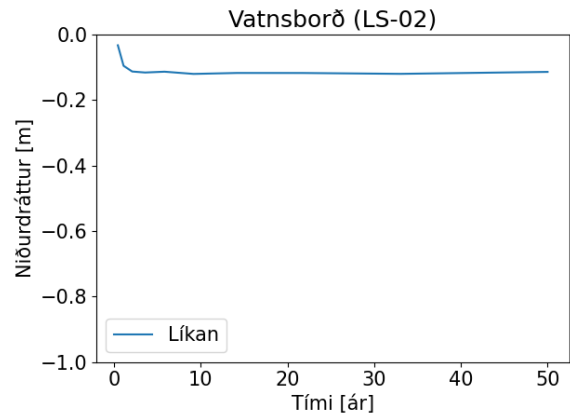
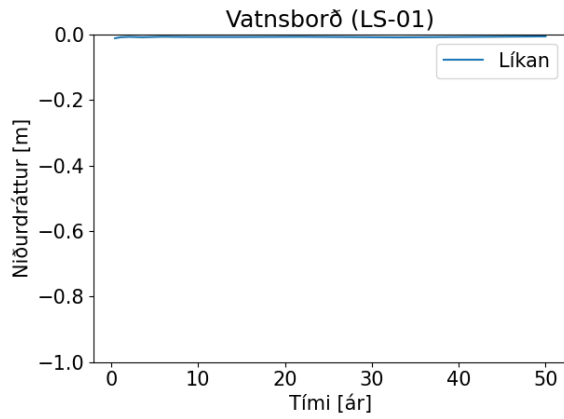
Þversniðunum sést að til suðurs hefur seltudreifing á svæðinu breyst aðeins, þ.e.a.s. að selta hefur aukist, en dreifing seltu til norðurs virðist óbreytt.



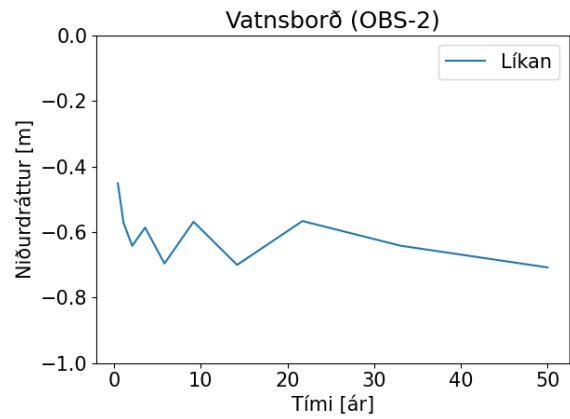
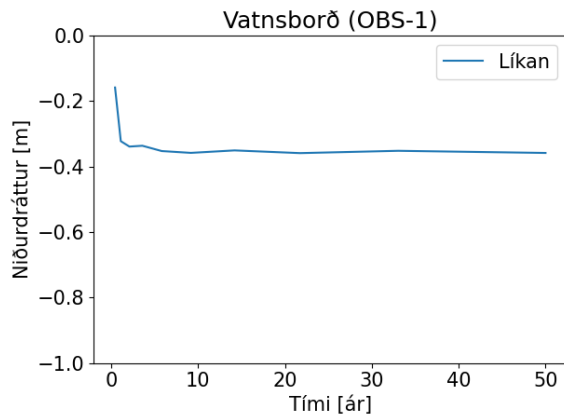
**Mynd 15.** Hermdur niðurdráttur vatnsborðs eftir 7.500 L/s vinnslu á nýju sjötökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu. Hermdar framtíðarvinnsluholur eru merktar með rauðum punktum. Bláar borholur sýna staðsetningar hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið. 20 og 30 cm niðurdráttur er sýndur með brotalínunum, þar sem nákvæm dreifing á honum er talin mjög óviss. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka C.



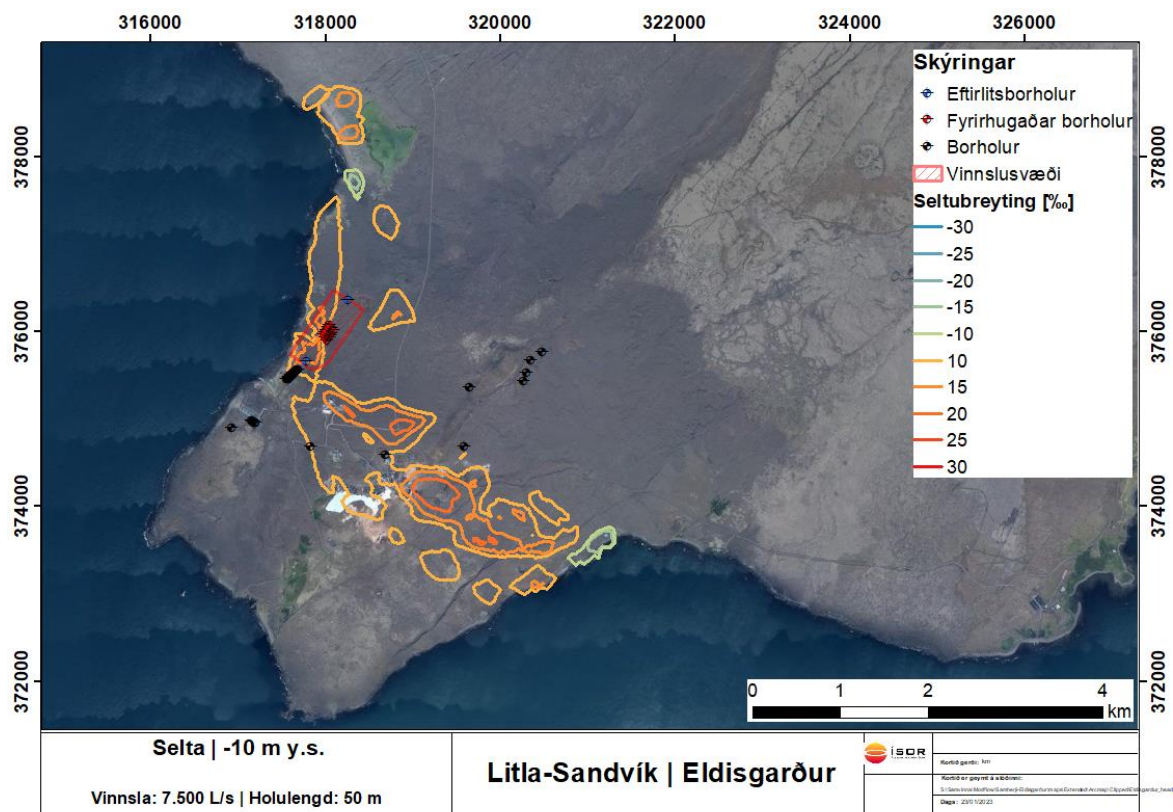
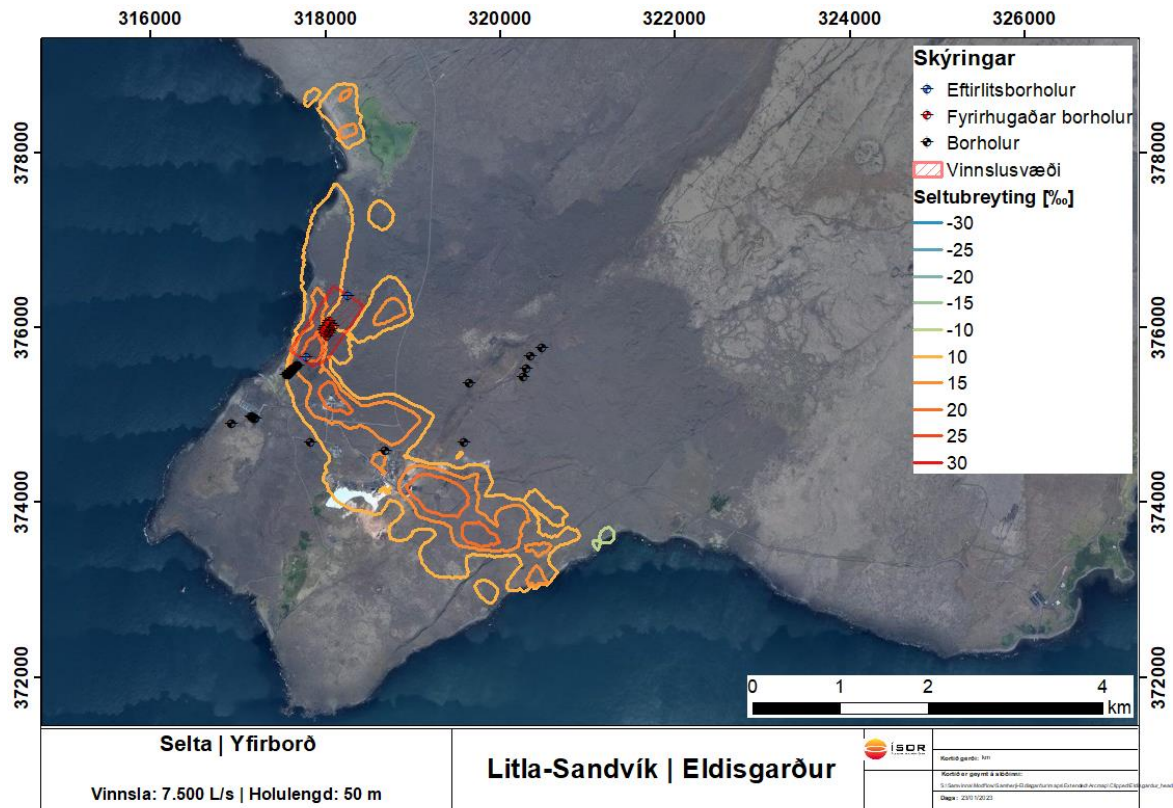
**Mynd 16.** Hermt vatnsborðs eftir 7.500 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu. Bláar borholur sýna staðsetningar hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið.



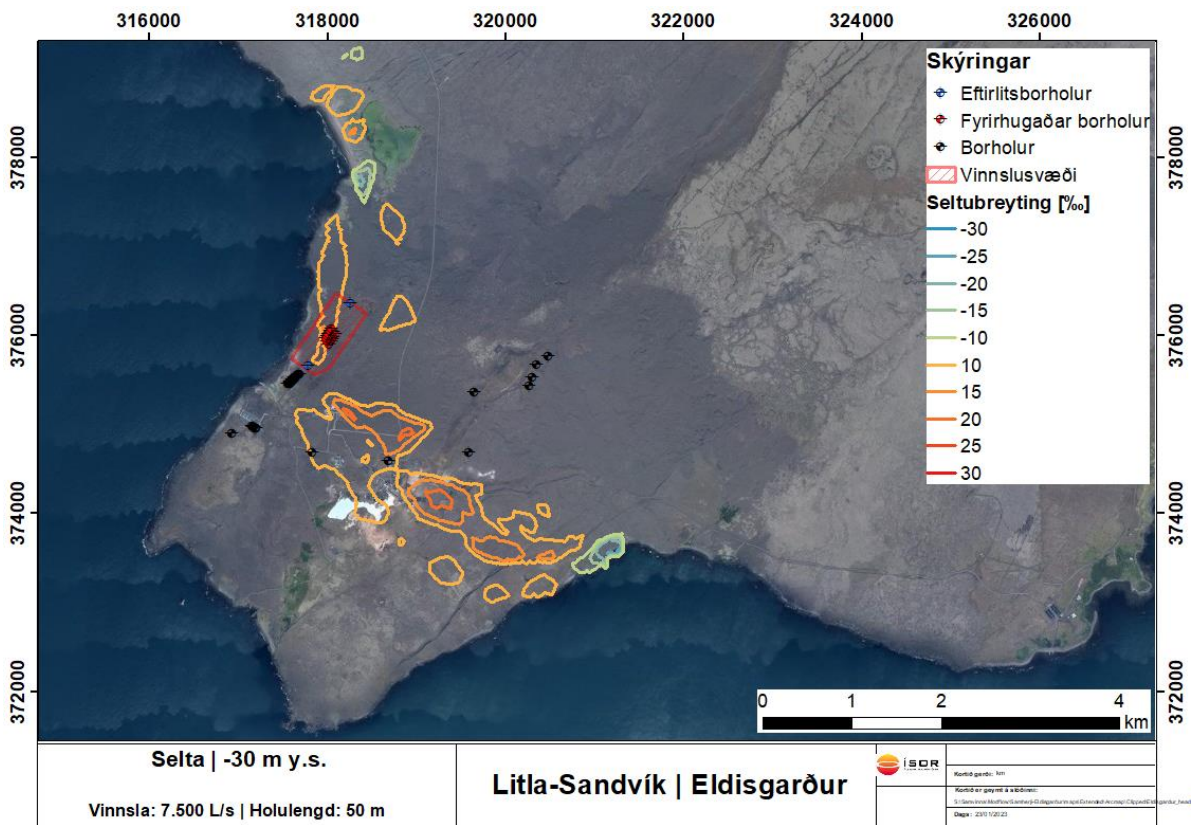
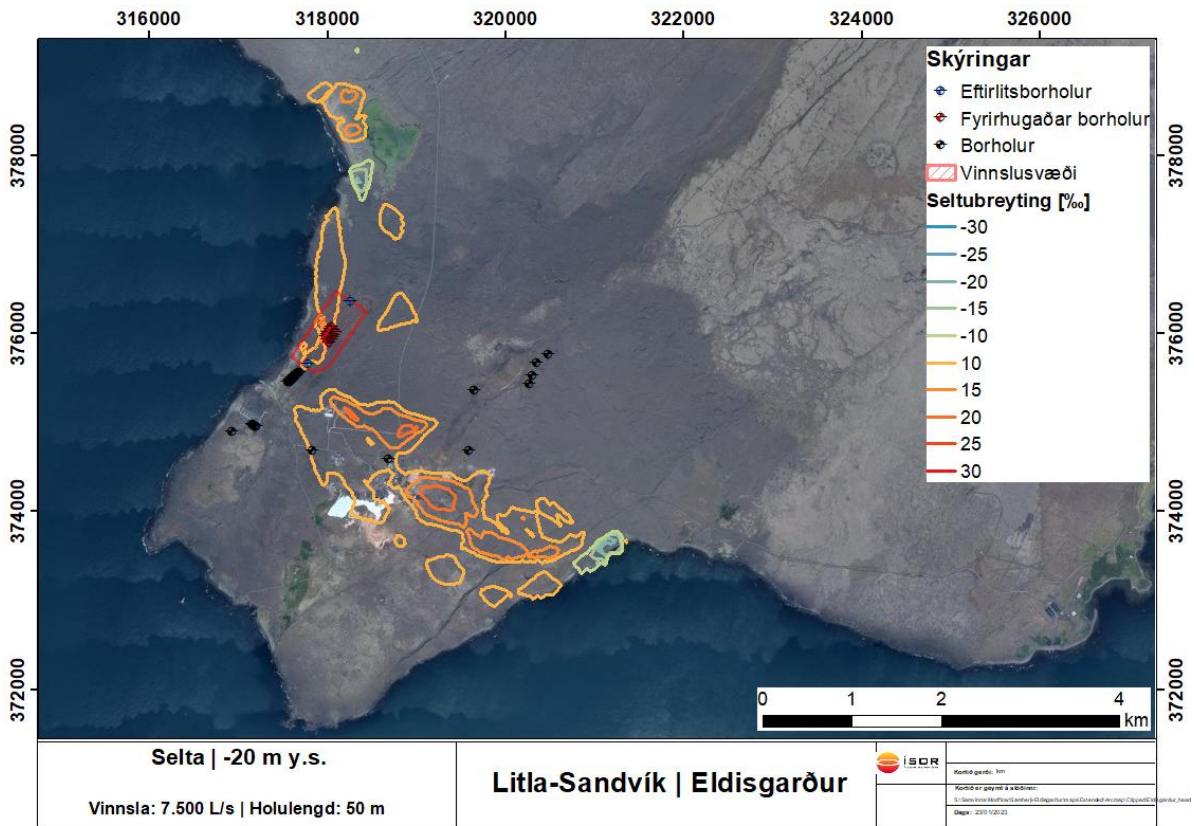
**Mynd 17.** Breyting á vatnsborði eftirlitsholnanna LS-1 og LS-2 vegna 7.500 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár.



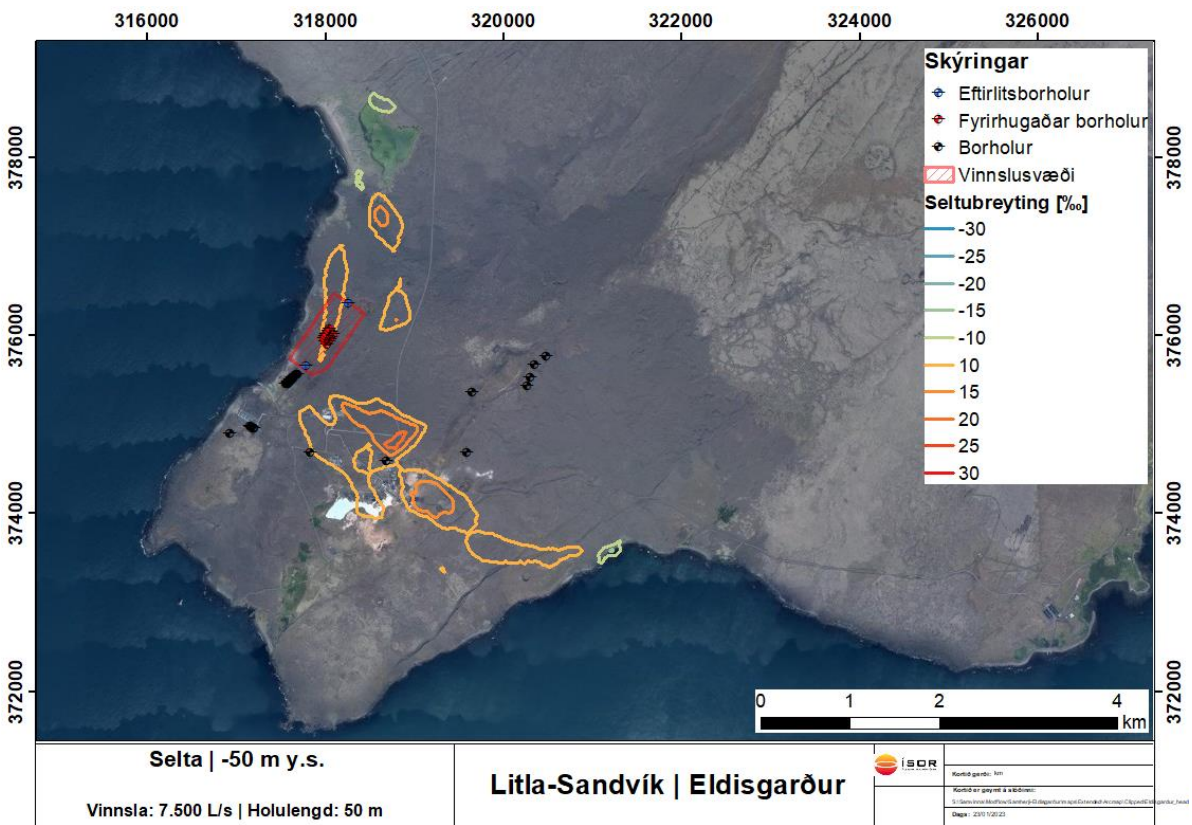
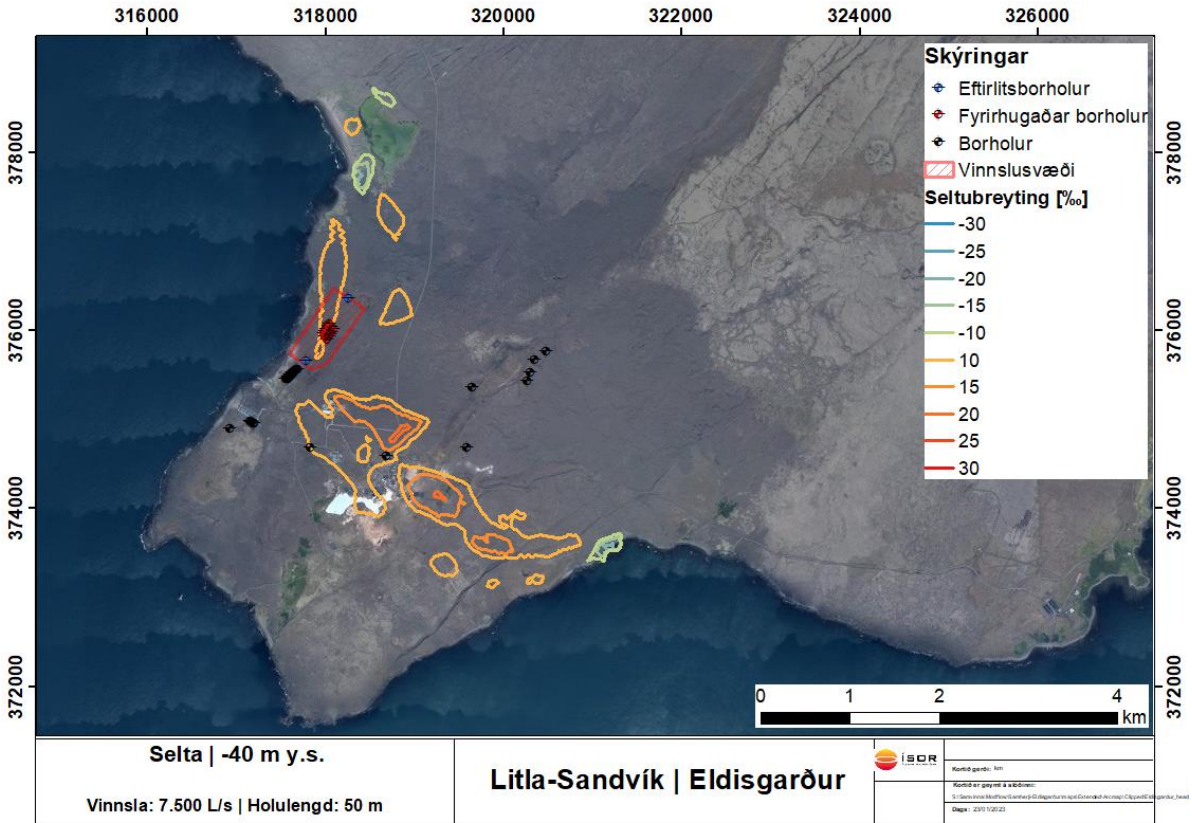
**Mynd 18.** Breyting á vatnsborði hugsanlegra eftirlitsholna á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis vegna 7.500 L/s vinnslu á svæðinu í 50 ár. OBS-1 er syðst á sjótökusvæðinu og OBS-2 er nyrst á sama svæði.



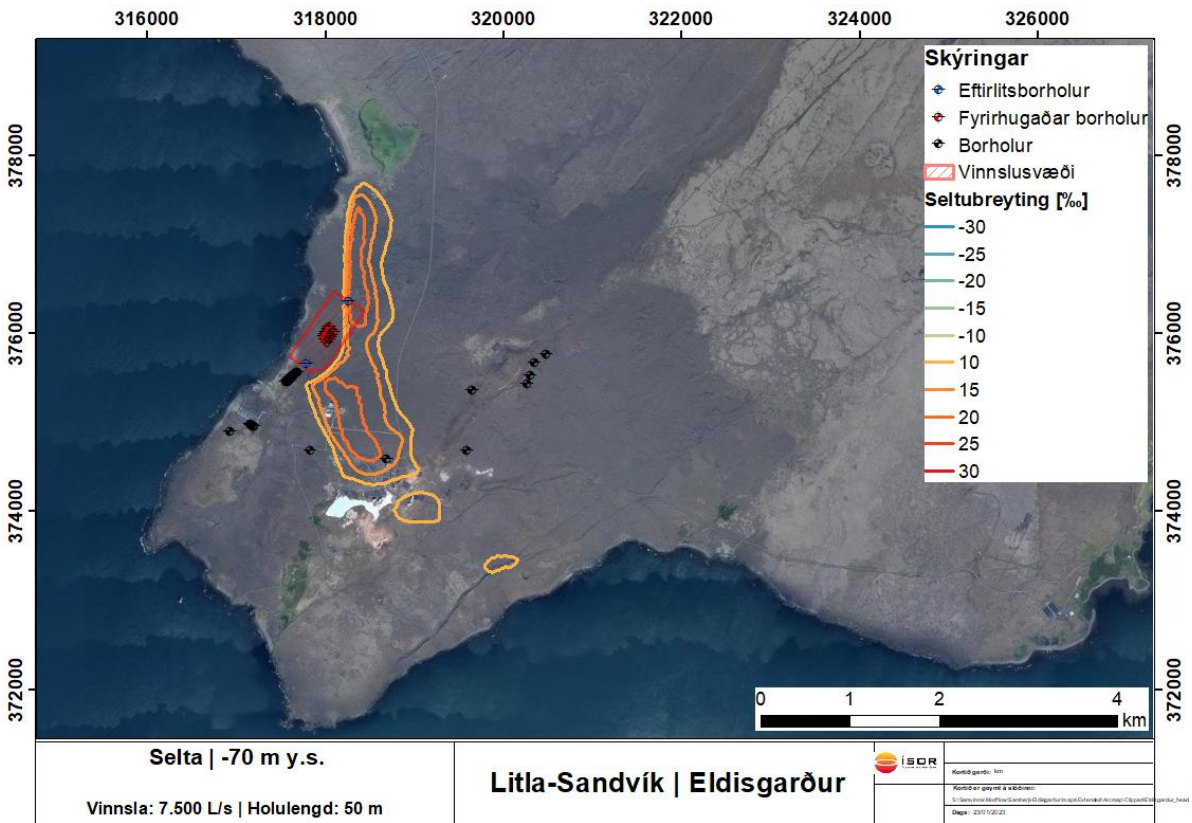
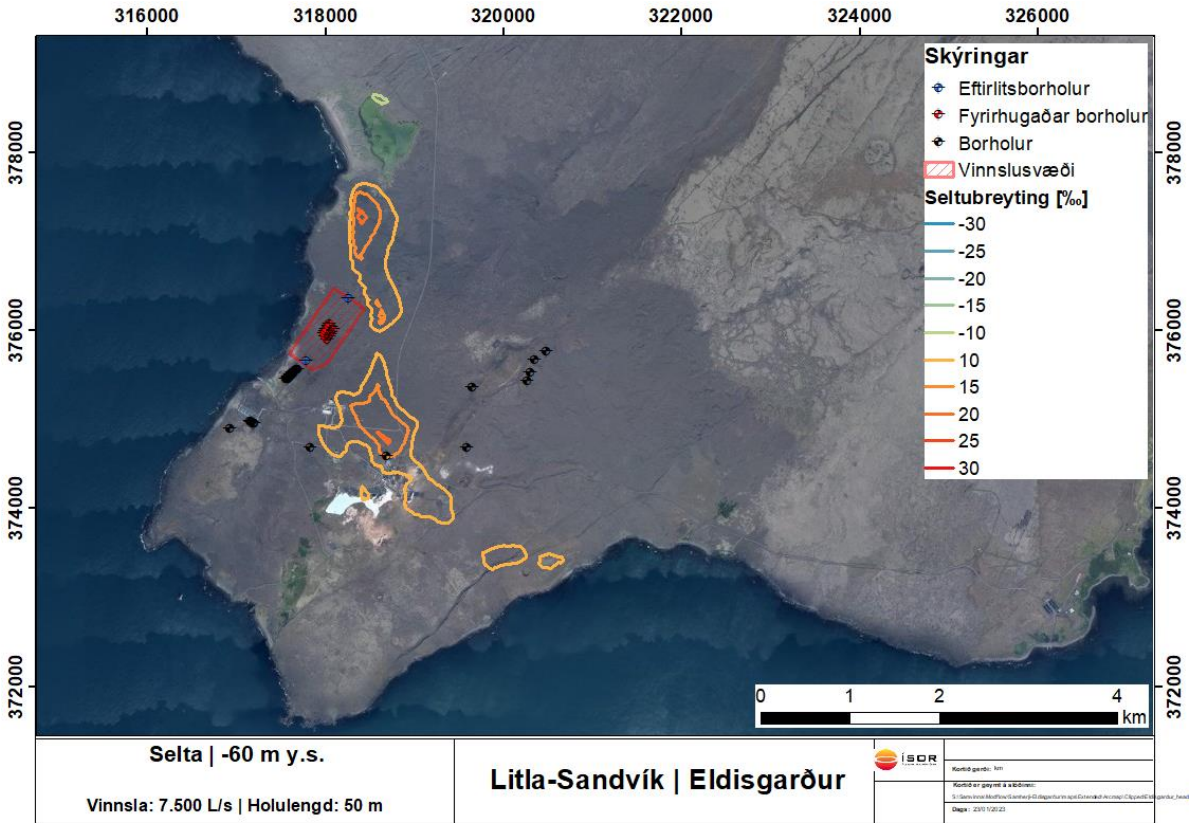
**Mynd 19.** Breyting á seltu miðað við seltudreifingu á svæðinu við núverandi vinnslu (mynd 12), við 7.500 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár fyrir mismunandi dýpi. Hermdar framtíðarvinnsluholur eru merktar með rauðum punktum. Bláar borholur sýna staðsetningu hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka C.



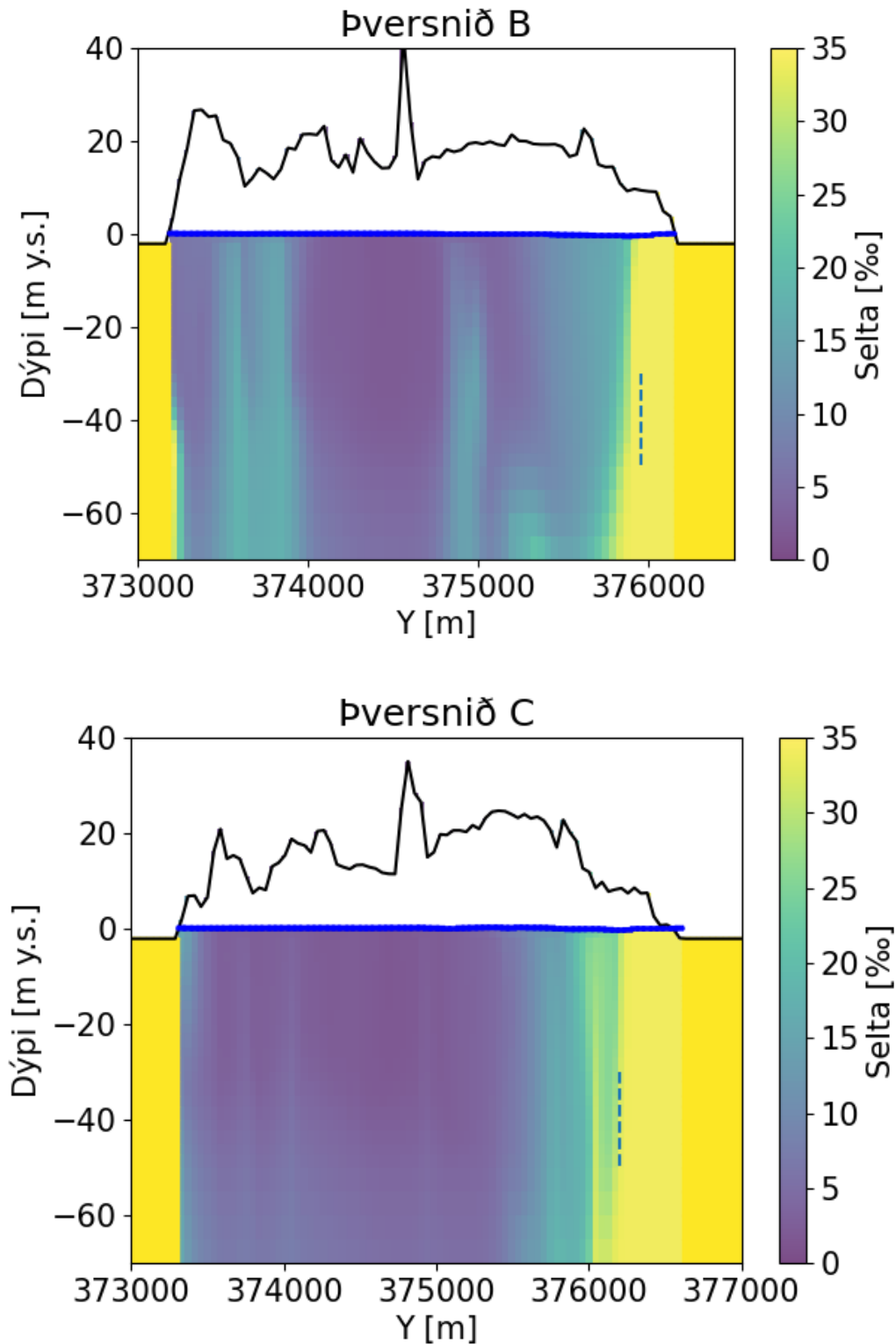
Mynd 19. (Frh.)



Mynd 19. (Frh.)



Mynd 19. (Frh.)



**Mynd 20.** Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi eftir 7.500 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár. Skærgulir hlutar þversniðanna sýna full saltan sjó. Legu þversniða má sjá á mynd 13. Hæð landslags á myndinni er ýkt til að sýna betur dreifingu vatnsborðs og seltu. Blá brotalína milli -30 og -50 m y.s. sýnir hvar fyrirhugað vatnstökusvæði vinnsluholna Samherja fiskeldis verður, þ.e.a.s. þar sem nýjar vinnsluholur verða opnar út í bergið.



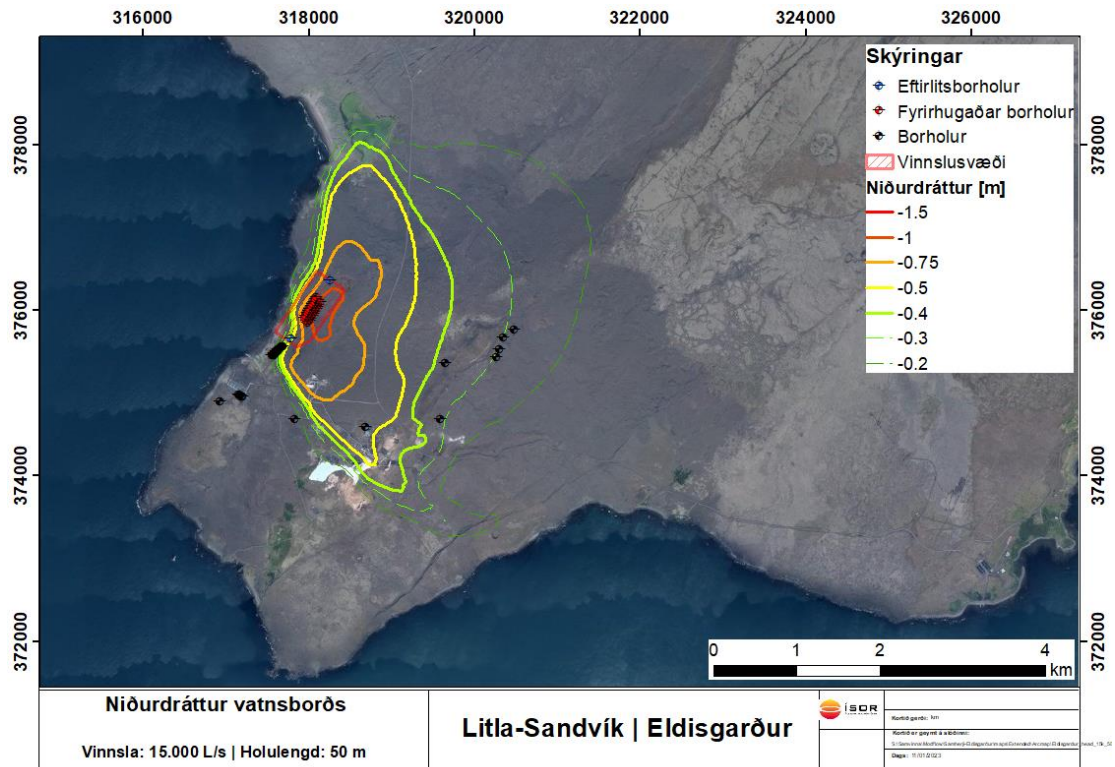
#### 4.3.2 Áfangi 2: 15.000 L/s

Fyrir tilvik tvö var hermd vinnsla upp á 15.000 L/s á svæði Samherja fiskeldis. Fyrir þetta tilvik voru settar 15 nýjar sjótökuholur í líkanið, til viðbótar við þær sjótökuholur sem notaðar voru í líkanið í áfanga 1, eins og sést á mynd 21. Eins og fyrir áfanga 1 ná þessar holur í -50 m y.s. og eru neðstu 20 m opnir, frá -30 m y.s. niður í -50 m y.s.. Sama fjarlægð var notuð og í áfanga 1. Eftirlitsholurnar OBS-1 og OBS-2 voru einnig hermdar, á sama hátt og lýst var í áfanga 1.

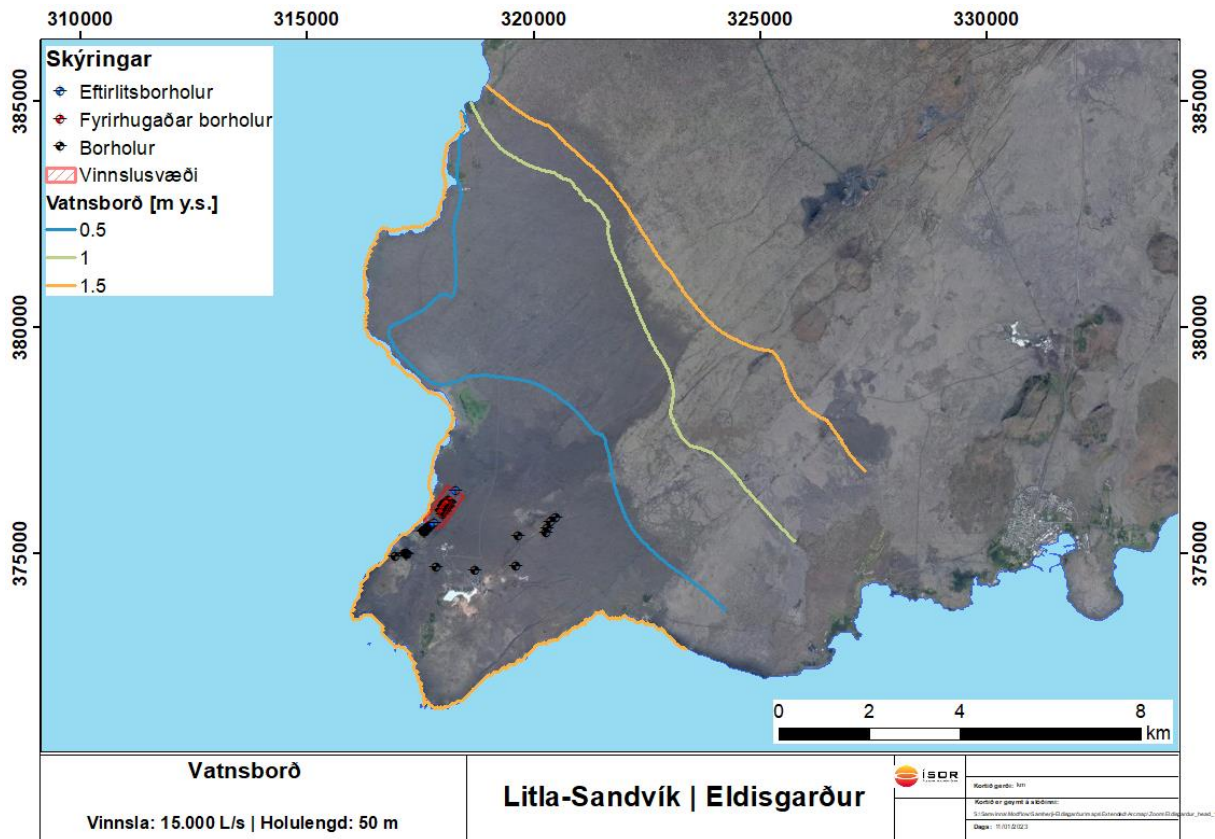
Mynd 21 sýnir reiknaðan niðurdrátt vatnsborðs á svæðinu eftir 50 ára vinnslu. Niðurdráttur á svæðinu eykst miðað við áhrif 7.500 L/s vinnslu (mynd 15). Niðurdráttur hefur aukist til austurs, og er nú um 30 cm við ferskvatnstökuholur við Sýrfell. Eins og nefnt var fyrir áfanga 1 eru línur fyrir 20 og 30 cm niðurdrátt sýndar með brotalínunum, en talið er að nákvæm dreifing á þeim niðurdrætti sé mjög óviss í líkaninu. Mynd 22 sýnir áætlað vatnsborð á svæðinu við 15.000 L/s vinnslu á svæði Samherja fiskeldis. Einhver áhrif eru á vatnsborði norður af vinnslusvæðinu, en þau áhrif eru talin vera vegna óvissu á jarðfræði og vatnsborði á því svæði, en ekki bein áhrif af aukinni vinnslu á svæðinu. Enn kemur enginn marktækur niðurdráttur fram á svæði Stolt Sea Farm og aðeins um 20 cm niðurdráttur er við sjótökusvæði Reykjanesvirkjunar (mynd 23). Á mynd 24 sést að niðurdráttur vatnsborðs á vinnslusvæðinu sjálfu er um 1 m til norðurs.

Mynd 25 sýnir breytingu á seltu á svæðinu eftir 50 ára vinnslu miðað við dreifingu seltu á svæðinu við núverandi vinnslu (mynd 12). Ef hún er borin saman við breytingu seltu fyrir áfanga 1 sést að selta hefur aukist við yfirborð á stærra svæði. Grunnvatnslinsan hefur horfið lengra inn í land fyrir svæðið sunnan Sýrfells, og fyrir svæðið norðan við vinnslusvæði Samherja fiskeldis. Að öðru leiti virðast áhrif vinnslunnar vera svipuð. Smábreytingar, og minnkun seltu, sem sést til norðurs og austurs nálægt ströndinni eru ekki talin raunveruleg áhrif, heldur afleiðing óvissu jarðlaga og seltudreifingar því lengra sem farið er frá vinnslusvæðinu.

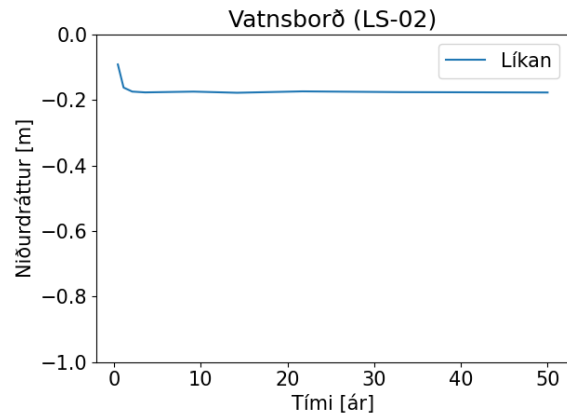
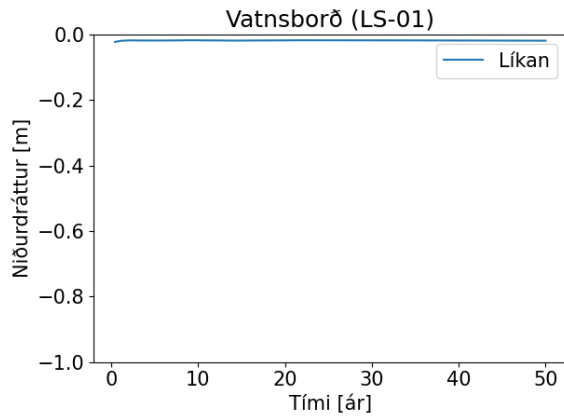
Loks má sjá þversnið af dreifingu seltu á vinnslusvæðinu á mynd 26. Opið dýpi nýrra vinnsluholna er táknað með blárrí punktalinu í þversniðunum, til að sýna staðsetningu á vatnstöku. Þar sést aftur að seltan hefur aukist töluvert miðað við 7.500 L/s vinnslu. Einnig sést í þversniði C að myndast hefur niðurdráttarkeila af fersku vatni nálægt nýju vinnsluholunum.



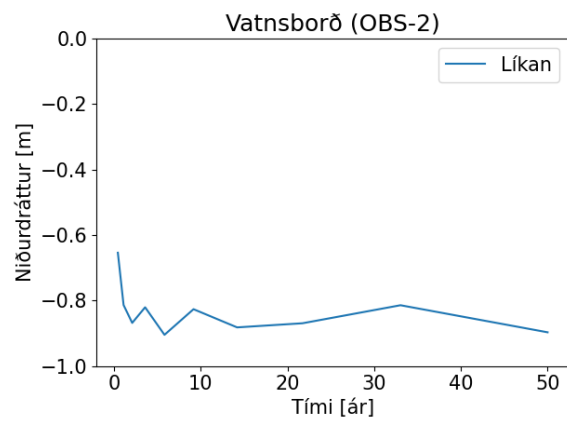
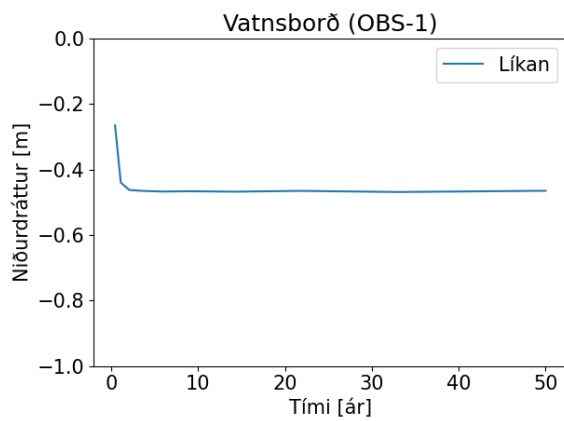
**Mynd 21.** Hermdur niðurdráttur vatnsborðs eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu. Hermdar framtíðarvinnsluholur eru merktar með rauðum punktum. Bláar borholur sýna staðsetningu hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið. 20 og 30 cm niðurdráttur er sýndur með brotalínunum, þar sem nákvæm dreifing á honum er talin mjög óviss. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka D.



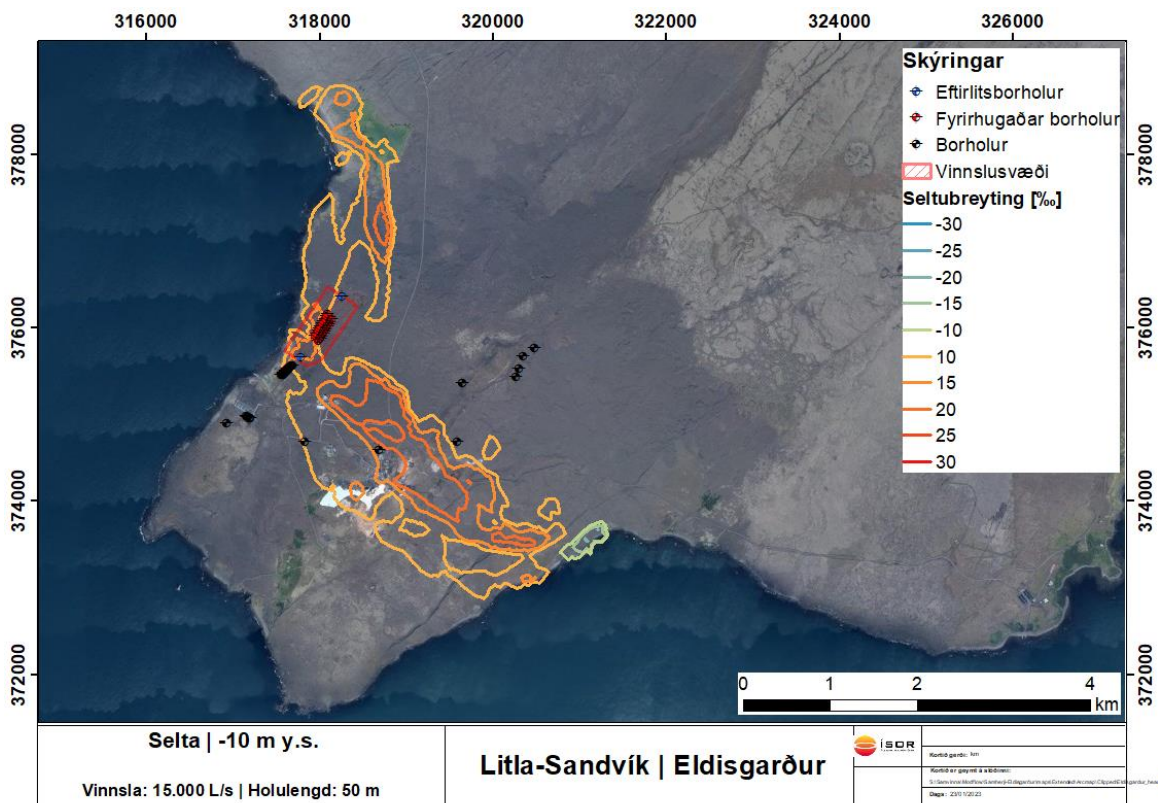
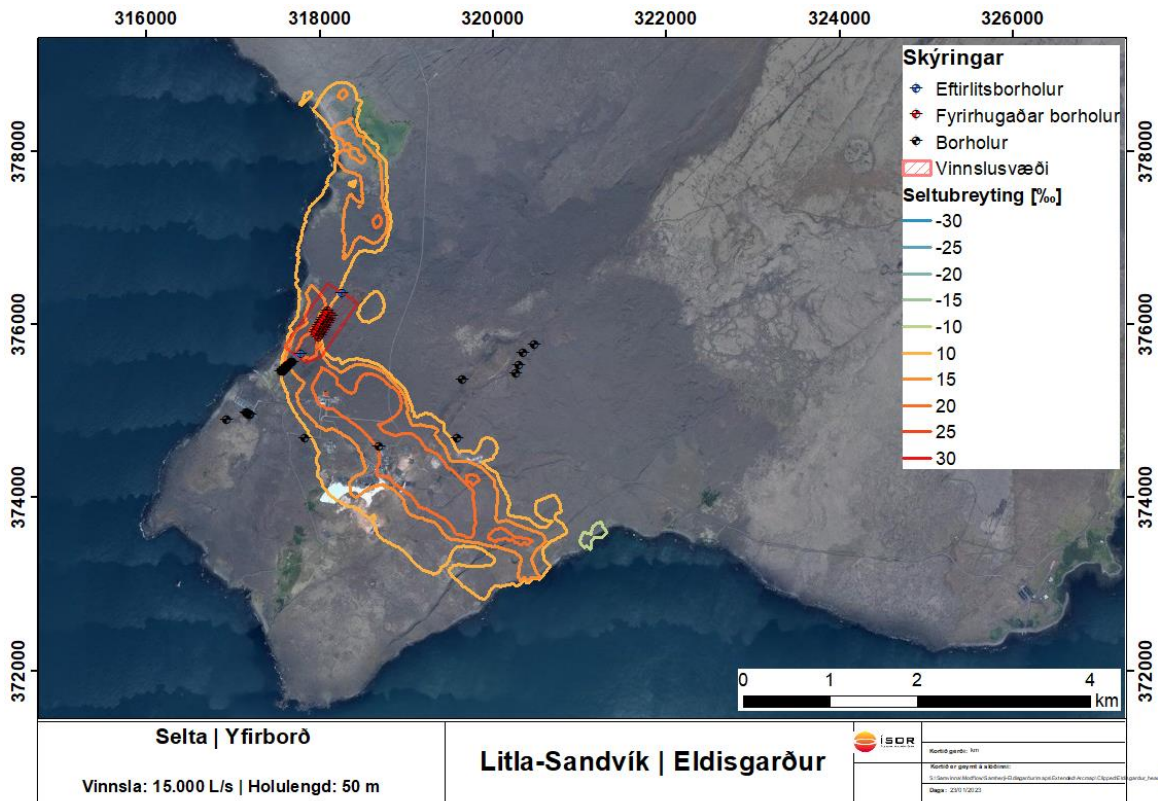
**Mynd 22.** Hermt vatnsborðs eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu. Bláar borholur sýna staðsetningar hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið.



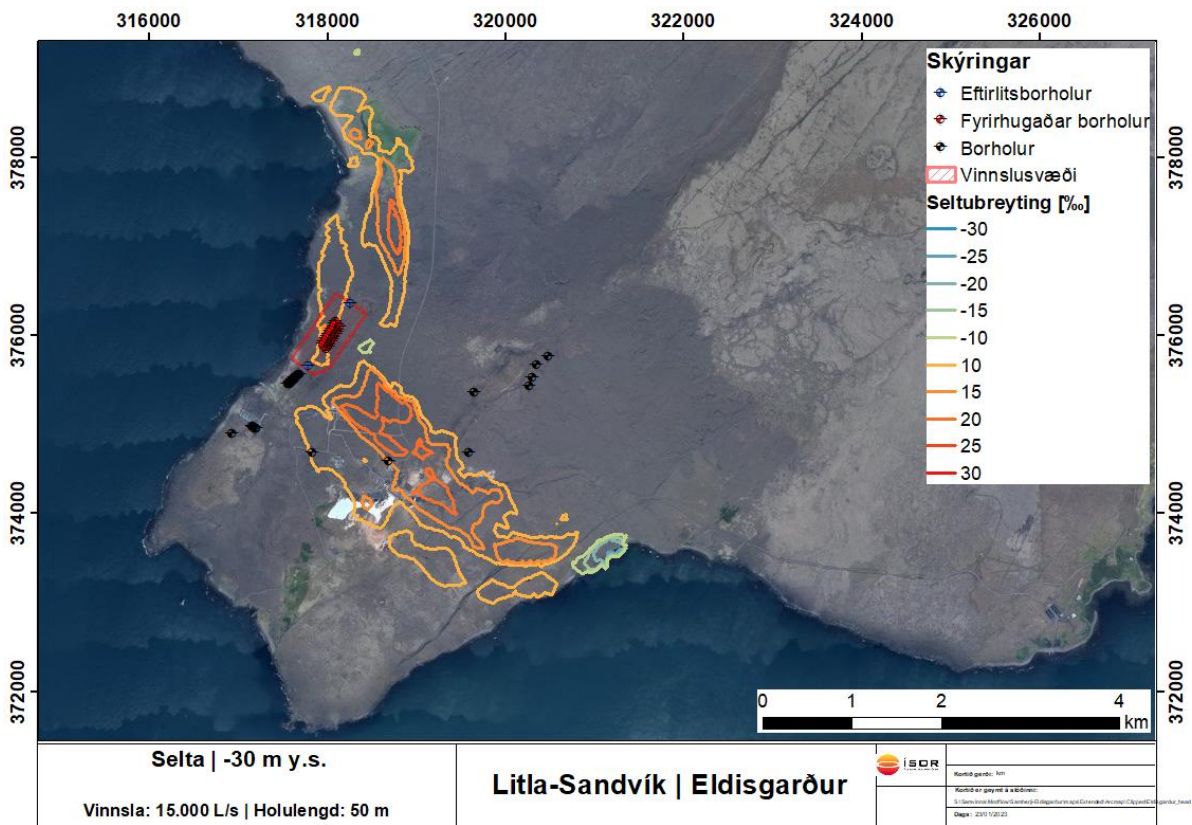
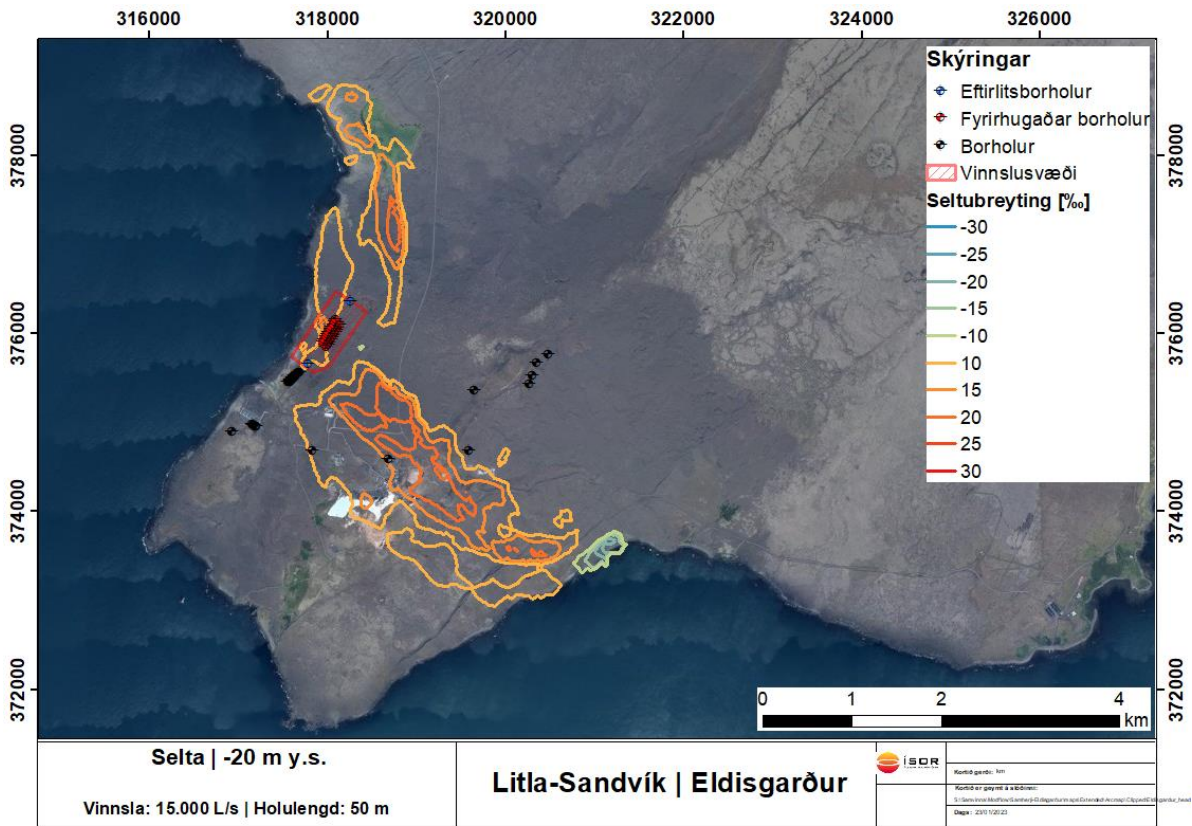
**Mynd 23.** Breyting á vatnsborði eftirlitsholnanna LS-1 og LS-2 vegna 15.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár.



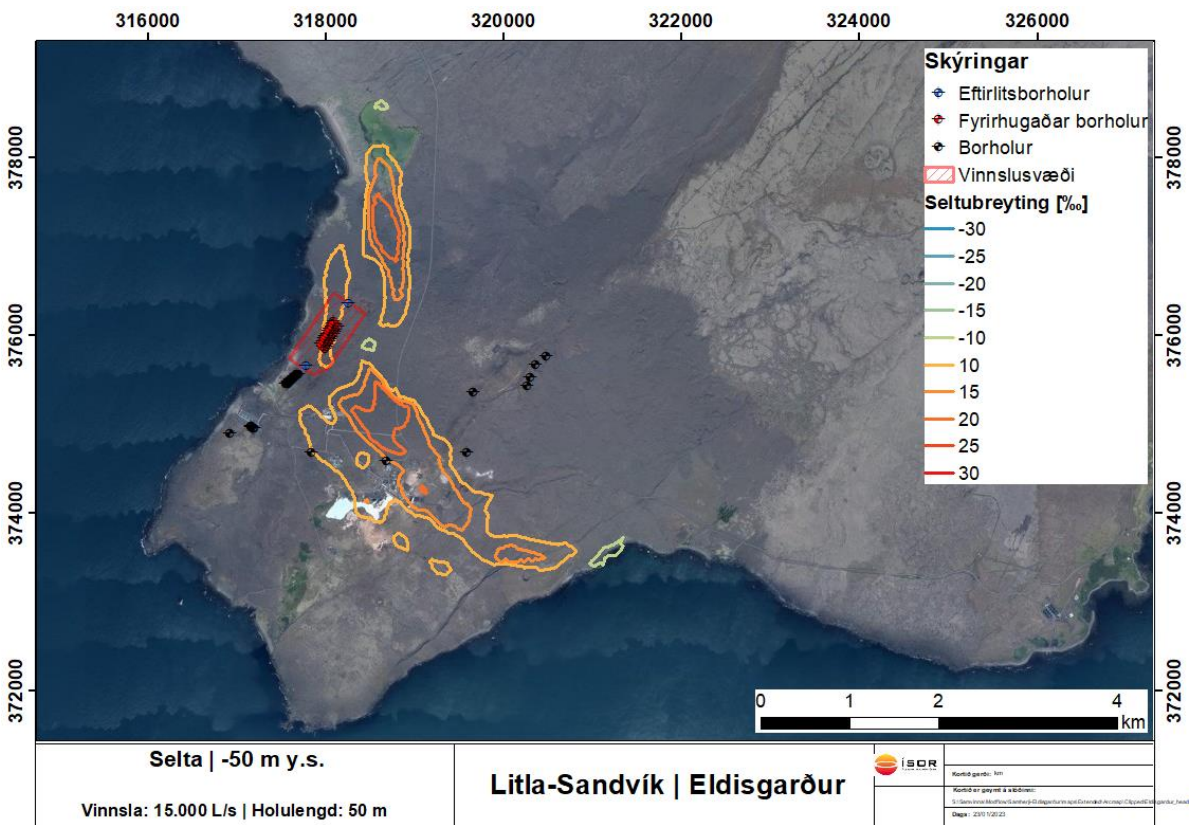
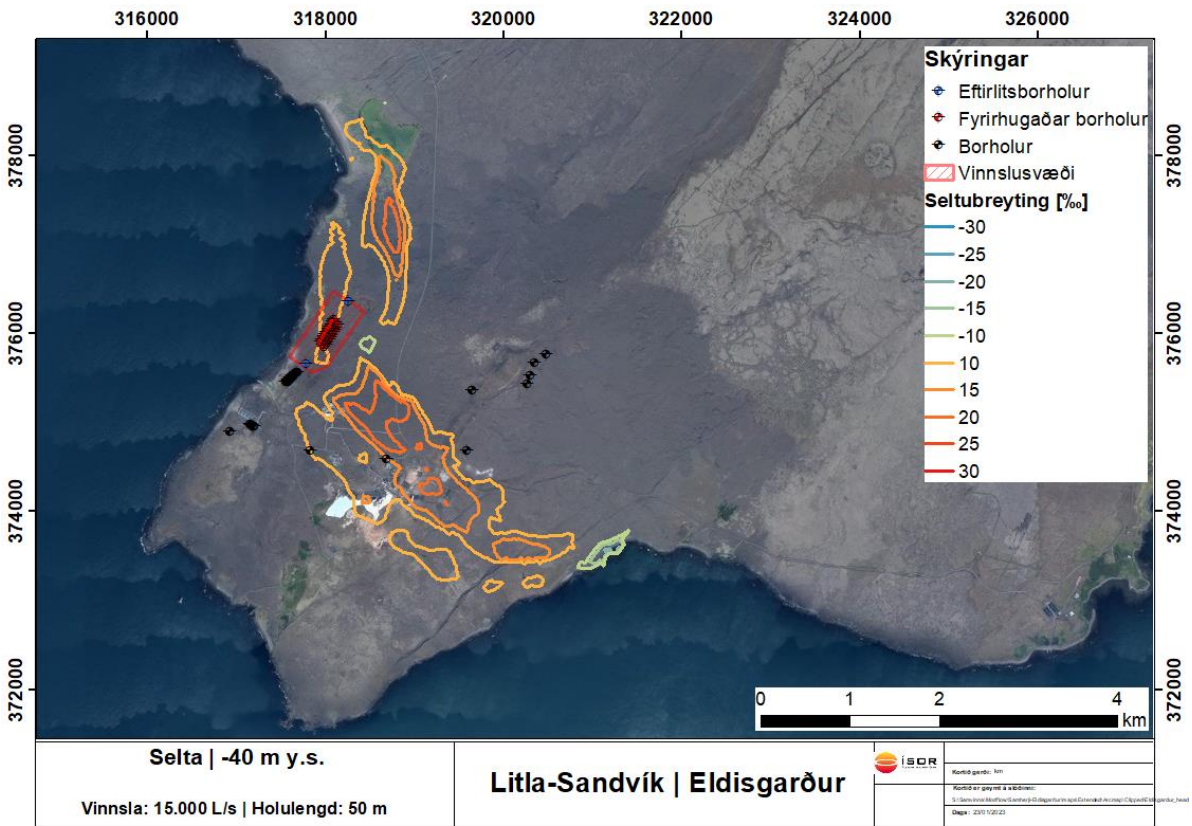
**Mynd 24.** Breyting á vatnsborði hugsanlegra eftirlitsholna á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis vegna 15.000 L/s vinnslu á svæðinu í 50 ár. OBS-1 er syðst á sjótökusvæðinu og OBS-2 er nyrst á sama svæði.



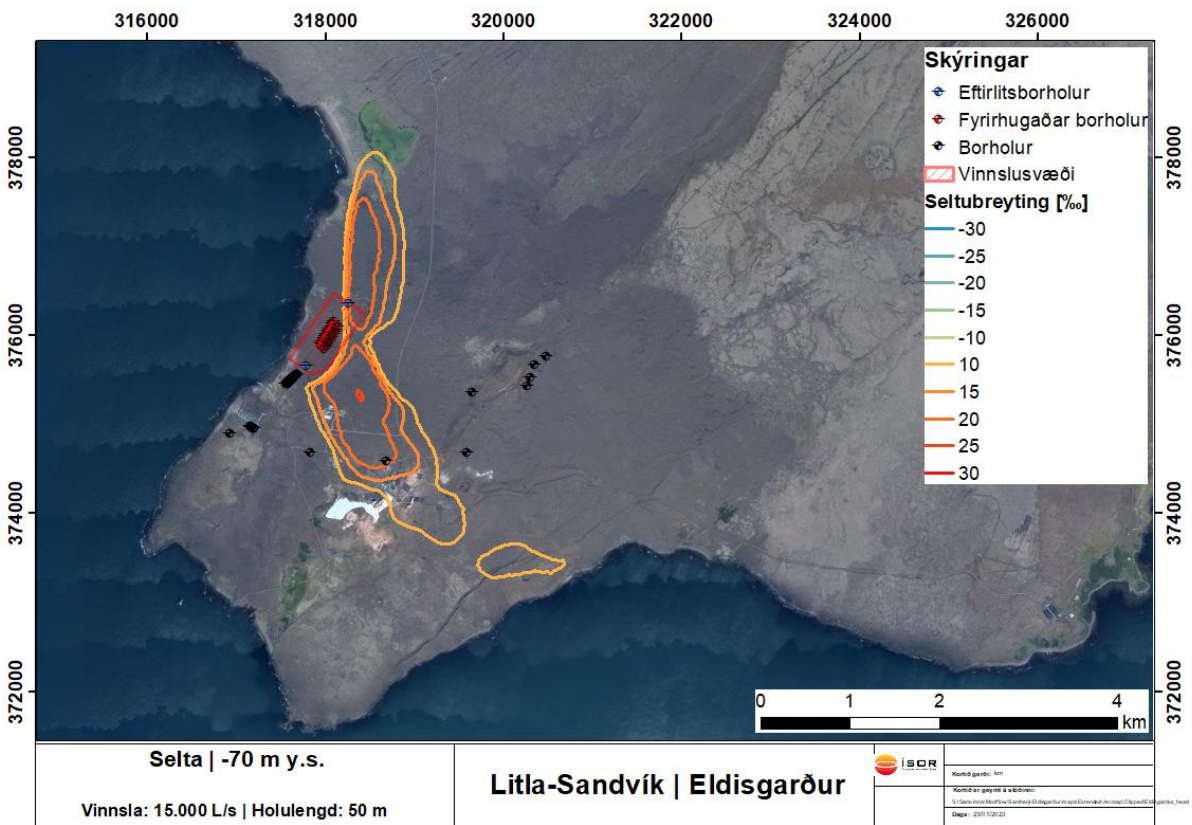
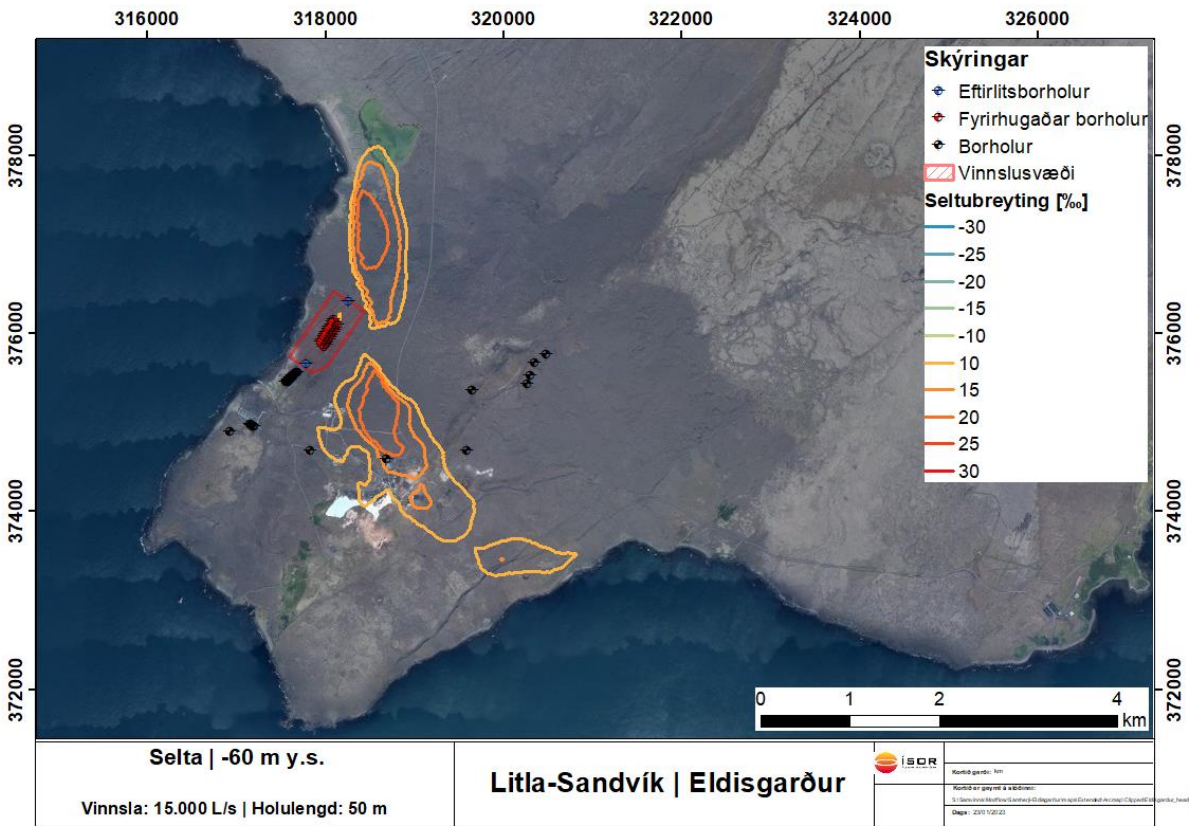
Mynd 25. Breyting á seltu miðað við seltudreifingu á svæðinu við núverandi vinnslu (mynd 12), eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár fyrir mismunandi dýpi. Hermdar framtíðarvinnsluholur eru merktar með rauðum punktum. Bláar borholur sýna staðsetningu hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka D.



Mynd 25. (Frh.)

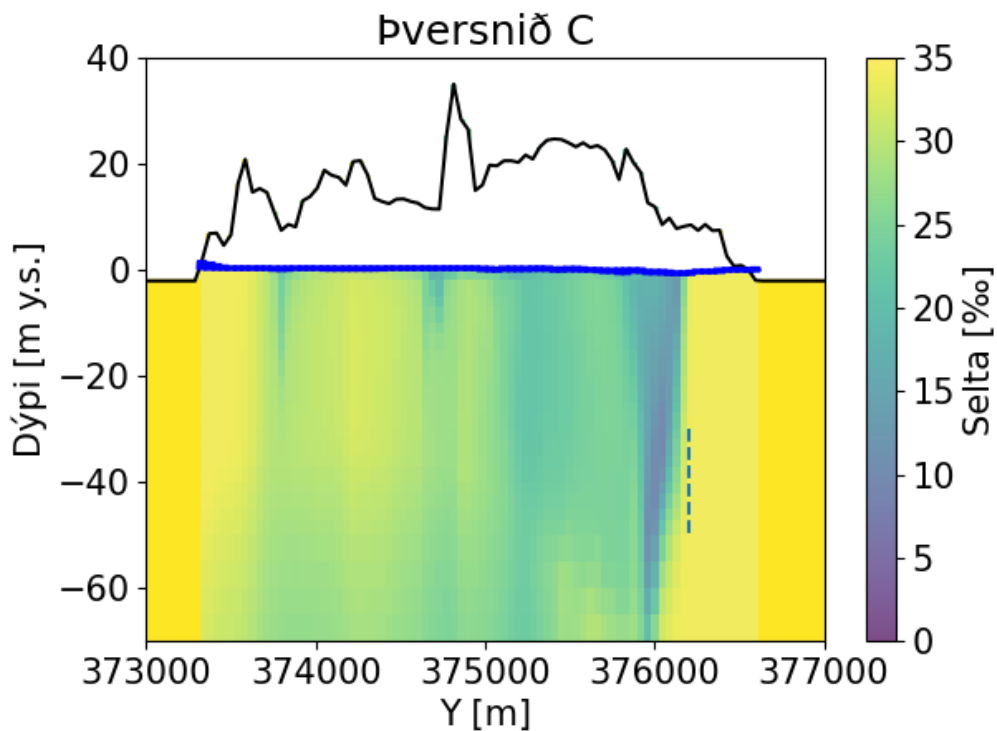
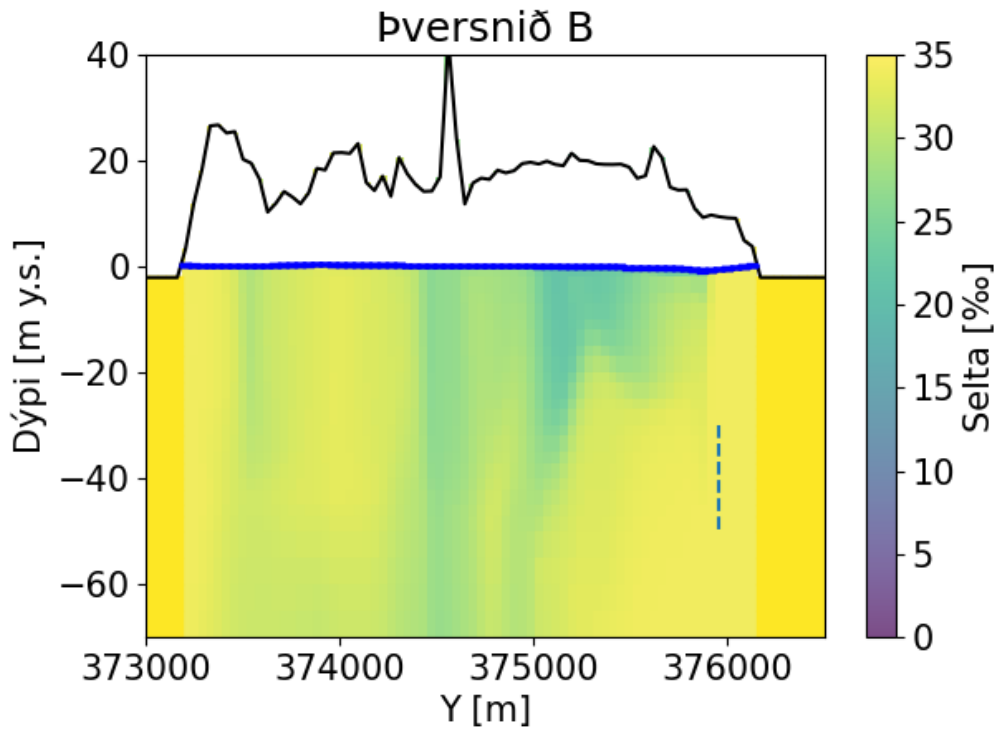


Mynd 25. (Frh.)



Mynd 25. (Frh.)





**Mynd 26.** Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi eftir 15.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár. Skærgulir hlutar þversniðanna sýna full saltan sjó. Legu þversniða má sjá á mynd 13. Hæð landslags á myndinni er ýkt til að sýna betur dreifingu vatnsborðs og seltu. Blá brotalína milli -30 og -50 m y.s. sýnir hvar fyrirhugað vatnstökusvæði vinnsluholna Samherja fiskeldis verður, þ.e.a.s. þar sem nýjar vinnsluholur verða opnar út í bergið.

### 4.3.3 Áfangi 3: 30.000 L/s

Fyrir seinasta vinnslutilfellið var hermd 30.000 L/s vinnsla á svæði Samherja fiskeldis. Þessi vinnsla samræmist áætlaðri heildarvinnslu á svæðinu til framtíðar. Á sama hátt og áður voru settar 30 nýjar sjótökuholur í líkanið, til viðbótar við þær sjótökuholur sem voru hermdar í áfanga 1 og 2 (mynd 27). Holurnar voru hermdar fyrir 50 m holudýpi og neðstu 20 m voru hafðir opnir. Einnig voru eftirlitsholurnar OBS-1 og OBS-2 hermdar.

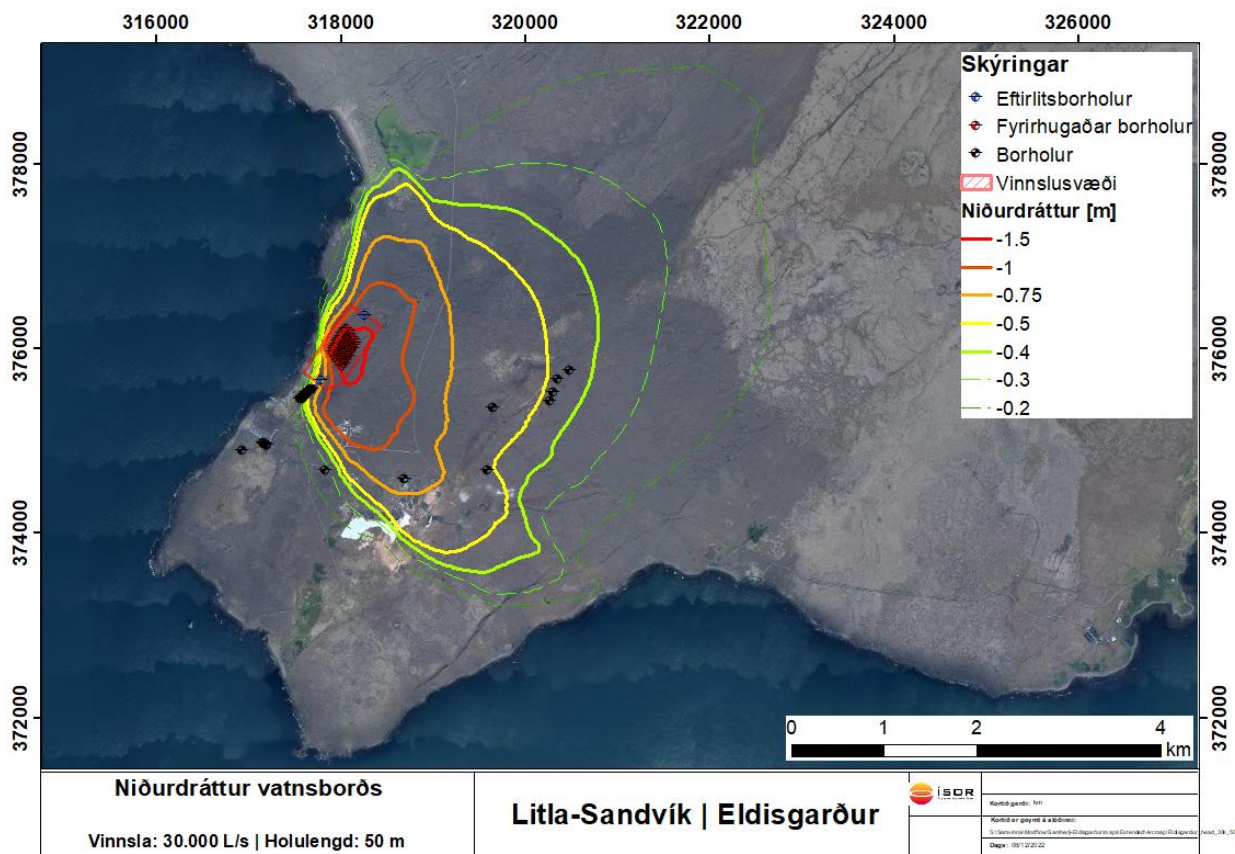
Mynd 27 sýnir reiknaðan niðurdrátt á vatnsborði á svæðinu eftir 50 ára vinnslu miðað við núverandi vinnslu. Af myndinni sést að vatnsborð á vinnslusvæðinu hefur lækkað um 1,5 m. Greinileg niðurdráttarkeila kemur fram í kringum nýja vinnslusvæðið sem teygir sig til austurs og norðurs. Lítil niðurdráttur kemur fram til suðurs, sem bendir til að niðurdráttur sé aðallega komin til vegna skorts á ferskvatnsrennsli. Niðurdráttur í ferskvatnsholum við Sýrfell er um 40 – 50 cm, en eins og áður hefur komið er líklegt að raunverulegur niðurdráttur verði minni, þar sem trúlegt er að jarðlög undir Sýrfelli skýli holunum að einhverju leiti. Á myndinni eru línurnar fyrir 20 og 30 cm niðurdrátt sýndar með brotalínunum, en talið er að vegna óvissu á jarðfræði og vatnshæð á svæðinu, sérstaklega fjarri fyrirhuguðu vinnslusvæði Samherja fiskeldis, sé nákvæm dreifing svo lítils niðurdráttar mjög óviss. Mynd 28 sýnir áætlað vatnsborð á svæðinu við 30.000 L/s vinnslu á svæði Samherja fiskeldis. Einhver áhrif eru á vatnsborði norður af vinnslusvæðinu, en þau áhrif eru talin vera vegna óvissu á jarðfræði og vatnsborði á því svæði, en ekki bein áhrif af aukinni vinnslu á svæðinu. Mynd 29 sýnir niðurdrátt í eftirlitsholum á svæðinu. Af henni sést að vatnsborð nálægt sjótökusvæði Reykjanesvirkjunar hefur lækkað um 20 cm, sem er af sömu stærðargráðu og fyrir áfanga 1 og 2, sem skýrist af því að grunn ferskvatnslinsa var á þessu svæði miðað við núverandi vinnslu. Á sama hátt sést að niðurdráttur nálægt svæði Stolt Sea Farm er hverfandi. Loks sést á mynd 30 að niðurdráttur á vinnslusvæðinu sjálfu er um 1,5 m, mest á norðurhluta svæðisins, sem passar við það að vatnsborðsniðurdráttur skýrist af skort á ferskvatnsrennsli á svæðinu.

Mynd 31 sýnir svo samanburð á niðurdrætti vatnsborðs fyrir meðalvatnsár, sem er hermt með vatnshæð upp á 2 m við útjaðra líkansins til norðurs, og niðurdrátt miðað við slæmt vatnsár, sem er hermt með vatnshæð upp á 1,5 m við útjaðra. Þar sem dreifing á niðurdrætti undir 40 cm var talin mjög óviss eru línur fyrir slíkan niðurdrátt ekki sýndar á myndinni. Af myndinni sést að vatnsborð lækkar meira til norðurs við slæmt vatnsár. Þetta passar við mynd 32 sem sýnir aðrennsli vatns á svæðinu, en aðrennsli ferskvatns að nýju vinnslusvæði er að mestu leiti frá norðri. Með samanburð á myndum 8 og 32 má sjá að aðrennsli ferskvatns inn af landi til Reykjanes breytist ekki mikið við vinnslu Samherja fiskeldis. Ekki er búist við því að heildar aðrennslissvæðið (mynd 7) breytist vegna vinnslunnar.

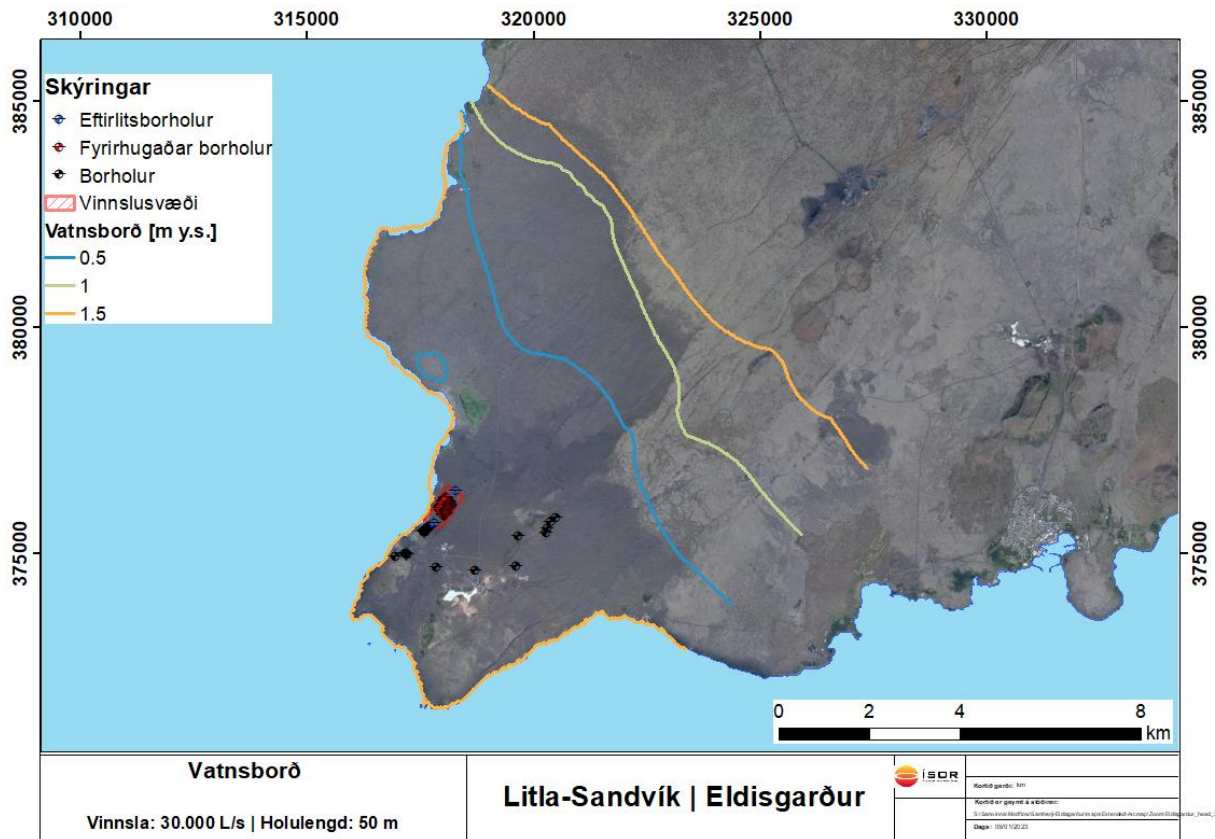
Mynd 33 sýnir breytingu seltu á svæðinu. Saltur sjór er upp í vatnsborð lengra inn í land, bæði til norðurs og austurs af vinnslusvæði Samherja fiskeldis. Enginn seltuaukning er við Sýrfell, svo líklegt er að niðurdráttur vatnsborðs við ferskvatnsholur þar muni ekki hafa áhrif á seltu vatns í holunum. Grunnvatnslinsan beint austur af vinnslusvæði Samherja fiskeldis hefur þykknað, sem passar við að myndast hefur niðurdráttarkeila af ferskvatni þar. Þá er grunnvatn suður af vinnslusvæðinu orðið fullsalt upp að vatnsborði við þessa vinnslu. Niðurstöður líkanreikninga gefa til kynna að selta jarðsjávarins sem verður nýttur verði að jafnaði rúmlega 30%, samanborið við seltu fullsalts sjávar sem er um 34%. Þetta má rekja til þess að jarðsjór verður tekinn úr svokölluðu blandlagi á milli fullsalts jarðsjávar og ferskvatns. Útreikningar benda til að um 5% af massa blandlagsins sé ferskt grunnvatn að uppruna. Vatn sem tekið er úr nýjum vinnsluholum á svæðinu væri að öllum líkindum ísalt grunnvatn í náttúrulegu

ástandi, þ.e.a.s. ef enginn vinnsla væri til staðar á svæðinu, frekar en full ferskt grunnvatn. Því er ekki hægt að segja að hér sé um eiginlega ferskvatnsvinnslu að ræða. Eins og áður kemur fram er ekki talið að vinnsla hafi áhrif á seltu grunnvatns við Sýrfell.

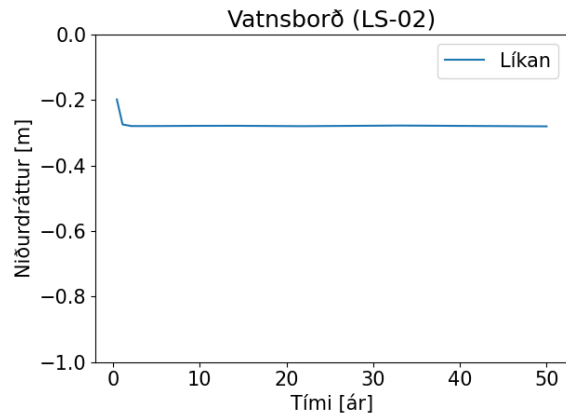
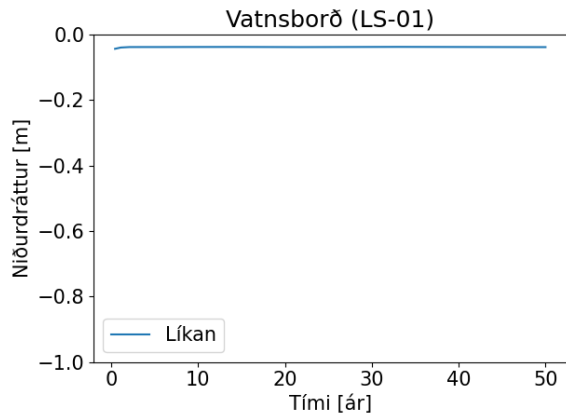
Af þversniðum gegnum líkanið (mynd 34) sést að til suðurs af svæðinu er grunnvatn orðið fullsalt upp að vatnsborði. Opið dýpi nýrra vinnsluholna er táknað með blárri punktalínu í þversniðunum, til að sýna staðsetningu á vatnstöku. Þversnið C sýnir svo að til norður hefur myndast niðurdráttarkeila af ferskvatni nálægt nýjum vinnsluholum.



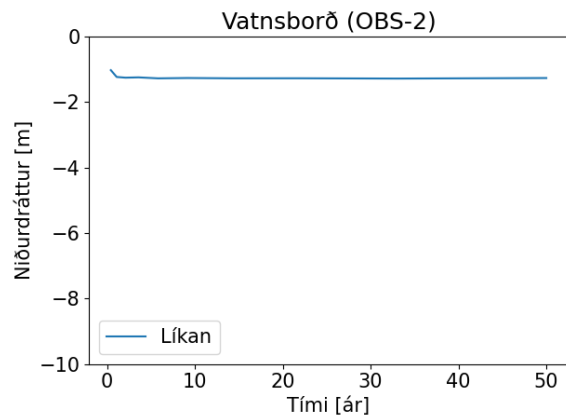
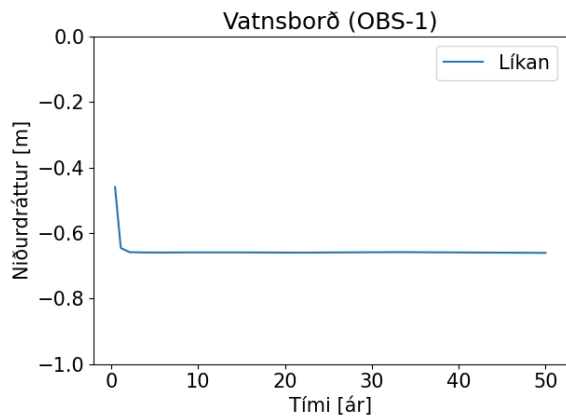
**Mynd 27.** Hermdur niðurdráttur vatnsborðs eftir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár til viðbótar við núverandi vinnslu. Hermdar framtíðarvinnsluholur eru merktar með rauðum punktum. Bláar borholur sýna staðsetningu hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæði. 20 og 30 cm niðurdráttur er sýndur með brotalínum, þar sem nákvæm dreifing á honum er talin mjög óviss. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka E.



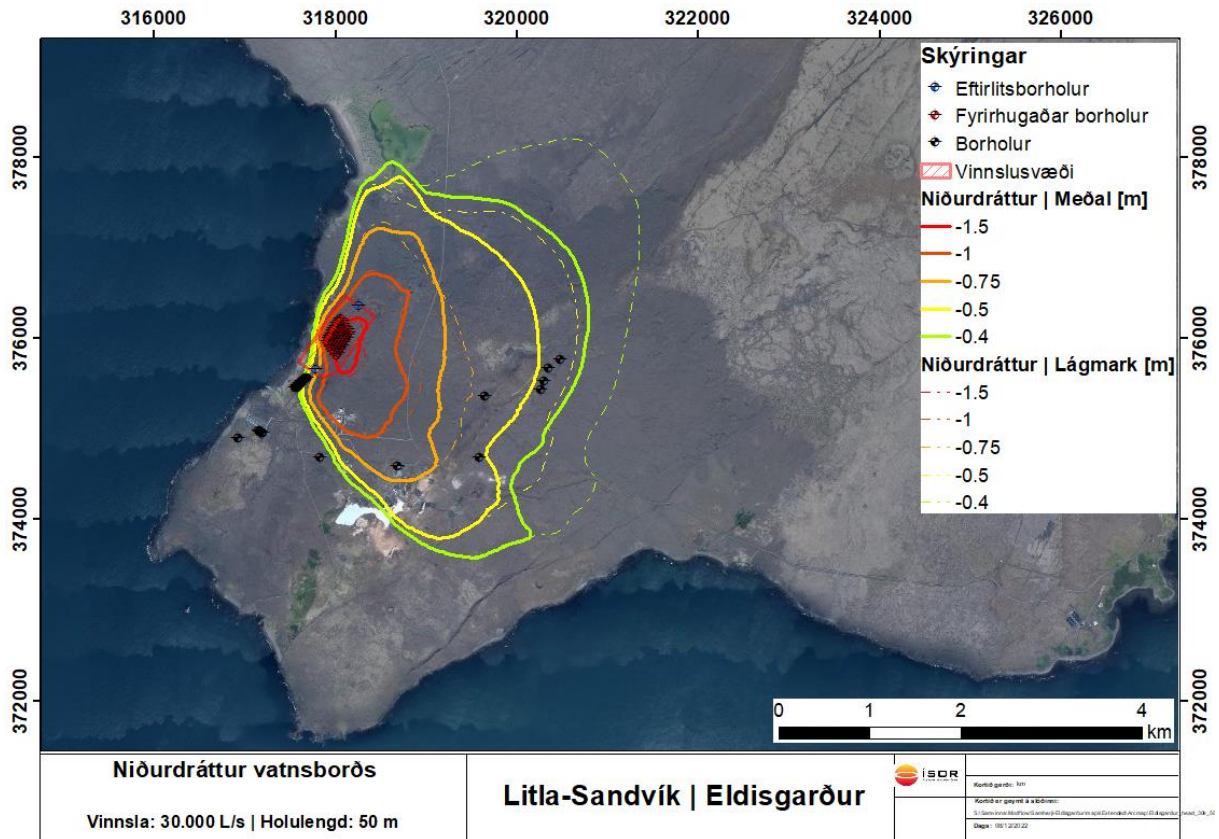
**Mynd 28.** Hermt vatnsborðs eftir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu. Bláar borholur sýna staðsetningar hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið.



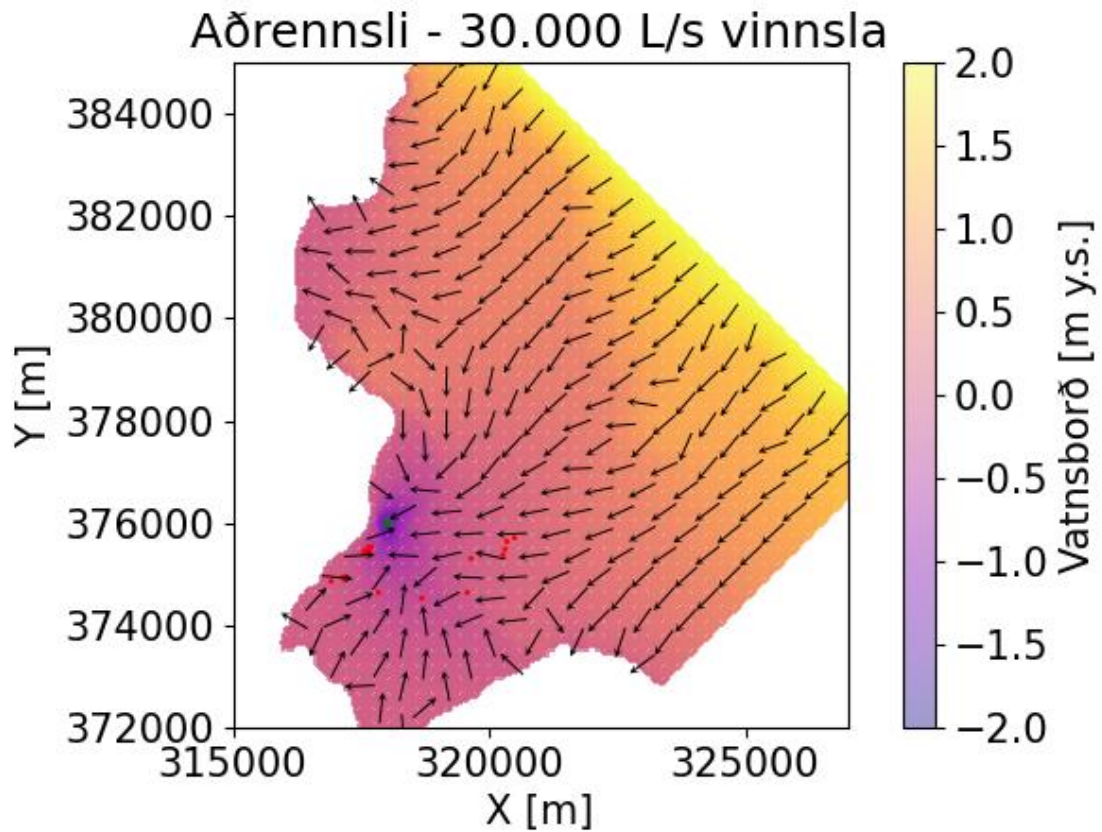
**Mynd 29.** Breyting á vatnsborði eftirlitsholnanna LS-1 og LS-2 vegna 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár.



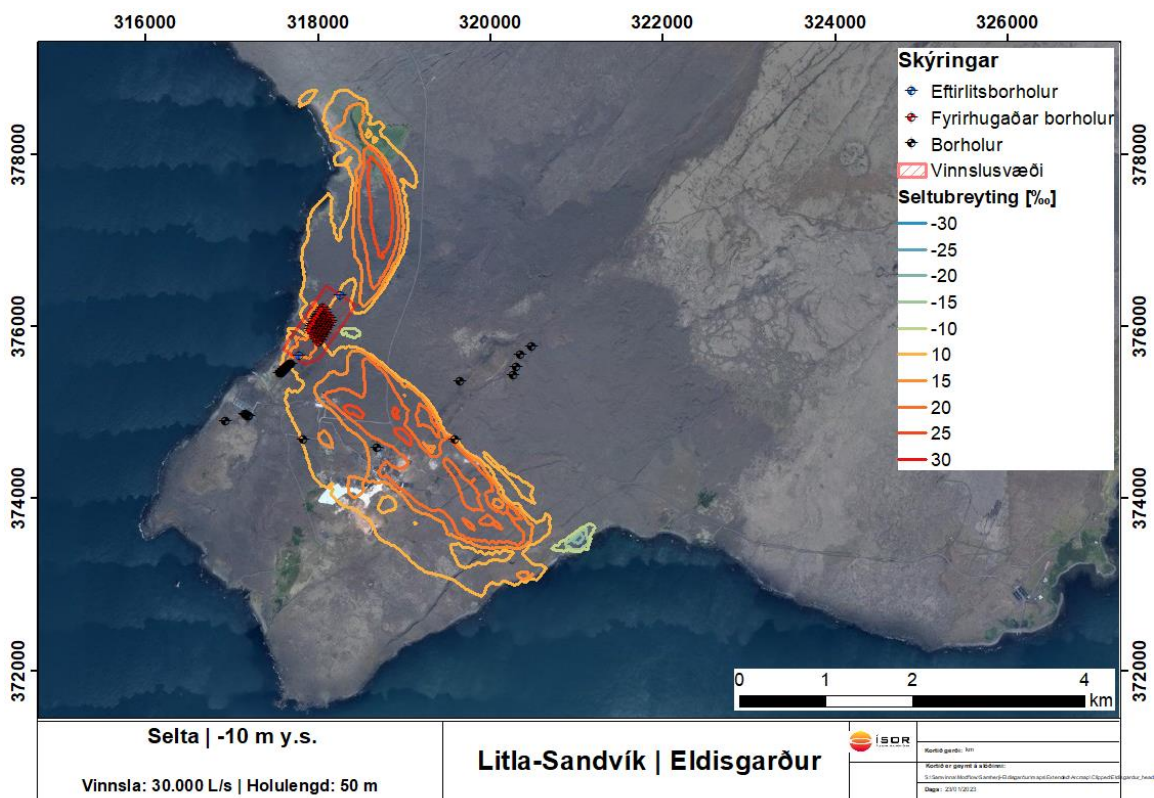
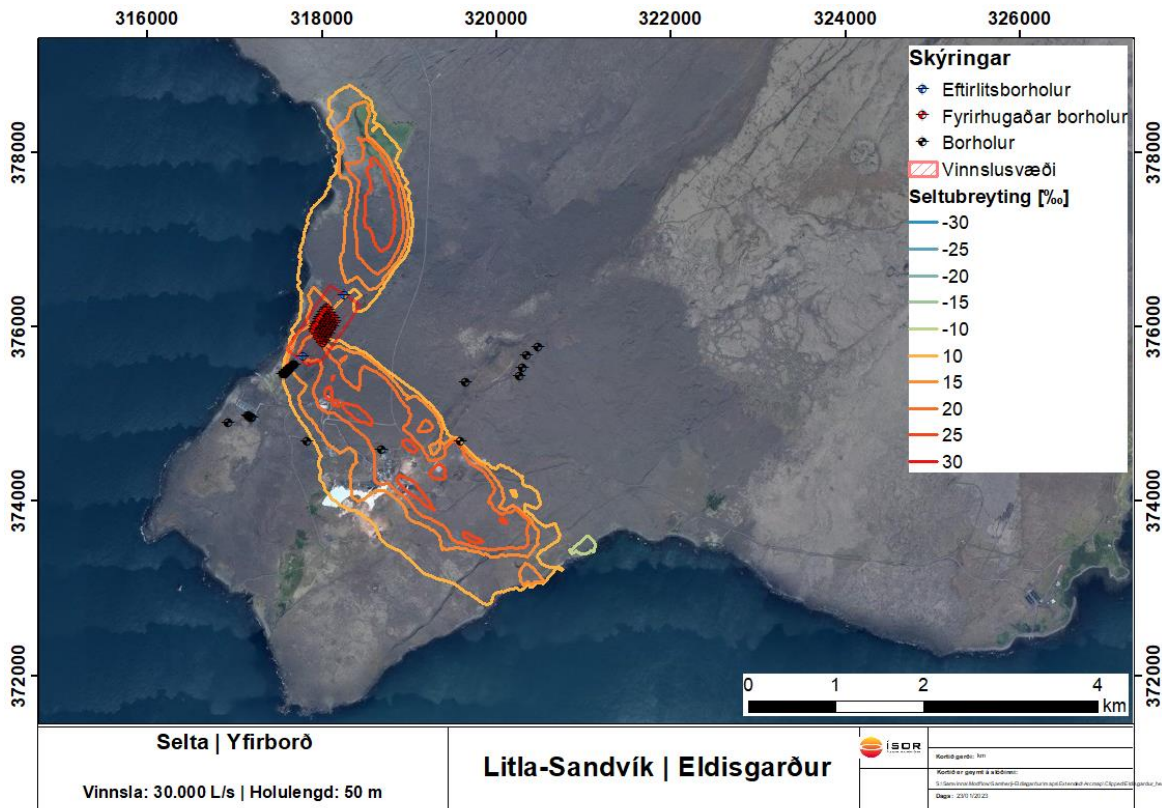
**Mynd 30.** Breyting á vatnsborði hugsanlegra eftirlitsholna á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis vegna 30.000 L/s vinnslu á svæðinu í 50 ár. OBS-1 er syðst á sjótökusvæðinu og OBS-2 er nyrst á sama svæði.



**Mynd 31.** Hermdur niðurdráttur vatnsborðs á Reykjanesi, fyrir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár, til viðbótar við núverandi vinnslu. Heilar línur sýna niðurdrátt miðað við áætlað meðal vatnsár, en brotalínur sýna niðurdrátt miðað við lélegt vatnsár. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka E.

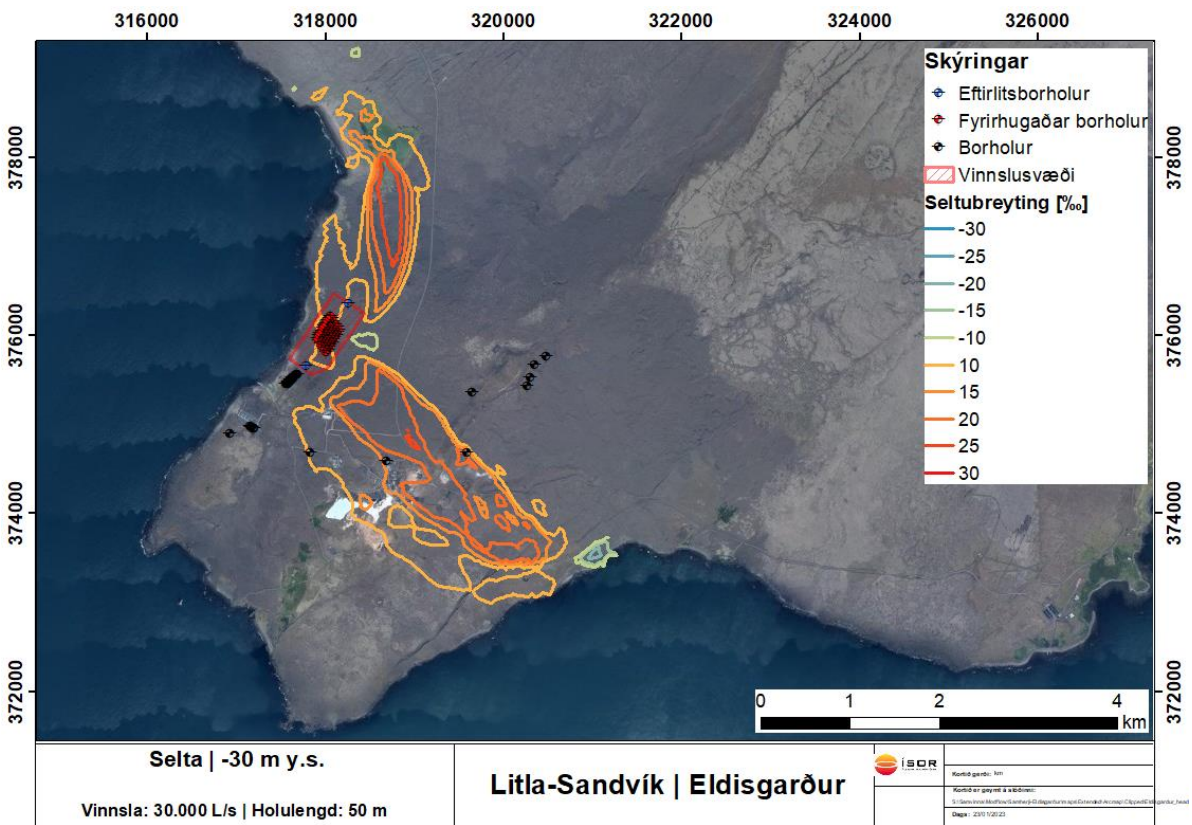
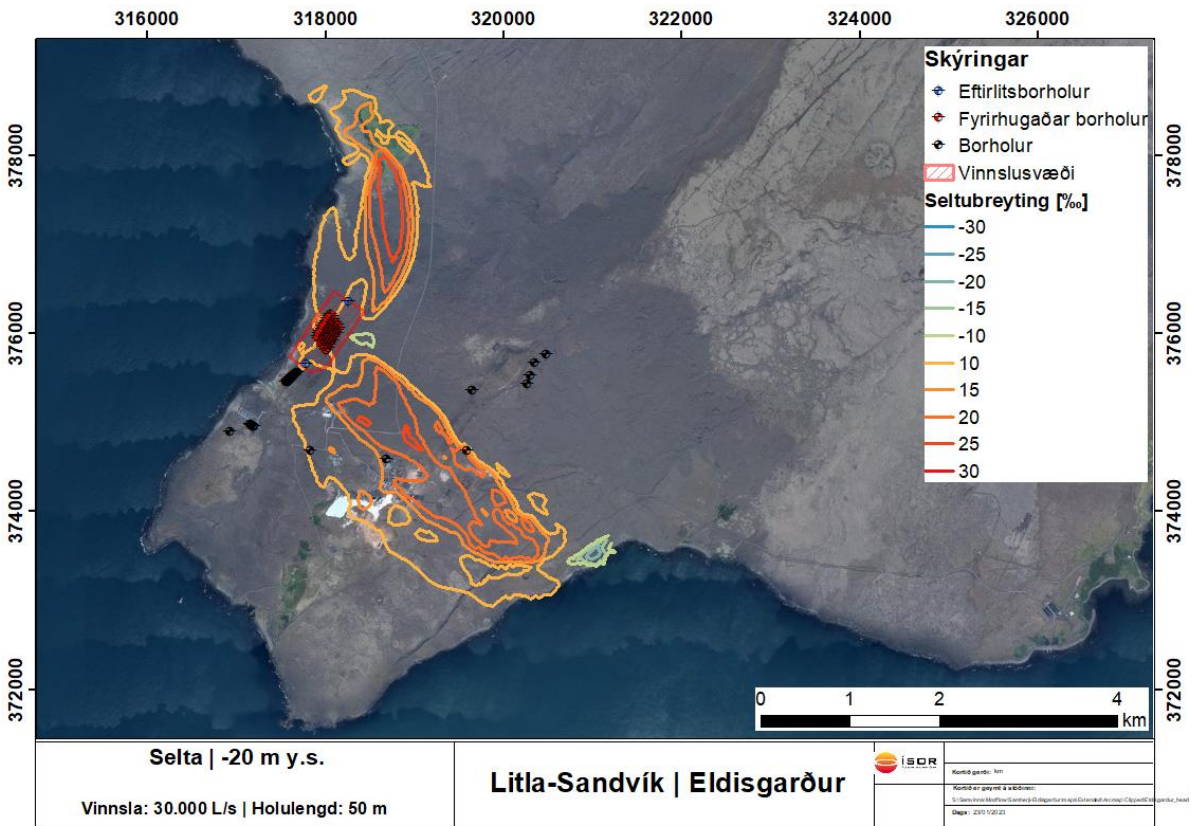


**Mynd 32.** Vatnsborð (m y.s.) og grunnvatnsrennsli (örvar) í efsta lagi líkansins fyrir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár. Rauðir punktar sýna staðsetningu borholna og viðnámspunkta á svæðinu, og grænn punktur sýnir vinnslusvæði Samherja fiskeldis. Örvar sýna aðrennslissvæði vatns í nýjar vinnsluholur.

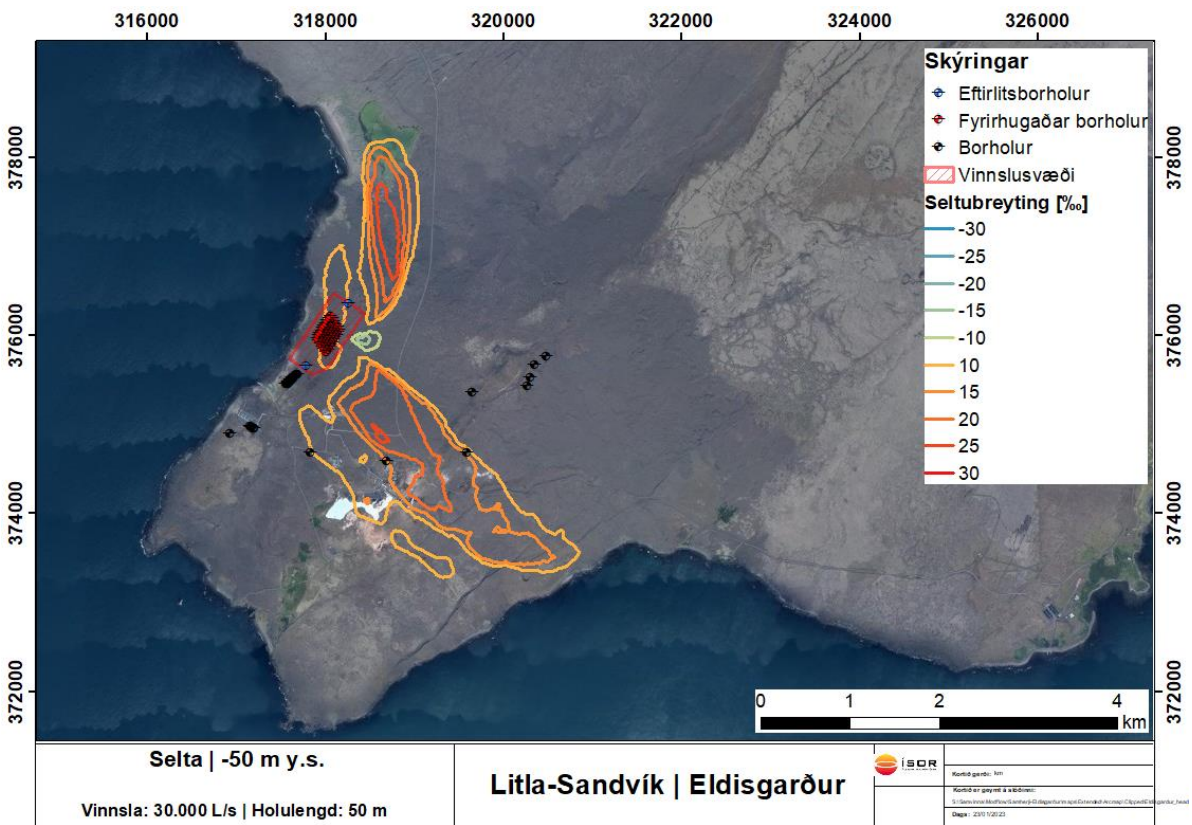
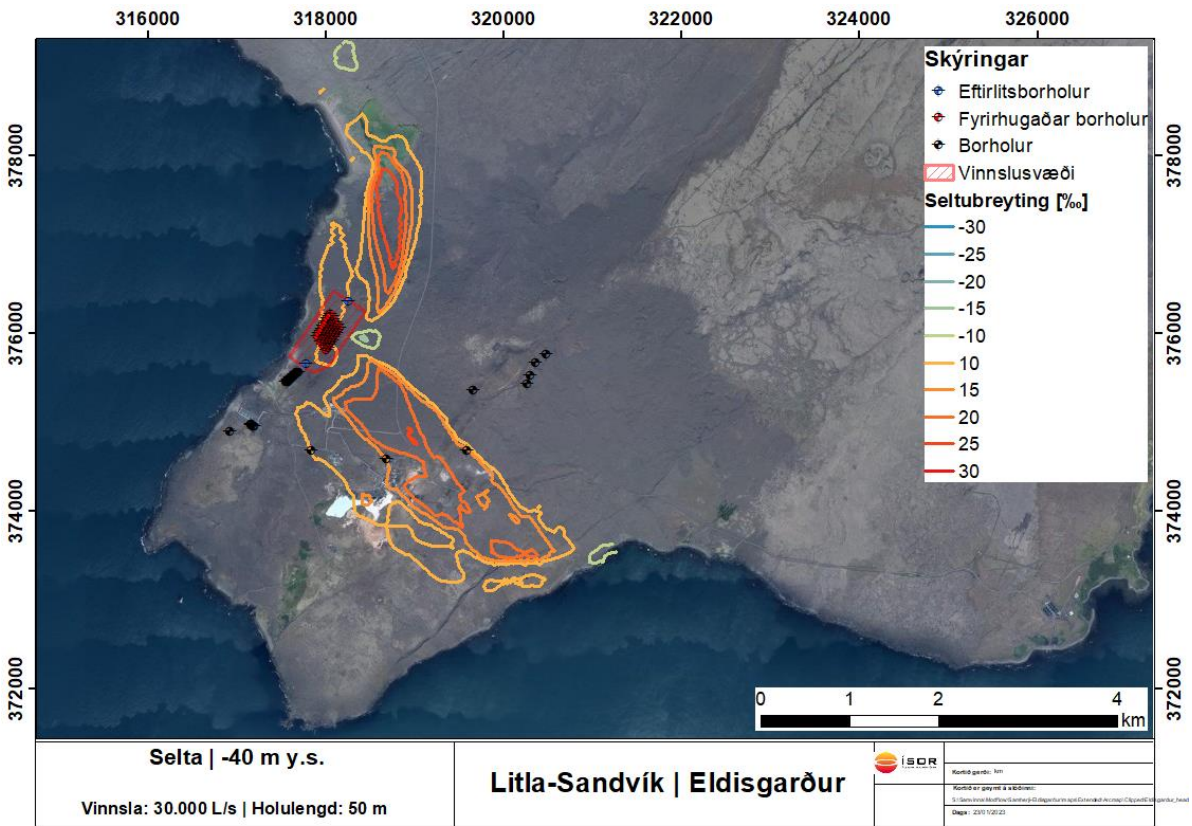


**Mynd 33.** Breyting á seltu miðað við seltudreifingu á svæðinu við núverandi vinnslu (mynd 12), eftir 30.000 L/s vinnsla á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár fyrir mismunandi dýpi. Hermdar framtíðarvinnsluholur eru merktar með raudum punktum. Bláar borholur sýna staðsetningu hugsanlegra eftirlitsborholna fyrir svæðið. Mynd af öllu líkanasvæðinu má sjá í viðauka E.

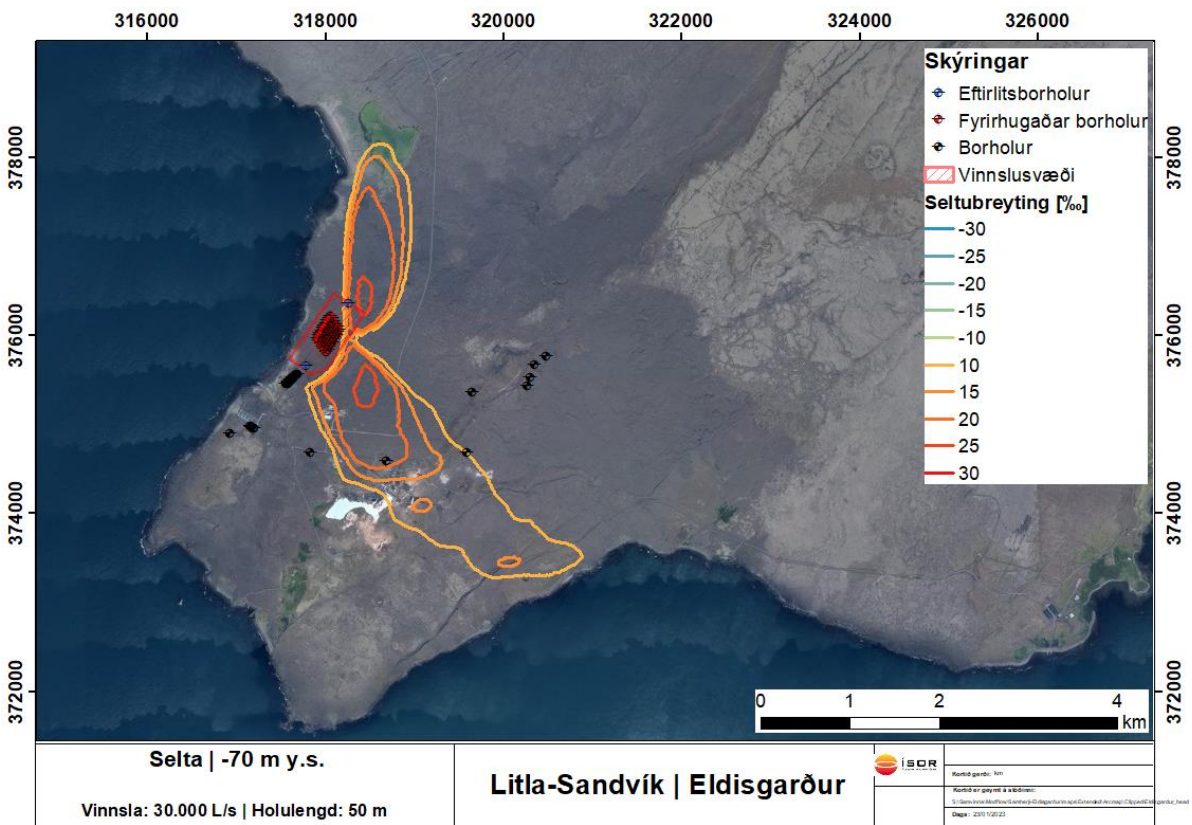
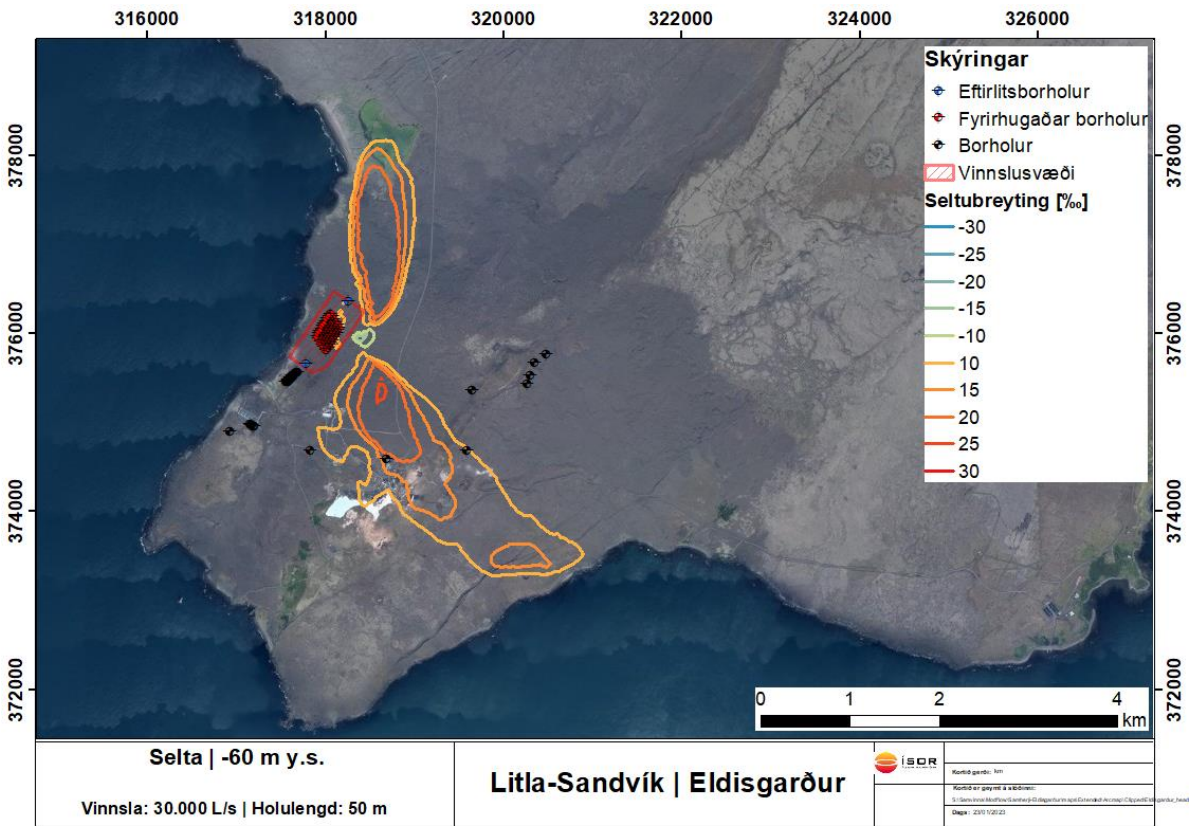




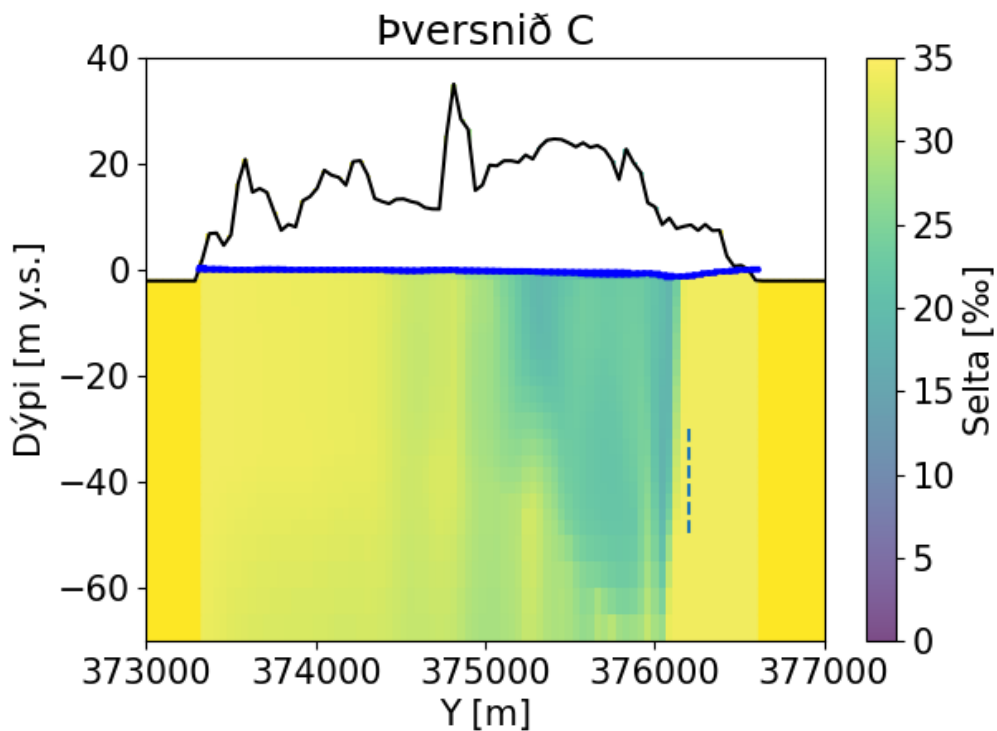
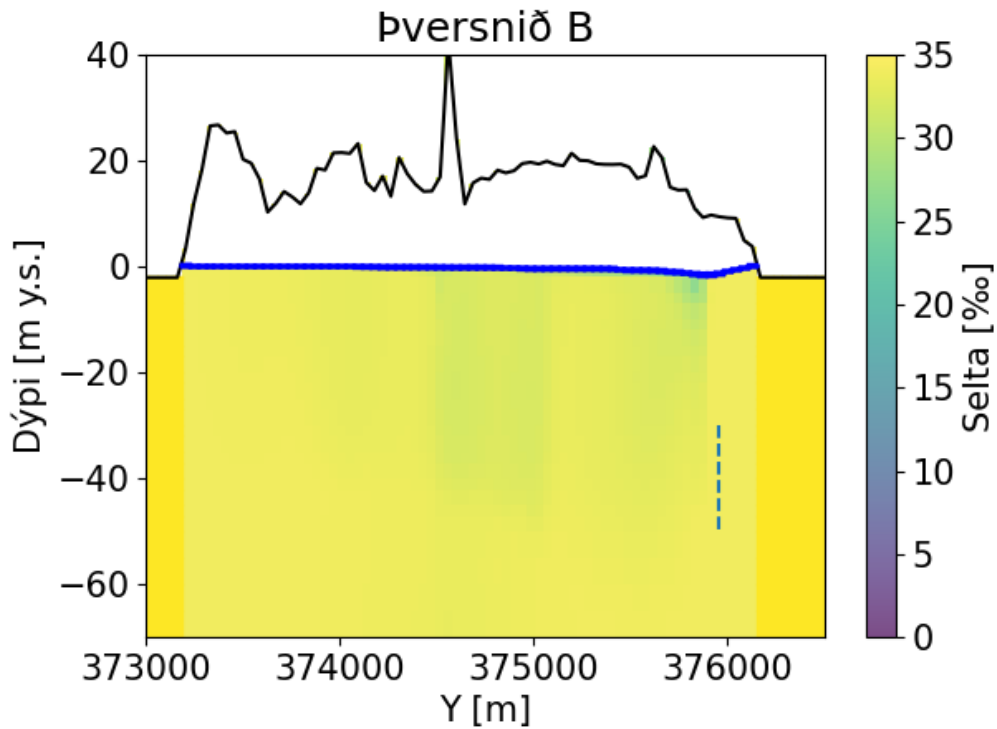
Mynd 33. (Frh.)



Mynd 33. (Frh.)



Mynd 33. (Frh.)



**Mynd 34.** Þversnið sem sýna dreifingu seltu með dýpi eftir 30.000 L/s vinnslu á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis í 50 ár. Skærgulir hlutar þversniðanna sýna full saltan sjó. Legu þversniða má sjá á mynd 13. Hæð landslags á myndinni er ýkt til að sýna betur dreifingu vatnsborðs og seltu. Blá brotalína milli -30 og -50 m y.s. sýnir þar sem fyrirhugað vatnstökusvæði vinnsluholna Samherja fiskeldis verður, þ.e.a.s. þar sem nýjar vinnsluholur verða opnar út í bergið.

## 5 Niðurstöður

Grunnvatnslíkan sem byggist á ýmsum jarðfræði-, jarðeðlisfræði- og vatnafarsfræðilegum gögnum á svæðinu í kringum Litlu-Sandvík á Reykjanesi var útbúið með hugbúnaðinum MODFLOW. Líkanið var látið herma náttúrulegt ástand, ástand m.v. núverandi vinnslu og áhrif mismunandi vinnsluáfanga á nýju sjótökusvæði Samherja fiskeldis.

Vegna skorts á gögnum um jarðfræði, vatnshæð og seltu norður af Reykjanesi þá eykst óvissa í líkaninu töluvert eftir því sem farið er norðar inn á Reykjaneskaga. Með tilliti til þess eru helstu niðurstöður hermanna þessar:

- Reikningar sýna að við aukna vinnslu úr nýjum vinnsluholum á svæði Samherja fiskeldis eykst selta grunnvatns við grunnvatnsborð til norðurs og austurs.
- Hermun sýnir að niðurdráttur vatnsborðs á vinnslusvæðinu við 30.000 L/s vinnslu er um 1,5 m.
- Líkanið sýnir, með hliðsjón af því að vatnsborð breytist um ~1 m vegna sjávarfalla á svæðinu, að niðurdráttur á vatnsborði vegna vinnslu á svæði Samherja fiskeldis er lítill.
- Líkanið sýnir hverfandi áhrif frá fyrirhugaðri vinnslu Samherja fiskeldis á vinnslusvæði Stolt Sea Farm.
- Reikningar sýna að nálægt sjótökusvæði Reykjanesvirkjunar, sunnan við fyrirhugað vinnslusvæði Samherja fiskeldis, má búast við ~20 cm lækkun á vatnsborði, við holuna LS-02, miðað við 30.000 L/s vinnslu.
- Líkanið sýnir að vinnsla á svæði Samherja fiskeldis muni lækka vatnsborð nálægt ferskvatnsvinnslusvæði við Sýrfell um allt að 50 cm. Þó er talið að vegna jarðlaga undir Sýrfelli geti raunverulegur niðurdráttur orðið minni. Ekki er búist við aukningu á seltu í holum á svæðinu samhliða þessari vatnsborðslækkun.
- Hermun sýnir að ekki er marktækur munur á niðurdrætti vatnsborðs á svæðinu vegna vinnslu úr dýpri vinnsluholum (70 m) á svæði Samherja fiskeldis, miðað við vinnslu úr grynnri holum (50 m).
- Hermdur niðurdráttur vatnsborðs á fyrirhuguðu vinnslusvæði Samherja fiskeldis eykst úr 75 cm, fyrir 7.500 L/s, í 150 cm, fyrir 30.000 L/s vinnslu á vinnslusvæðinu miðað við núverandi vinnslu á svæðinu.
- Líkan sýnir að selta jarðsjávarins sem verður nýttur verði að jafnaði rúmlega 30%, sem gefur til kynna að eitthvað af vinnslunni verður úr blandlagi milli jarðsjávar og ferskvatns. Hermanir gefa ekki til kynna neikvæð áhrif á aðra starfsemi á svæðinu.
- Líkan áætlar að heildar aðrennslissvæði við Reykjanes muni ekki koma til með að breytast vegna vinnslu Samherja fiskeldis.

Líkanið sýnir að aðrennslis grunnvatns á svæði Samherja fiskeldis er annars vegar ferskvatn frá Reykjanesi sem streymir úr bæði norðri og austri og hins vegar sjór sem streymir inn í land við Litlu-Sandvík. Reikningar sýna að vinnsla á svæði Samherja fiskeldis mun hafa í för með sér allt að eins og hálf metra niðurdrátt vatnsborðs við Litlu-Sandvík og er mestur niðurdráttur við fyrirhugað vinnslusvæði Samherja fiskeldis. Hermanir sýna að fyrirhuguð vinnsla Samherja fiskeldis mun valda auknum niðurdrætti vatnsborðs á sjótökusvæði Reykjanesvirkjunar sem og breytingum á seltu grunnvatns á því svæði. Líkanið sýnir engar markverðar breytingar vegna vinnslu Samherja fiskeldis á vatnsnotkun Stolt Sea Farm. Líkanið sýnir um ~50 cm lækkun á vatnsborð við Sýrfell. Reikningar sýna að seltustig

grunnvatns á svæðinu mun breytast við vinnslu Samherja fiskeldis og eru mestar breytingar nálægt fyrirhuguðu vinnslusvæði. Engar seltubreytingar sjást nærri ferskvatnsvinnslusvæði við Sýrfell. Líkanið gefur til kynna að áhrifa frá vinnslu Samherja fiskeldis muni aðallega gæta til norðurs og austurs af nýju vinnslusvæði.

Hægt væri að auka nákvæmni á reikningum með auknum rannsóknum nálægt fyrirhuguðu vinnslusvæði Samherja fiskeldis, og með því að skorða líkan við svæði nálægt fyrirhuguðu vinnslusvæði, þar sem gögn um jarðfræði og vatnafar eru af skornum skammti fjarri fyrirhuguðu vinnslusvæði. Engar borholur er að finna norðan við sjótökusvæði Reykjanesvirkjunar. Þessi skortur á borholugögnum leiðir af sér óvissu með uppbyggingu jarðlaga og þykkt ferskvatnslinsu á svæðinu. Æskilegt væri að uppfæra grunnvatnslíkanið þegar borun hefst á svæðinu.

## 6 Heimildaskrá

- Birna Ólafsdóttir, Jens Tómasson, Jón Jónsson, Stefán Arnórsson, Stefán G. Sigmundarson og Sveinbjörn Björnsson (1971). *Reykjanes: Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins*. Orkustofnun.
- Heimir Ingimarsson og Sigurður G. Kristinsson (2015). *Observations in seawater wells LS-01 and LS-02*. Íslenskar orkurannsóknir, minnisblað 27. janúar 2015. Unnið fyrir HS Orku hf.
- Kjartan Marteinsson, Gunnar Þorgilsson, Magnús Á. Sigurgeirsson og Daði Þorbjörnsson (2021). *Staður: Grunnvatnslíkan*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2021/037. Unnið fyrir Samherja hf.
- Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Árni Hjartarson, Ingibjörg Kaldal, Sigurður Garðar Kristinsson og Skúli Víkingsson (2016). *Jarðfræðikort af Suðvesturlandi, 1:100 000* (2. útgáfa). Reykjavík: Íslenskar orkurannsóknir.
- Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson (2013). Reykjanesskagi. Í: Júlíus Sólnes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstjórar). *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*, 379–401. Reykjavík: Viðlagatrygging Íslands/ Háskólaútgáfan.
- Landmælingar Íslands (2016). *LMÍ hæðarlíkan 2016*. Landmælingar Íslands.
- Langevin, C.D., Hughes, J.D., Banta, E.R., Provost, A.M., Niswonger, R.G. og Panday, Sorab (2017). *MODFLOW 6 Modular Hydrologic Model: U.S. Geological Survey Software*. U.S. Geological Survey.
- Langevin, C.D., Hughes, J.D., Provost, A.M., Russcher, M.J., Niswonger, R.G., Panday, Sorab, Merrick, Damian og Banta, E.R. (2022). *MODFLOW 6 Modular Hydrologic Model version 6.3.0: U.S. Geological Survey Software Release 4 March 2022*. U.S. Geological Survey.
- Magnús Ólafsson og Þórólfur H. Hafstað (2004). *Reykjanes – Rannsóknarholur LS-1 og LS-2: Um möguleika á öflun sjávar til kælingar*. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-2004/03.
- Magnús Á. Sigurgeirsson (1995). Yngra-Stampagosið á Reykjanesi. *Náttúrufræðingurinn* 64, 211–230.
- Ragna Karlsdóttir (1997). *TEM-viðnámsmælingar á utanverðum Reykjanesskaga*. Orkustofnun, OS-97001. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja.
- Ragna Karlsdóttir (2005). *TEM-mælingar á Reykjanesi 2004*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2005/002. Unnið fyrir Hitaveita Suðurnesja.
- Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson (2014). *Reykjanes Geothermal Area, Southwest Iceland: Extension of 3D Inversion of MT Data*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2014/016. Unnið fyrir HS Orku hf.
- Sigurður G. Kristinsson og Þórólfur H. Hafstað (2008). *Reykjanesvirkjun – Sjóholur vegna stækkunar orkuversins*. Íslenskar orkurannsóknir, minnisblað 12. september 2008.
- Sigurður G. Kristinsson og Þórólfur H. Hafstað (2011). *Sjóholur Reykjanesvirkjunar: Eftirlit 2006–2010*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/017. Unnið fyrir HS Orku hf.
- Sigurður G. Kristinsson og Þórólfur H. Hafstað (2015). *Reykjanes Power Plant: Sea Water Observation-well LS-2*. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-15032. Unnið fyrir HS Orku hf.

- Steinunn Hauksdóttir, Gunnlaugur M. Einarsson, Daði Þorbjörnsson, Árni Hjartarson og Sigurður Ý. Richter (2021). *RESOURCE WP6 – Pan-EU Groundwater Resources Map: Metadata – Iceland í Deliverable 6.6: Justification of the choices to compile the Pan-EU Groundwater Resources maps by all participating countries*. European Union Horizon 2020, 731166.
- Þórólfur H. Hafstað og Magnús Ólafsson (2004). *Ferskvatnsholur SY-2 og SY-3 á Reykjanesi: Afkastamæling og efnasamsetning*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2004/02.
- Þórólfur H. Hafstað og Sigurður G. Kristinsson (2007). *Reykjanesvirkjun – Sjóholur við Sandvík: Jarðlagaskipan og afkastamælingar*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2007/051. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja.
- Þórólfur H. Hafstað og Sigurður G. Kristinsson (2013). *Stolt Sea Farm Holdings Iceland: Seawater Wells at Reykjanes*. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-13019. Unnið fyrir Stolt Sea Farm Holdings Iceland.
- Þórólfur H. Hafstað, Kristján Sæmundsson og Sverrir Þórhallsson (2004). *Hitaveita Suðurnesja: Borun vinnsluholu eftir jarðsjó á Reykjanesi*. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-04081.