



Kísilverksmiðja Stakksbergs í Helguvík

Dreifing útblástursefna

Unnið fyrir Stakksberg

Skýrsla nr. 19.10

Október 2019

Verkfræðistofan Vatnaskil

Síðumúli 28

108 Reykjavík

s. 568-1766

vatnaskil@vatnaskil.is

www.vatnaskil.is

Skýrsla nr: 19.10	Útgefið: Október 2019	Fjöldi síðna: 61	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
-----------------------------	---------------------------------	----------------------------	---

Heiti skýrslu:

Kísilverksmiðja Stakksbergs í Helguvík. Dreifing útblástursegna.

Höfundar:

Gísli Steinn Pétursson, Sveinn Óli Pálmarsson, Hjalti Sigurjónsson

Verkefnisstjóri:

Sveinn Óli Pálmarsson

Útdráttur:

Stakksberg ehf. fól Vatnaskilum að reikna dreifingu útblástursegna frá kísilverksmiðju Stakksbergs í Helguvík, m.a. með það fyrir augum að meta árangur af endurbættri hönnun útblástursmannvirkja. Endurbæturnar felast m.a. í því að útblástur verður leiddur út um 52 m háan skorstein í stað rjáfurs síuhúss líkt og gert var þegar verksmiðjan var í rekstri. Reiknað er fyrir núverandi framleiðslu (einn ofn) og þegar verksmiðjan verður fullbyggð (fjórir ofnar).

Birtar eru niðurstöður spár um dreifingu brennisteinsdíoxíðs (SO₂), köfnunarefnisoxíðs (NO₂), kolsýrings (CO), ryks (PM_{2,5}), fjölhringa arómatískra vetniskolefna (PAH, B(a)P) og rokgjarna lífrænna efnasambanda (TVOC).

Ávinningur fyrirhugaðra endurbóta er metinn með hliðsjón af viðmiðunarmörkum reglugerða en einnig fyrir nokkur rekstrartilvik gagnvart dreifingu lyktarmengandi efnasambanda.

Mat er jafnframt lagt á samlegðaráhrif við útblástur frá fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil og fyrirhuguðu álveri Century Aluminium (Norðurál) og borið saman við viðmiðunarmörk reglugerða.

Með tilkomu endurbótanna er styrkur undir viðmiðum reglugerða alls staðar á líkansvæðinu fyrir öll efni sem voru könnuð.

Styrkur er almennt verulega lækkaður fyrir öll efni í öllum tilvikum með tilkomu endurbóta. Búast má við að minnkaðar líkur séu á að lykt finnist með tilkomu endurbótanna en þar sem ekki liggja fyrir greiningarmörk lyktar vegna TVOC efna er ekki hægt að fullyrða að lykt hverfi með öllu.

Verkkaupi:

Stakksberg ehf.

Tengiliður verkkaupa:

Pórður Magnússon

Lykilorð:

Reykjanes, Helguvík, brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisoxíð, kolsýringur, svifryk, rokgjörn lífræn efnasambönd, skorsteinar, síuhús, Stakksberg

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	4
Töfluskrá	5
Myndaskrá	5
1. Inngangur	8
2. Forsendur útblásturs og losunar	9
3. Líkanreikningar	10
4. Samanburður núverandi og endurbættis ástands	11
4.1. Samanburður við reglugerð	11
4.1.1. Brennisteinsdíoxíð (SO ₂)	12
4.1.2. Köfnunarefnisdíoxíð (NO ₂) og köfnunarefnisoxíð (NO _x)	12
4.1.3. Kolsýringur (CO), ryk (PM _{2,5}) og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH/B(a)P)	13
4.2. Rokgjörn lífræn efnasambönd (TVOC)	13
4.2.1. Dreifing TVOC efna við mismikið afl á ofni	13
4.2.2. Dreifing TVOC efna við mismunandi veðurskilyrði	14
4.2.3. Lækkun styrks TVOC efna í kjölfar endurbóta	15
5. Samanburður framtíðarástands við reglugerðarmörk	16
5.1. Samanburður tímabila	17
5.1.1. Brennisteinsdíoxíð (SO ₂)	17
5.1.2. Köfnunarefnisdíoxíð (NO ₂) og köfnunarefnisoxíð (NO _x)	17
5.1.3. Kolsýringur (CO), ryk (PM _{2,5}) og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH/B(a)P)	18
5.1.4. Rokgjörn lífræn efnasambönd (TVOC)	18
5.2. Samlegðaráhrif við Thorsil og Norðurál	18
5.2.1. Brennisteinsdíoxíð (SO ₂)	18
5.2.2. Köfnunarefnisdíoxíð (NO ₂) og köfnunarefnisoxíð (NO _x)	19
5.2.3. Kolsýringur (CO), ryk (PM) og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH/B(a)P)	19
6. Samantekt	20
Heimildir	21
Yfirlit mynda	22
Myndir	25

Töfluskrá

Tafla 1. Viðmiðunarmörk reglugerða fyrir hámarksmengun andrúmslofts.....	8
Tafla 2. Forsendur losunar útblástursefna miðað við hvert framleitt tonn af kísil (Si).....	9
Tafla 3. Ársframleiðsla, kennistærðir losunaropa, útblásturshraði og -hitastig vegna mismunandi fyrirkomulags losunar.	9
Tafla 4. Forsendur losunar TVOC efna fyrir mismunandi álag á ofni. Í öllum tilvikum er fast massaflæði TVOC efna 0,12 g/s.	10
Tafla 5. Hæsti reiknaði styrkur innan líkansvæðis fyrir núverandi og endurbætta stöðu útblástursmannvirkja fyrir vinnslu með einum ofni samanborið við viðmiðunarmörk reglugerða. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir TVOC.	11
Tafla 6. Hæsti reiknaði styrkur innan líkansvæðis fyrir fullbúna verksmiðju og samlegðar styrks með annarri fyrirhugaðri starfsemi á svæðinu samanborið við viðmiðunarmörk reglugerða. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir TVOC.	16

Myndaskrá

Mynd 1. Reiknisvæði loftdreifilíkans, staðsetning útblástursopa og útlínur bygginga.....	26
Mynd 2. Samanburður vindrósa fyrir mælt og reiknað veður við Keflavíkurflugvöll fyrir tímabilið 2000 – 2004.	27
Mynd 3. Samanburður vindrósa fyrir mælt og reiknað veður við Keflavíkurflugvöll fyrir tímabilið 2013 – 2017.	27
Mynd 4. Ársmeðaltal SO ₂ reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.....	28
Mynd 5. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO ₂ fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.	29
Mynd 6. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO ₂ fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.	30
Mynd 7. Ársmeðaltal NO _x reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.....	31
Mynd 8. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO ₂ fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.	32
Mynd 9. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO ₂ fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.	33
Mynd 10. Ársmeðaltal PM _{2,5} reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.	34
Mynd 11. Ársmeðaltal B(a)P reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni. Styrkur fyrir endurbætta stöðu reiknast undir 1/100 af viðmiðunarmörkum reglugerðar og eru því engar jafngildislínur dregnar.....	35
Mynd 12. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni á fullu álagi.	36

Mynd 13. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni á skertu álagi.	37
Mynd 14. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni einni klukkustund eftir útslátt.	38
Mynd 15. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir ofn á fullu afli (efsta mynd). Sýnd eru gildi þegar styrkur er hærrí en 0. Samantekt á veðuraðstæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.	39
Mynd 16. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir ofn á fullu afli (efsta mynd). Sýnd eru 1% hæstu gildin. Samantekt á veðuraðstæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.	40
Mynd 17. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir ofn á skertu afli (efsta mynd). Sýnd eru 1% hæstu gildin. Samantekt á veðuraðstæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.	41
Mynd 18. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir tilvik einni klukkustund eftir útslátt á ofni (efsta mynd). Sýnd eru 1% hæstu gildin. Samantekt á veðuraðstæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.	42
Mynd 19. Samanburður á reiknuðum styrk TVOC efna við Heiðarskóla á hverjum tíma, með núverandi (rjáfur) og endurbættri útfærslu útblástursmannvirkja við mismunandi rekstraraðstæður.	43
Mynd 20. Hæsti reiknaði styrkur TVOC í byggð Reykjanesbæjar á völdu tímabili fyrir 1 ár. Sýndur er hæsti reiknaði styrkur í Reykjanesbæ á hverjum tíma fyrir mismunandi afl á ofni fyrir núverandi (efri mynd) og endurbætta stöðu (neðri mynd). Báðar myndirnar hafa sama kvarða á lóðréttum ási.	44
Mynd 21. Ársmeðaltal SO ₂ reiknað yfir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.	45
Mynd 22. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.	46
Mynd 23. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.	47
Mynd 24. Ársmeðaltal NO _x reiknað yfir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.	48
Mynd 25. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.	49
Mynd 26. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.	50
Mynd 27. Ársmeðaltal PM _{2,5} reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.	51

Mynd 28. Ársmeðaltal B(a)P reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Styrkur fyrir bæði tímabilin reiknast undir 1/100 af viðmiðunarmörkum reglugerðar og eru því engar jafngildislínur dregnar.....	52
Mynd 29. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.....	53
Mynd 30. Ársmeðaltal SO ₂ reiknað yfir tímabilið 2000 - 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhuguðu álveri Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil.	54
Mynd 31. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhuguðu álveri Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil.....	55
Mynd 32. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundagilda SO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhuguðu álveri Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil.....	56
Mynd 33. Ársmeðaltal NO _x reiknað yfir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.	57
Mynd 34. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.	58
Mynd 35. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO ₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.	59
Mynd 36. Ársmeðaltal svifryks (sem PM _{2,5}) reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með svifryki (sem PM ₁₀) frá fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.....	60
Mynd 37. Ársmeðaltal PAH reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil. Ef gert er ráð fyrir að hlutfall B(a)P af PAH sé 1% fyrir bæði iðjuverin reiknast styrkur undir viðmiðum reglugerðar.	61

1. Inngangur

Stakksberg ehf. fól Vatnaskilum að reikna dreifingu útblástursefna frá kísilverksmiðju Stakksbergs í Helgúvík. Frumniðurstöður reikninganna leiddu í ljós þörf á endurbótum útblástursmannvirkja núverandi verksmiðju. Því var framkvæmd greining á áhrifum endurbótanna á dreifingu útblástursefnanna auk þess sem dreifing efnanna frá fullbúinni verksmiðju var rannsökuð. Reikningar voru þannig framkvæmdir fyrir núverandi rekstraraðstæður (einn ofn) og þegar verksmiðjan verður fullbyggð (fjórir ofnar) í eftirfarandi þremur útfærslum:

1. Einn ofn sem þegar hefur verið byggður, núverandi útfærsla (útblastur um rjáfur síuhúss).
2. Einn ofn og endurbætt útfærsla (útblastur um einn skorstein).
3. Full uppbygging verksmiðjunnar með fjórum ofnum (útblastur um tvo skorsteina).

Ávinningur fyrirhugaðra endurbóta er kannaður fyrir nokkur rekstrartilvik:

1. Rekstur á fullum afköstum fyrir allar þrjár útfærslur að ofan, samanburður efna við viðmiðunarmörk reglugerða (sjá töflu 1).
2. Nokkur tilvik með rekstur á mismunandi afköstum fyrir einn ofn, samanburður tilvika fyrir rokgjörn, lífræn efnasambönd (TVOC) sem talið er að valdi lykt.

Enn fremur er dreifing útblástursefna fyrir fyrirhugaða uppbyggingu með fjórum ofnum lögð saman við dreifingu útblástursefna frá fyrirhuguðu álveri Century Aluminium (Vatnaskil, 2009) og fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil í Helgúvík (Vatnaskil, 2014). Samanlögð dreifing útblástursefna er borin saman við viðmiðunarmörk reglugerða eins og við á (sjá töflu 1).

Tafla 1. Viðmiðunarmörk reglugerða fyrir hámarksmengun andrúmslofts.

Reglugerð	Efni	Tími	Styrkur	Athugasemd	Hlutfall	Ástæða
920/2016	SO ₂	Almanaksár	20 µg/m ³			Gróðurvernd
920/2016	SO ₂	Vetur	20 µg/m ³	(1. okt til 31. mars)		Gróðurvernd
920/2016	SO ₂	24 klst	125 µg/m ³	sem ekki má fara yfir oftari en 3 sinnum á almanaksári	99,2%	Heilsuvernd
920/2016	SO ₂	1 klst	350 µg/m ³	sem ekki má fara yfir oftari en 24 sinnum á almanaksári	99,7%	Heilsuvernd
920/2016	NO _x	Almanaksár	30 µg/m ³			Gróðurvernd
920/2016	NO ₂	Almanaksár	40 µg/m ³			Heilsuvernd
920/2016	NO ₂	24 klst	75 µg/m ³	sem ekki má fara yfir oftari en 7 sinnum á almanaksári	98,1%	Heilsuvernd
920/2016	NO ₂	1 klst	200 µg/m ³	sem ekki má fara yfir oftari en 18 sinnum á almanaksári	99,8%	Heilsuvernd
920/2016	CO	8 klst	10 mg/m ³	Daglegt hámarksmeðaltal fyrir 8 klst		Heilsuvernd
920/2016	PM _{2,5}	Almanaksár	20 µg/m ³			
920/2016	PM ₁₀	Almanaksár	40 µg/m ³			
920/2016	PM ₁₀	24 klst	50 µg/m ³	Sem ekki má fara yfir oftari en 35 sinnum á almanaksári	90,4%	
410/2008	B(a)P	Ársmeðaltal	1 ng/m ³			

2. Forsendur útblásturs og losunar

Nánnar tiltekið gagnvart útfærslum útblástursmannvirkja að ofan þá er dreifing útblástursegna skoðuð fyrir núverandi fyrirkomulag útblástursmannvirkja þar sem framleitt er í einum ofni og losað um rjáfur síuhúss. Enn fremur endurbætt fyrirkomulag þar sem einnig er framleitt í einum ofni en afsog sett á rjáfur síuhúss og víftur notaðar til að blása útblæstri um einn skorstein við hlið síuhússins og fullbyggða verksmiðju með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina þar sem tveir ofnar eru tengdir inn á hvorn skorstein. Jafnframt eru skoðuð þrjú rekstrartilvik fyrir einn ofn þar sem ofn er keyrður á fullu álagi, skertu álagi og einni klukkustund eftir útslátt ofns. Fyrir skert afl og eftir útslátt er eingöngu horft til TVOC efna til mats á úrbótum vegna lykta í nágrenni verksmiðjunnar.

Forsendur Stakksbergs um losun útblástursegna miðuð við hvert framleitt tonn kísils má sjá í töflu 2. Tafla 3 sýnir kennistærðir losunaropa, ásamt útblásturshraða og -hita fyrir núverandi, endurbætta og framtíðar stöðu. Í núverandi stöðu er losað um rjáfur (ÍSN93: 325833,8, 396108,5) um op sem liggur eftir endilöngu síuhúsinu. Fyrir endurbætta stöðu verður afsog sett á síuhúsið og mun vífta draga loftið frá síuhúsi í skorstein sem staðsettur verður við hlið síuhússins (ÍSN93: 325842,4, 396054,7). Útblástursopið hækkar um tæplega 21,5 m. Jafnframt er þverskurðarflatarmál skorsteinsins margfalt minna en þverskurðarflatarmál rjáfurs sem veldur verulegri aukningu í útblásturshraða sem hjálpar við uppdrif útblástursegna. Þegar starfsemi var í verksmiðjunni var miðað við að reyna að halda útblásturs-hita hennar sem hæstum á kostnað útblásturshraða. Niðurstaða loftdreifingareikninga sýna hins vegar að betra sé að tryggja nægt flæði og aukinn útblásturshraða. Við endurbætta stöðu er því reynt að tryggja að útblásturshraði sé sem hæstur. Við þetta lækkar útblásturshiti lítillega sem dregur eitthvað á móti úr uppdrifi útblástursegna. Tekið er tillit til þessara þátta í útblástursforsendum.

Tafla 2. Forsendur losunar útblástursegna miðað við hvert framleitt tonn af kísil (Si).

Efni	Forsendur
SO ₂	15 kg/t Si
NO _x	18 kg/t Si
PM _{2,5}	0,4 kg/t Si
CO	14,8 kg/t Si
PAH	0,002 kg/t Si
% B(a)P af PAH	1%
TVOC	0,15 kg/t Si

Tafla 3. Ársframleiðsla, kennistærðir losunaropa, útblásturshraði og -hitastig vegna mismunandi fyrirkomulags losunar.

Staða	Núverandi	Endurbætur	Framtíðar
Losun um	Rjáfur	Skorstein	2 skorteina
Fjöldi ofna	1	1	4
Framleiðsla (tonn Si/ár)	25.000	25.000	100.000
Hæð útblástursops (m y. jörðu)	30,4	52,0	52,0 / 52,0
Hæð útblástursops (m y.s.)	56,6	78,2	78,2 / 78,2
Virkt útblástursflatarmál (m ²)	109	9,08	9,08 / 8,55
Útblásturshraði (m/s)	0,87	14,0	25,0 / 25,0
Útblásturshitastig (°C)	180	150	177 / 209

Í framtíðarstöðu eru fjórir ofnar í stað eins og losa þeir um tvo skorsteina í stað eins, þar sem öðrum skorsteini verður komið fyrir nærri þeim sem er í endurbættu tilviki (ÍSN93: 325853,7, 396036,3). Fyrirhugað er að tveir ofnar séu saman á skorsteini til að tryggja að lágmarks flæði um skorsteinana fari ekki undir flæði sem samsvarar flæði eins ofns á fullu álagi með það að markmiði að minnka líkur á lykt frá verksmiðjunni. Þegar allir ofnar eru á fullu álagi er útblásturshraði hvors skorsteins 25 m/s sem er umtalsverð aukning frá 14 m/s útblásturshraða þegar einn ofn er til staðar. Seinni skorsteinninn er með lítillaga minna þverskurðarflatarmál sem kemur til vegna lítillaga minna loftflæðis frá rykhreinsivirkjum sem hönnuð eru fyrir skorsteina frá grunni í stað afsogs á síuhús.

Hugtakið VOC (*e. volatile organic compounds*) er notað yfir mörg efni sem eiga það sameiginlegt að vera rokgjörn, lífræn efnasambönd. Í þessari skýrslu er fjallað um samanlagðan styrk þessara efna í einni heild og er þá talað um TVOC (*e. total volatile organic compounds*). Fyrir núverandi og endurbætta stöðu var skoðuð dreifing TVOC efna fyrir fullt og skert afl á ofni og einni klukkustund eftir útslátt á ofni. Í öllum tilvikum er gert ráð fyrir föstu massaflæði TVOC efna frá verksmiðjunni sem 0,12 g/s, samkvæmt forsendum Stakksbergs sem byggja á meðaltali mælinga sem framkvæmdar voru af NILU (norskrar stofnunar sem starfar á sviði loftgæðarannsókna) yfir nokkra daga við tiltölulega hátt álag á ofni. Ekki er vitað um losun TVOC efna við lægra afl á ofninum og er þessi forsenda því einnig notuð í þeim tilfellum. Forsendan nýtist þannig til að meta breytingu á styrk með tilkomu endurbótanna, en ekki til að sýna raunstyrk efnanna fyrir tilvik með skertu afli og einni klukkustund eftir útslátt. Tafla 4 sýnir forsendur um útblásturshraða og -hita fyrir mismunandi tilvik fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Ekki er talin ástæða til að skoða skert afl á ofni fyrir fullbúna verksmiðju þar sem rekstri ofnanna við fullbúna verksmiðju verður háttað þannig að losunarhraði og -hiti um skorstein verður ekki lakari en með einum ofni á fullu afli.

Tafla 4. Forsendur losunar TVOC efna fyrir mismunandi álag á ofni. Í öllum tilvikum er fast massaflæði TVOC efna 0,12 g/s.

Tilvik	Núverandi – Rjáfur		Endurbætur – Skorsteinn	
	Hraði	Hitastig	Hraði	Hitastig
32 MW (full afköst)	0,87 m/s	180°C	14,0 m/s	150°C
10 MW	0,37 m/s	120°C	7,6 m/s	60°C
1 klst eftir útslátt	0,12 m/s	70°C	6,7 m/s	57°C

3. Líkanreikningar

Loftdreifingarlíkanið byggir á fyrri líkani sem unnið var fyrir fyrirhugað álver Century Aluminium (Norðuráls) (Vatnaskil, 2009) og fyrirhugaða kísilmálmverksmiðju Thorsil í Helguvík (Vatnaskil, 2014). Líkanið, sem unnið er í reikniverkinu CALPUFF (Scire o.fl., 2000b), nýtir þrívítt vindsvið í hárru upplausn, sem reiknað er með líkaninu CALMET (Scire o.fl., 2000a). Veðurreikningar frá lofthjúpslíkaninu WRF eru látnir ganga inn í CALMET sem færir vindsviðið á hærri upplausn (500 m) á Reykjanesskaga. Landhæðarlíkön fyrir WRF, CALMET og CALPUFF líkönin eru unnin upp úr 20x20 m rastergögnum úr TK50 landupplýsingagrunninum frá Loftmyndum ehf. Mynd 1 sýnir reiknisvæði loftdreifingarlíkansins, staðsetningar útblástursopa og útlínur þeirra bygginga sem teknar eru inn í líkanið, en líkanið tekur tillit til niðurdráttar við byggingar. Niðurstöður dreifilíkansins eru sýndar fyrir styrk nærri jörðu.

Veðurreikningarnir voru framkvæmdir í þremur víddum á 2 km reiknineti með lofthjúpslíkaninu WRF og annaðist Reiknistofa í veðurfræði þá reikninga. Við fyrri reikninga var reiknað yfir fimm ára tímabil, 2000 – 2004. Í aðdraganda verkefnisins nú var lagt upp með að reikna fyrir sama tímabil, en vegna

Ábendinga sem bærust við tillögu að matsáætlun um valið tímabil og lengd tímabils var ákveðið að skoða einnig tímabilið 2013 – 2017, sem innifelur þann tíma þegar verksmiðjan var í rekstri á vegum Sameinaðs Sílikons hf.

Samanburður á vindrós út frá mældum gögnum og reiknuðum gögnum frá WRF má sjá á myndum 2 og 3 fyrir tímabilin tvö, allar vindrósir miða við 10 m hæð yfir jörðu, eða 47 m y.s. Í grunninn nær veðurlíkanið að lýsa vel þeim breytileika í vindáttum og vindhraða sem sjá má í mælingum. Líttill munur reyndist vera á tímabilunum tveimur, og voru niðurstöður bornar undir Veðurstofu Íslands. Valið var að notast við tímabilið 2013 – 2017 fyrir samanburð milli mismunandi útfærslna á útblástursmannvirkjum, en einnig var horft til tímabilsins 2000 – 2004 vegna fullbúinnar verksmiðju til mats á samlegðaráhrifum við fyrirhuguð iðjuver Norðuráls og Thorsil.

Jafnframt eru nýttar mælingar frá Keflavíkurflugvelli og Reykjanesbraut sem fengnar voru frá Veðurstofu Íslands. Með því að nota mældan vind við yfirborð og landlíkan í hárrí upplausn er unnt að hnika vindsviði úr WRF líkaninu og taka tillit til smærri skala í vindsviði svæðisins. Áhrif hnikunar vegna vindmælinga virka í 4 km rás umhverfis mælistöðina og dvína með fjarlægð frá stöðinni í öðru veldi.

Reiknað var yfir styttra tímabil til að sjá hvort munur væri á dreifingu útblástursefna eftir lengd tímabilsins. Leiddi það í ljós að 3 ára tímabil, 2013 – 2015, er óverulega frábrugðið 5 ára tímabili, 2013 – 2017. Er því lengd tímabils talin vera fullnægjandi gagnvart mati á dreifingu útblástursefna.

4. Samanburður núverandi og endurbættis ástands

4.1. Samanburður við reglugerð

Hæsti reiknaði styrkur innan líkansvæðisins fyrir þau efni sem eru til skoðunar má sjá í töflu 5. Gildin sýna reiknaðan styrk vegna losunar frá kísilverksmiðju Stakksbergs. Umfjöllun um fullbyggða verksmiðju má sjá í kafla 5.

Tafla 5. Hæsti reiknaði styrkur innan líkansvæðis fyrir núverandi og endurbætta stöðu útblástursmannvirkja fyrir vinnslu með einum ofni samanborið við viðmiðunarmörk reglugerða. Ekki eru til - viðmiðunarmörk fyrir TVOC.

Efni	Tími	Viðmiðunarmörk		Staða útblástursmannvirkja	
		Styrkur	Hlutfall tíma	Núverandi Rjáfur	Endurbætur Skorsteinn
SO ₂	Almanaksár	20 µg/m ³		137,9	0,5
SO ₂	Vetur	20 µg/m ³		157,6	0,6
SO ₂	24 klst	125 µg/m ³	99,2%	732,0	9,8
SO ₂	1 klst	350 µg/m ³	99,7%	793,7	24,5
NO _x	Almanaksár	30 µg/m ³		165,5	0,6
NO ₂	Almanaksár	40 µg/m ³		165,5	0,6
NO ₂	24 klst	75 µg/m ³	98,1%	795,6	7,5
NO ₂	1 klst	200 µg/m ³	99,8%	956,4	31,0
CO	8 klst	10 mg/m ³		0,1	0,001
PM _{2,5}	Almanaksár	20 µg/m ³		3,7	0,01
PM ₁₀ ^A	Almanaksár	40 µg/m ³		3,7	0,01
PM ₁₀ ^A	24 klst	50 µg/m ³	90,4%	10,4	0,04
B(a)P	Ársméðaltal	1 ng/m ³		0,2	0,001
TVOC	1 klst	- µg/m ³	99,9%	8,0	0,3

^ASvifryk er reiknað sem PM_{2,5} frá Stakksberg og borið hér saman við reglugerðarviðmið fyrir PM₁₀.

4.1.1. Brennisteinsdíoxíð (SO₂)

Ársmeðalstyrkur SO₂ yfir reiknitímabilið 2013 – 2017 er sýndur á mynd 4 fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Samkvæmt reglugerð þarf ársmeðalstyrkur SO₂ að vera undir 20 µg/m³ og hefur sú lína verið merkt rauð á myndunum til viðmiðunar. Jafnframt eru sýndar gráar línur þar sem styrkur er lægri en stærðargráðu undir viðmiðunarmörkum reglugerðar. Hæsti reiknaði styrkur fyrir tímabilið reiknast sem 137,9 µg/m³ fyrir núverandi stöðu en lækkar verulega fyrir endurbætta stöðu, í 0,5 µg/m³. Staðsetning hæsta reiknaða styrks er sýndur með bleikum punkti á myndunum. Þegar losað er um rjáfur lendir hæsti reiknaði styrkur innan lóðar hjá kísilverksmiðjunni en samkvæmt núverandi starfsleyfi Stakksbergs þurfa viðmið reglugerða að gilda utan lóðar kísilverksmiðjunnar.

Ef eingöngu er horft til vetrarmeðaltals (1. október til 31. mars) er hæsti reiknaði styrkur 157,6 µg/m³ fyrir núverandi stöðu og 0,6 µg/m³ fyrir endurbætta stöðu, en vetrarmeðaltöl SO₂ þurfa að vera undir 20 µg/m³ skv. reglugerð. Meðalstyrkur fyrir núverandi ástand fer því yfir viðmiðunarmörk reglugerðar en ekki fyrir endurbætt ástand hvort sem horft er til árs- eða vetrarmeðaltala.

Mynd 5 sýnir 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Samkvæmt reglugerð má sólarhringsgildi SO₂ ekki fara yfir 125 µg/m³ oftast en 3 sinnum á almanaksári, sem svarar til 99,2% hlutfallsmarkna. Hæstu reiknuðu 99,2% hlutfallsmörk SO₂ fyrir núverandi stöðu er 732,0 µg/m³ en 9,8 µg/m³ fyrir endurbætta stöðu.

Mynd 6 sýnir 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO₂ fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Samkvæmt reglugerð má klukkustundargildi SO₂ ekki fara yfir 350 µg/m³ oftast en 24 sinnum á almanaksári, sem svarar til 99,7% hlutfallsmarkna. Hæstu reiknuðu 99,7% hlutfallsmörk SO₂ fyrir núverandi stöðu er 793,7 µg/m³ en 24,5 µg/m³ fyrir endurbætta stöðu.

Á öllum tímakvörðum má sjá að styrkur lækkar mest næst verksmiðjunni í endurbættu ástandi samanborið við núverandi ástand en minna þegar lengra frá verksmiðjunni dregur. Þó er töluverð lækkun á reiknuðum styrk efnanna innan bæjarins, og lækkar styrkur um allt að 90% innan íbúabyggðar Reykjanesbæjar.

4.1.2. Köfnunarefnisdíoxíð (NO₂) og köfnunarefnisoxíð (NO_x)

Reglugerðin segir til um mörk NO₂ og NO_x, sem er summa NO og NO₂. Bruni skilar báðum efnasamböndunum, en þegar þau eru losuð í andrúmsloftið verða efnahvörf sem leiða til flókinna breytinga á hlutfalli NO₂ af heildar NO_x. Í líkaninu er reiknaður styrkur NO_x, en gert er ráð fyrir að allt NO_x sé NO₂ við túlkun niðurstaðna til samanburðar við reglugerðarákvæði fyrir NO₂. Þessi nálgun er varfærin, sér í lagi fyrir styttri tímaskala eins og klukkustundargildi og dagsmeðaltöl.

Ársmeðalstyrkur NO₂ má ekki fara yfir 40 µg/m³ skv. reglugerð en ársmeðalstyrkur NO_x má ekki fara yfir 30 µg/m³. Þar sem gert er ráð fyrir að allt NO_x sé NO₂ við túlkun niðurstaðna er ársmeðalstyrkur NO_x ráðandi við túlkun niðurstaðna. Reiknaður ársmeðalstyrkur NO_x fyrir reiknitímabilið 2013 – 2017 er sýndur á mynd 7 fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Hæsti reiknaði styrkur fyrir tímabilið reiknast sem 165,5 µg/m³ fyrir núverandi stöðu en lækkar verulega fyrir endurbætta stöðu, í 0,6 µg/m³.

Mynd 8 sýnir 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO₂ fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Samkvæmt reglugerð má sólarhringsgildi NO₂ ekki fara yfir 75 µg/m³ oftast en 7 sinnum á almanaksári, sem svarar til 98,1% hlutfallsmarkna. Hæstu reiknuðu 98,1% hlutfallsmörk NO₂ fyrir núverandi stöðu er 795,6 µg/m³ en 7,5 µg/m³ fyrir endurbætta stöðu.

Mynd 9 sýnir 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO₂ fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Samkvæmt reglugerð má klukkustundargildi NO₂ ekki fara yfir 200 µg/m³ oftast en 18 sinnum á

almanaksári, sem svarar til 99,8% hlutfallsmarkna. Hæstu reiknuðu 99,8% hlutfallsmörk NO₂ fyrir núverandi stöðu er 956,4 µg/m³ en 31,0 µg/m³ fyrir endurbætta stöðu.

4.1.3. Kolsýringur (CO), ryk (PM_{2,5}) og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH/B(a)P)

Í reglugerð er kveðið á um að daglegt hámarksmeðaltal CO fyrir átta klukkustundir megi ekki fara yfir 10 mg/m³. Hæsta reiknaða daglegt hámarksmeðaltal CO fyrir átta klukkustundir fyrir núverandi stöðu reiknast sem 0,1 mg/m³ en 0,001 mg/m³ fyrir endurbætta stöðu. Við báðar stöður er styrkur CO langt undir reglugerðarviðmiðum.

Skv. reglugerð skal ársmeðaltal PM_{2,5} ekki fara yfir 20 µg/m³. PM_{2,5} fellur jafnframt undir PM₁₀, þar sem PM₁₀ er skilgreint sem allt ryk sem hefur þvermál korna undir 10 µm. Forsendur reikninga miða einungis við PM_{2,5} og tóku reikningar mið af því. Er því gert ráð fyrir við túlkun niðurstaðna hér að massi ryks sem er undir 10 µm en stærri en 2,5 µm sé óverulegur. Samkvæmt reglugerð má ársmeðaltal PM₁₀ ekki fara yfir 40 µg/m³. Mynd 10 sýnir reiknaða dreifingu ársmeðalsstyrks PM_{2,5} fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Hæsti styrkur fyrir núverandi stöðu reiknast 3,7 µg/m³ en 0,01 µg/m³ fyrir endurbætta stöðu og er því styrkur undir reglugerðarviðmiðum við báðar stöður. Sólarhringsgildi PM₁₀ mega ekki fara yfir 50 µg/m³ oftast en 35 sinnum á almanaksári, sem svarar til 90,4% hlutfallsmarkna. Hæstu reiknuðu 90,4% hlutfallsmörk sólarhringsgilda PM₁₀ fyrir núverandi stöðu eru 10,4 µg/m³ en 0,04 µg/m³ fyrir endurbætta stöðu. Eru því viðmið reglugerðar uppfyllt fyrir núverandi og endurbætta stöðu.

Í reglugerð eru fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH) skilgreind sem lífræn efnasambönd sem samanstanda af a.m.k. tveimur tengdum arómatískum hringefnasamböndum sem eingöngu eru sett saman úr kolefni og vetni. Í reglugerð er Benzó(a)þýren (B(a)P) notað sem markefni til að meta krabbameinsvaldandi áhrif þessara efna. Forsendur gera ráð fyrir að 1% af heildar PAH sé B(a)P. Reglugerð segir að ársmeðaltal B(a)P skal ekki fara yfir 1 ng/m³. Mynd 11 sýnir reiknaða dreifingu ársmeðaltalsstyrks B(a)P fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Hæsti styrkur B(a)P fyrir núverandi stöðu reiknast 0,2 ng/m³ fyrir núverandi stöðu en 0,001 ng/m³ fyrir endurbætta stöðu, er því styrkur undir viðmiðum reglugerðar við báðar stöður útblástursmannvirkja.

4.2. Rokgjörn lífræn efnasambönd (TVOC)

Dreifing TVOC efna var skoðuð fyrir núverandi og endurbætta stöðu útblástursmannvirkja við fullt og skert afl á ofni sem og einni klukkustund eftir útslátt á ofni (sjá töflu 4).

Í öllum tilvikum er gert ráð fyrir sama massaflæði TVOC efna frá kísilverksmiðjunni, 0,12 g/s, sbr. umfjöllun í kafla 2. Niðurstöður reikninga gefa því fyrst og fremst tilefni til að meta breytingu í styrk efnanna með tilkomu endurbóta útblástursmannvirkja í hverju rekstrartilviki, en síður ber að túlka niðurstöðurnar sem raunverulegan styrk (sér í lagi fyrir skert afl) eða bera saman styrk milli rekstrartilvika.

Ekki eru til reglugerðarviðmið um styrk TVOC efna í andrúmslofti. Við hærri styrk sumra VOC efna eru auknar líkur á að fólk finni lykt eða verði fyrir óþægindum vegna efnanna, en óvíst er við hvaða styrk efnanna lykt finnst þar sem greiningarmörk lyktar fyrir TVOC efni eru ekki þekkt.

4.2.1. Dreifing TVOC efna við mismikið afl á ofni

Mynd 12 sýnir 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC efna fyrir núverandi og endurbætta stöðu fyrir fullt afl á ofni. Sýnd eru 99,9% hlutfallsmörk styrks til að gefa til kynna reiknaðan styrk nærri hámarksgildum. Fyrir núverandi stöðu er styrkur TVOC efna um 0,2 – 0,5 µg/m³ í Keflavík en um 0,1 –

0,2 µg/m³ í Njarðvík. Við endurbætta stöðu lækkar styrkur TVOC efna innan Reykjanesbæjar verulega, sér í lagi nyrst á svæðinu en hlutfallslega lækkar styrkur minna sunnar, nær Njarðvík. Styrkur lækkar um eða yfir 40% í Njarðvík samanborið við allt að 80% í Keflavík, nyrst í Heiðarhverfinu.

Mynd 13 sýnir 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC efna fyrir núverandi og endurbætta stöðu fyrir skert afl á ofni, þar sem ofn er keyrður á um þriðjungs álagi miðað við fullt afl. Eins og áður var tekið fram endurspeglar reiknaður styrkur ekki endilega raungildi þar sem einungis eru vísbendingar til um losun TVOC efna við fullt afl ofns, er því samanburðurinn eingöngu sýndur til að meta breytingar milli núverandi og endurbættrar stöðu. Líkt og fyrir tilvik með fullu afli á ofninum má sjá meiri lækkun styrks næst kísilverksmiðjunni sjálfri með tilkomu endurbótanna en áhrifin minnka hlutfallslega eftir því sem fjær dregur verksmiðjunni. Styrklækkun fyrir endurbætta stöðu í Keflavík er allt að 75% miðað við núverandi stöðu sem er litlu lægri hlutfallslækkun en fyrir tilvik með ofn á fullu afli. Þau svæði þar sem styrkur reiknast lægstur sjá hlutfallslega minni lækkun en reikningar benda til að styrkur innan Njarðvíkur muni lækka um allt að 50% með tilkomu endurbótanna.

Mynd 14 sýnir 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC efna fyrir núverandi og endurbætta stöðu fyrir tilvik einni klukkustund eftir útslátt á ofni. Eins og áður kom fram er reiknaður styrkur ekki raungildi þar sem ekki er vitað um losun TVOC efna við þessar aðstæður, er því samanburðurinn eingöngu sýndur til að meta breytingar milli núverandi og endurbættrar stöðu. Styrkur í Keflavík lækkar allt að 75% í endurbættri stöðu samanborið við núverandi stöðu. Innan Njarðvíkur er allt að 50% lækkun á reiknuðum styrk með endurbótum samanborið við núverandi stöðu.

4.2.2. Dreifing TVOC efna við mismunandi veðurskilyrði

Tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla, sem er um 2 km frá verksmiðjunni til suðvesturs, má sjá á mynd 15 fyrir ofn á fullu afli fyrir öll gildi þar sem einhver styrkur reiknast, en 86% tímans reiknast enginn styrkur við Heiðarskóla. Af grafinu má lesa það hlutfall tímans á y-ás sem styrkur við Heiðarskóla er samkvæmt tilsvarendi gildi á x-ás eða minni. Verulegur munur er á styrk við endurbætta stöðu samanborið við núverandi stöðu. Hæsti reiknaði styrkur við Heiðarskóla fyrir endurbætta stöðu er eingöngu um fimmtungur af hæsta reiknaða styrk við núverandi stöðu. Þegar öll reiknuð gildi eru skoðuð má ekki sjá mikinn mun á veðuraðstæðum við núverandi og endurbætta stöðu. Hins vegar ef skoðuð eru hæstu 1% reiknuðu gildin (mynd 16) er munur á milli núverandi og endurbættrar stöðu. Fyrir endurbætta stöðu verða hæstu reiknuðu styrkgildin við vindhraða um 8 – 15 m/s en fyrir núverandi stöðu reiknast hæstu styrkgildi við 3 – 8 m/s vindhraða. Við endurbætta útfærslu með skorsteini þarf því talsvert mikinn vind til að útblástur nái að berast niður að einhverju marki í þessari fjarlægð frá verksmiðjunni. Að sama skapi verður ekki vart við umtalsverða styrkukningu við hæglætisaðstæður líkt og við núverandi stöðu útblástursmannvirkja.

Vindstefna er nokkuð afgerandi frá verksmiðjunni í báðum tilvikum eins og við er að búast, en fyrir hæstu styrkgildin þrengist bilið á ríkjandi vindstefnu þannig að vindur berst beint frá verksmiðjunni að skólanum.

Lóðrétt blöndun mengunarefna er háð stöðugleika loftsins og iðustreymi. Þegar loftið er óstöðugt verður upp- og niðurstreymi tilviljanakennt og dreifing mengunarefna í lóðréttu gjarnan mikil. Þegar loftið er hins vegar stöðugt dregur úr lóðréttri hreyfingu loftsins sem torveldar þynningu og dreifingu mengunarefna. Hitabreyting með hæð, eða hitastigull, er ákvarðandi fyrir stöðugleika lofsins. Algengast er að hiti lækki með vaxandi hæð, að meðaltali um 0,6 °C fyrir hverja 100 metra fyrir allt veðrahvolfið. Er hitastigullinn þá -0,6 °C/100 m. Gjarnan er miðað við að loft sé óstöðugt þegar hitastigull er minni en -1,0 °C/100 m, í hlutlausu eða hverfulu jafnvægi þegar hitastigull er milli -1,0 °C/100 m og -0,5 °C/100 m, og stöðugt þegar hitastigull er hærri en -0,5 °C/100 m. Stöðugleiki eykst því meira

sem hlýnar með vaxandi hæð. Talað er ýmist um hitahvarf þar sem hiti fer vaxandi með hæð eða þann stað þar sem hiti tekur að vaxa. Hitahvörf torvelda verulega og jafnvel stöðva lóðréttu dreifingu mengunarefna.

Á myndum 15 og 16 er sýndur hitastigull við 100 m hæðarbreytingu milli 1. og 2. lags veðurlíkansins (dT1) og milli 2. og 3. lags (dT2), en þau lög ná upp í 22 m, 65 m og 130 m hæð yfir jörðu. Öll útblástursop í líkanreikningum eru staðsett í 2. lagi veðurlíkansins. Rjáfur eru í 30,4 m hæð yfir jörðu en skorsteinn í 52 m hæð. Algengast er að hækkaður styrkur við Heiðarskóla reiknist við aðstæður nærri hlutlausum stöðugleika, þ.e. þegar hitastigull er milli $-1,0\text{ °C}/100\text{ m}$ og $-0,5\text{ °C}/100\text{ m}$ (mynd 15). Á það við hvort sem um ræðir núverandi eða endurbætta stöðu útblástursmannvirkja. Nokkuð algengt er engu að síður að einhver styrkur reiknist við bæði óstöðugar og stöðugar aðstæður. Ef einungis er hins vegar horft til hæstu 1% reiknuðu styrkgildanna, þá er algengast að þau reiknist við aðstæður nærri hlutlausum stöðugleika fyrir báðar útblástursútfærslurnar, en aldrei við fyllilega óstöðugt ástand (mynd 16). Nokkuð algengt er í báðum tilvikum að hæsti 1% styrkurinn reiknist við stöðugar aðstæður og er það heldur algengara fyrir núverandi stöðu en endurbætta (mynd 16).

Ef litið er einungis til allra hæstu reiknuðu styrkgilda kemur enn betur fram að við núverandi útfærslu útblástursmannvirkja verða þau gjarnan við stöðugar aðstæður í neðsta lagi eða tveimur neðstu lögnum. Við endurbætta útfærslu með skorsteini verða hæstu reiknuðu styrkgildin hins vegar helst við nær hlutlausar aðstæður.

Tíðnidreifing reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir skert álag á ofni má sjá á mynd 17 fyrir núverandi og endurbætta stöðu fyrir hæstu 1% reiknuðu gildin. Enn má sjá verulega lækkun styrks með endurbótum og reiknast hæsti styrkur við Heiðarskóla fyrir endurbætta stöðu eingöngu um þriðjungur af hæsta reiknaða styrk fyrir núverandi stöðu. Fyrir skert afl við núverandi stöðu reiknast hæsti styrkur yfirleitt við lágan vindhraða (um 2-7 m/s), en lítillaga hærri vindhraða fyrir endurbætta stöðu (5 – 10 m/s). Vindstefna er að miklu leyti óbreytt frá tilviki með ofni á fullu álagi. Hæstu 1% styrkgildin verða oftast við aðstæður nærri hlutlausum stöðugleika fyrir báðar útfærslur útblástursmannvirkja, líkt og þegar fullt álag er á ofni. Að sama skapi reiknast hæstu 1% gildin heldur oftast við stöðugar aðstæður við núverandi stöðu en endurbætta (mynd 17).

Tíðnidreifing reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir tilvik einni klukkustund eftir útslátt á ofni má sjá á mynd 18 fyrir núverandi og endurbætta stöðu fyrir hæstu 1% reiknuðu gildin. Hæsti styrkur fyrir endurbætta stöðu reiknast rétt rúmlega sjöttungur af hæsta styrk fyrir núverandi stöðu. Veður-aðstæður við þetta tilvik eru sambærilegar og fyrir skert afl.

4.2.3. Lækkun styrks TVOC efna í kjölfar endurbóta

Mynd 19 sýnir samanburð á reiknuðum styrk TVOC efna á hverjum tíma (klukkustundargildi) fyrir núverandi (rjáfur) og endurbætta (skorsteinn) útfærslu útblástursmannvirkja við mismunandi rekstrar-aðstæður, þar sem hver punktur táknar eitt klukkustundar tímaskref í líkaninu. Hæstu gildin með núverandi útfærslu útblástursmannvirkja, sem gjarnan verða við stöðugar aðstæður og lágan vind, sbr. greininguna að framan, lækka verulega eða verða jafnvel að núlli með tilkomu skorsteinsins. Heilt yfir lækkar styrkur í rúmlega 99% tímaskrefa í reikningum fyrir öll rekstrartilvik með tilkomu skorsteins.

Í þeim tiltölulega fáu tilvikum þegar styrkur reiknast hærri við endurbætta stöðu samanborið við núverandi útfærslu útblástursmannvirkja er vindhraði langoftast lágur og stendur þá vindur við yfirborð að norðan við stöðugar eða hlutlausar aðstæður. Líklega er þá um tiltölulega hæga breytilega átt að ræða sem hefur mögulega eitthvað meiri austlægan þátt fjær jörðu sem veldur því að TVOC efnin sem losuð eru hærra með skorsteini en rjáfri berist meira í átt að Heiðarskóla en ella. Þessar niðurstöður yfirfarast almennt á byggðina í Reykjanesbæ.

Mynd 20 sýnir hæsta reiknaða styrk innan byggðar í Reykjanesbæ á hverjum tíma fyrir mismunandi afl á ofni yfir valið árstímabil fyrir núverandi og endurbætta stöðu. Styrkur er almennt verulega lækkaður fyrir öll rekstrartilvik með tilkomu endurbóta. Búast má því við að minnkaðar líkur séu á að lykt finnist með tilkomu endurbótanna. Þar sem ekki liggja fyrir greiningarmörk á lykt TVOC efna er ekki hægt að fullyrða að lykt finnist ekki.

5. Samanburður framtíðarástands við reglugerðarmörk

Viðmiðunarmörk reglugerða tilgreina hæsta leyfða styrk efna í andrúmslofti og þarf því að horfa til fyrirhugaða framtíðaruppbyggingu verksmiðjunnar. Jafnframt þarf að taka tillit til samlegðaráhrifa með annarri fyrirhugaðri starfsemi á svæðinu til að fá sem réttastan samanburð við viðmiðunarmörk reglugerða þegar til framtíðar er litið. Vatnaskil reiknuðu dreifingu útblástursegna fyrir fyrirhugað álver Century Aluminium (Norðurál) (Vatnaskil, 2009) og fyrirhugaða kísilmálmverksmiðju Thorsil í Helguvík (Vatnaskil, 2014), og byggja þeir loftdreifireikningar á eldri veðurreikningum yfir tímabilið 2000 – 2004. Unnt er því að leggja niðurstöður þessara reikninga saman við niðurstöður reikninga nú vegna kísilverksmiðju Stakksbergs fyrir sama tímabil og ákvarða síðan hlutfallsmörk samkvæmt reglugerð til mats á samlegðaráhrifum. Því eru skoðuð tvö fimm ára tímabil fyrir fullbúna kísilverksmiðju, annars vegar 2000 – 2004 og hins vegar 2013 – 2017. Niðurstöður líkanreikninga fyrir bæði tímabilin eru borin saman og samlegð við Thorsil og Norðurál svo metin fyrir fyrra tímabilið.

Hæstu reiknuðu gildi innan líkansvæðisins fyrir þau efni sem eru til skoðunar má sjá í töflu 6. Sýndur er hæsti reiknaði styrkur frá fullbúinni kísilverksmiðju Stakksbergs fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017, en einungis fyrra tímabilið þegar samlegð við Thorsil og Norðurál er skoðuð.

Tafla 6. Hæsti reiknaði styrkur innan líkansvæðis fyrir fullbúna verksmiðju og samlegðar styrks með annarri fyrirhugaðri starfsemi á svæðinu samanborið við viðmiðunarmörk reglugerða. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir TVOC.

Efni	Tími	Viðmiðunarmörk		Fullbúin verksmiðja		
		Styrkur	Hlutfall tíma	Stakksberg 2013-2017	2000-2004	Samlegð 2000-2004
SO ₂	Almanaksár	20 µg/m ³		0,8	0,8	5,9
SO ₂	Vetur	20 µg/m ³		1,3	1,2	8,0
SO ₂	24 klst	125 µg/m ³	99,2%	27,5	25,0	105,2
SO ₂	1 klst	350 µg/m ³	99,7%	71,9	59,6	168,3
NO _x	Almanaksár	30 µg/m ³		1,0	0,9	2,3
NO ₂	Almanaksár	40 µg/m ³		1,0	0,9	2,3
NO ₂	24 klst	75 µg/m ³	98,1%	16,6	15,0	26,0
NO ₂	1 klst	200 µg/m ³	99,8%	98,0	85,0	155,9
CO	8 klst	10 mg/m ³		0,001	0,001	0,006
PM _{2,5}	Almanaksár	20 µg/m ³		0,02	0,02	0,15 ^A
PM ₁₀	Almanaksár	40 µg/m ³		0,02 ^B	0,02 ^B	0,15 ^A
PM ₁₀	24 klst	50 µg/m ³	90,4%	0,1 ^B	0,1 ^B	0,4 ^A
B(a)P	Ársmeðaltal	1 ng/m ³		0,001	0,001	0,006 ^C
TVOC	1 klst	- µg/m ³	99,9%	0,9	0,9	-

^ASamlegð fyrir svifryk, PM_{2,5} frá Stakksberg og PM₁₀ frá Thorsil.

^BSvifryk er reiknað sem PM_{2,5} frá Stakksberg og borið hér saman við reglugerðarviðmið fyrir PM₁₀.

^CEkki var gefið upp hlutfall B(a)P af PAH fyrir Thorsil. Hér er miðað við að hlutfall sé það sama og fyrir Stakksberg.

5.1. Samanburður tímabila

5.1.1. Brennisteinsdíoxíð (SO₂)

Mynd 21 sýnir reiknað ársmeðaltal SO₂ fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. Tímabilin eru mjög sambærileg en sjá má þó að fyrra tímabilið hefur lítillega hærri styrk í byggð nyrst í Heiðarhverfinu og syðst á Helguvíkursvæðinu. Hæsti reiknaði styrkur fyrir bæði tímabilin er 0,8 µg/m³. Lítil munur er á hæsta reiknaða vetrarmeðaltalinu en fyrir seinna tímabilið reiknast hæsta vetrarmeðaltalið 1,3 µg/m³ en 1,2 µg/m³ fyrir fyrra tímabilið.

Mynd 22 sýnir 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. Hæsti reiknaði styrkur fyrir fyrra tímabilið er 25,0 µg/m³ samanborið við 27,5 µg/m³ fyrir seinna tímabilið.

Mynd 23 sýnir 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO₂ fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. Hæsti reiknaði styrkur fyrir fyrra tímabilið er 59,6 µg/m³ samanborið við 71,9 µg/m³ fyrir seinna tímabilið.

Styrkur SO₂ er undir viðmiðum reglugerðar alls staðar á líkansvæðinu hvort sem valið er fyrra eða seinna tímabilið.

5.1.2. Köfnunarefnisdíoxíð (NO₂) og köfnunarefnisoxíð (NO_x)

Líkt og fram kom í kafla 4.1.2 er gert ráð fyrir að allt NO_x sé NO₂ við túlkun niðurstaðna til samanburðar við reglugerðarákvæði fyrir NO₂. Þessi nálgun er varfærin, sér í lagi fyrir styttri tímaskala eins og klukkustundargildi og dagsmeðaltöl.

Reiknaður ársmeðalstyrkur NO_x fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina er sýndur á mynd 24 fyrir 2000 – 2004 og 2013 – 2017. Hæsti reiknaði styrkur fyrir tímabilið 2013 – 2017 reiknast sem 1,0 µg/m³ en 0,9 µg/m³ fyrir 2000 – 2004. Mikil líkindi eru með dreifingu efnanna milli tímabilanna. Hágildisstyrkur í bænum er lítillega hærri fyrir tímabilið 2000 -2004 samanborið við 2013 – 2017. Styrkur er undir viðmiðum reglugerðar alls staðar á líkansvæðinu fyrir bæði tímabilin.

Mynd 25 sýnir 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO₂ fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. Nokkur líkindi eru með dreifingunum tveimur en sjá má að styrkur er hærri í byggð fyrir tímabilið 2000 – 2004 samanborið við 2013 – 2017. Hæsti reiknaði styrkur fyrir fyrra tímabilið er þó lítillega lægri en fyrir seinna tímabilið, 16,6 µg/m³ samanborið við 15,0 µg/m³. Styrkur er undir viðmiðum reglugerðar alls staðar á líkansvæðinu fyrir bæði tímabilin.

Mynd 26 sýnir 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO₂ fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. Hæsti reiknaði styrkur fyrir fyrra tímabilið er 85,0 µg/m³ samanborið við 98,0 µg/m³ fyrir seinna tímabilið. Lækkar því hæsti reiknaði styrkur lítillega fyrir fyrra tímabilið. Styrkur nyrst í Heiðahverfi hækkar lítillega fyrir tímabilið 2000 – 2004 samanborið við 2013 – 2017.

5.1.3. Kolsýringur (CO), ryk (PM_{2,5}) og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH/B(a)P)

Hæsta daglegt hámarksmeðaltal CO fyrir átta klukkustundir fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina reiknast sem 0,001 mg/m³ fyrir bæði reiknitímabilin. Styrkur er því langt undir viðmiðum reglugerðar alls staðar á líkansvæðinu fyrir bæði tímabilin.

Mynd 27 sýnir reiknaða dreifingu ársmeðalsstyrks PM_{2,5} fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. Hæsti styrkur fyrir bæði tímabilin reiknast 0,02 µg/m³. Jafnframt er dreifing útblástursefna keimlík milli tímabila. Styrkur er undir viðmiðum reglugerðar alls staðar á líkansvæðinu fyrir bæði tímabilin.

Mynd 28 sýnir reiknaða dreifingu ársmeðalstyrks B(a)P fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. Hæsti reiknaði styrkur er sá sami fyrir bæði tímabilin, 0,001 ng/m³. Styrkur er undir viðmiðum reglugerðar alls staðar á líkansvæðinu fyrir bæði tímabilin.

5.1.4. Rokgjörn lífræn efnasambönd (TVOC)

Mynd 29 sýnir 99,9% hlutfallsmörk TVOC efna fyrir tímabilin 2000 – 2004 og 2013 – 2017 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum þar sem losað er um tvo skorsteina. 99,9% hlutfallsmörk styrks reiknast sem 0,9 µg/m³ fyrir bæði tímabilin. Styrkur í byggð í Keflavík er að mestu leyti eins milli tilvikanna og er styrkur í byggðinni um 0,2 µg/m³.

5.2. Samlegðaráhrif við Thorsil og Norðurál

Samlegðaráhrif með fyrirhuguðum iðjuverum Thorsils og Norðuráls voru skoðuð fyrir þau efni sem birt hafa verið fyrir Thorsil og Norðurál. Öll samlegðaráhrif miða við niðurstöður sem notaðar voru til birtingar samlegðaráhrifa fyrirhugaðrar kísilmálmverksmiðju Thorsil og álvers Norðuráls (Vatnaskil, 2014). Athygli er vakin á að útblástur álvers Norðuráls í þessum reikningum gerir ráð fyrir meiri framleiðslu áls en Norðurál hefur starfsleyfi fyrir, en reikningar miða við 360.000 tonna ársframleiðslu en starfsleyfi hefur verið gefið út fyrir 250.000 tonna ársframleiðslu af áli.

Fyrir fyrirhugað álver Norðuráls var eingöngu reiknaður styrkur SO₂ og flúors og er því eingöngu tekið tillit til samlegðar fyrir brennisteinsdíoxíð vegna Norðuráls. Forsendur dreifingarreikninganna voru birtar í skýrslu Vatnaskila (Vatnaskil, 2009).

Tekið er tillit til allra efna sem reiknuð voru fyrir fyrirhugaða kísilmálmverksmiðju Thorsils, en þar var reiknaður styrkur SO₂, NO_x, PM₁₀, CO og PAH. Forsendur dreifingarreikninganna voru birtar í skýrslu Vatnaskila (Vatnaskil, 2014).

5.2.1. Brennisteinsdíoxíð (SO₂)

Ársmeðalstyrkur SO₂ yfir reiknitímabilið 2000 – 2004 er sýndur á mynd 30 fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs, álvers Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Samkvæmt reglugerð þarf ársmeðalstyrkur SO₂ að vera undir 20 µg/m³. Hæsti reiknaði samlegðarstyrkur fyrir tímabilið reiknast sem 5,9 µg/m³. Ef eingöngu er horft til vetraraðstæðna (1. október til 31. mars) er hæsti reiknaði styrkur 8,0 µg/m³, en vetrarmeðaltöl SO₂ þurfa jafnframt að vera undir 20 µg/m³. Samlegðarstyrkur er því undir viðmiðunarmörkum hvort sem horft er til árs- eða vetrarmeðaltala.

Mynd 31 sýnir 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs, álvers Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Samkvæmt reglugerð þarf sólarhringsgildi SO₂ að vera undir 125 µg/m³ sem ekki má fara yfir oftar en 3 sinnum á almanaksári, sem svarar til 99,2% hlutfallsmarka. Hæstu reiknuðu 99,2% hlutfallsmörk SO₂ reiknast 105,2 µg/m³. Samlegðarstyrkur er því undir viðmiðum reglugerðar.

Mynd 32 sýnir 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO₂ fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs, álvera Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Samkvæmt reglugerð þarf klukkustundargildi SO₂ að vera undir 350 µg/m³ sem ekki má fara yfir oftar en 24 sinnum á almanaksári, sem svarar til 99,7% hlutfallsmarka. Hæstu reiknuðu 99,7% hlutfallsmörk reiknast 168,3 µg/m³. Samlegðarstyrkur er því undir viðmiðum reglugerðar.

5.2.2. Köfnunarefnisdíóxíð (NO₂) og köfnunarefnisoxíð (NO_x)

Ársmeðalstyrkur NO₂ þarf að vera undir 40 µg/m³ skv. reglugerð en ársmeðalstyrkur NO_x þarf að vera undir 30 µg/m³. Þar sem gert er ráð fyrir að allt NO_x sé NO₂ við túlkun niðurstaðna er ársmeðalstyrkur NO_x ráðandi við túlkun niðurstaðna. Reiknaður ársmeðalstyrkur NO_x fyrir reiknitímabilið 2000 – 2004 er sýndur á mynd 33 fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Hæsti reiknaði styrkur fyrir tímabilið reiknast sem 2,3 µg/m³ og er því vel undir viðmiðum reglugerðar hvort sem er fyrir NO_x eða NO₂.

Mynd 34 sýnir 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO₂ fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Samkvæmt reglugerð þarf sólarhringsgildi NO₂ að vera undir 75 µg/m³ sem ekki má fara yfir oftar en 7 sinnum á almanaksári, sem svarar til 98,1% hlutfallsmarka. Hæstu reiknuðu 98,1% hlutfallsmörk NO₂ reiknast undir viðmiðunarmörkum, eða 26,0 µg/m³.

Mynd 35 sýnir 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO₂ fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Samkvæmt reglugerð þarf klukkustundargildi NO₂ að vera undir 200 µg/m³ sem ekki má fara yfir oftar en 18 sinnum á almanaksári, sem svarar til 99,8% hlutfallsmarka. Hæstu reiknuðu 99,8% hlutfallsmörk NO₂ reiknast undir viðmiðunarmörkum, eða 155,9 µg/m³.

5.2.3. Kolsýringur (CO), ryk (PM) og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH/B(a)P)

Í reglugerð er kveðið á um að daglegt hámarksmeðaltal CO fyrir átta klukkustundir má ekki fara yfir 10 mg/m³. Hæsta daglegt hámarksmeðaltal CO fyrir átta klukkustundir yfir tímabilið 2000 - 2004 fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil reiknast sem 0,006 mg/m³ og er því töluvert undir viðmiðum reglugerðar.

Nær allt svifryk sem losað er í útblæstri frá verksmiðju Stakksbergs er fínt svifryk (PM_{2,5}). Í útblæstri Thorsil var gert ráð fyrir að allt svifryk væri PM₁₀, sem er grófara svifryk. Samlegðaráhrif eru reiknuð fyrir heildarsvifryk þar sem lagður er saman styrkur svifryks frá verksmiðjunum tveimur. Samkvæmt reglugerð skal ársmeðaltal PM_{2,5} ekki fara yfir 20 µg/m³ og ársmeðaltal PM₁₀ ekki fara yfir 40 µg/m³. Mynd 36 sýnir ársmeðalstyrk heildarsvifryks fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Hæsti reiknaði ársmeðalstyrkur yfir tímabilið 2000 - 2004 fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil reiknast sem 0,15 µg/m³ og er því langt undir viðmiðum reglugerðar. Sólarhringsgildi PM₁₀ mega ekki fara yfir 50 µg/m³ oftar en 35 sinnum á almanaksári, sem svarar til 90,4% hlutfallsmarka. Hæstu

reiknuðu 90,4% hlutfallsmörk sólarhringsgilda PM_{10} fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil reiknast $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sem er langt undir viðmiðum reglugerðar.

Í reglugerð er Benzó(a)þýren (B(a)P) notað sem markefni til að meta krabbameinsvaldandi áhrif PAH efna. Forsendur Stakksbergs gera ráð fyrir að 1% af heildar PAH sé B(a)P en ekki lágu fyrir sambærilegar forsendur fyrir hlutfall B(a)P af PAH hjá Thorsil. Reglugerð segir að ársmeðaltal B(a)P skal ekki fara yfir $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Mynd 37 sýnir reiknaða dreifingu ársmeðaltalsstyrks PAH fyrir samlegð fyrirhugaðrar framtíðarstöðu kísilverksmiðju Stakksbergs og kísilmálmverksmiðju Thorsil. Hæsti styrkur PAH reiknast $0,6 \text{ ng}/\text{m}^3$. Ef miðað er við að hlutfall B(a)P af PAH fyrir Thorsil sé einnig 1% er reiknaður styrkur B(a)P $0,006 \text{ ng}/\text{m}^3$, sem er undir viðmiðum reglugerðar.

6. Samantekt

Fyrirliggjandi loftdreifingarlíkan sem unnið var fyrir fyrirhugað álver Century Aluminium (Norðuráls) (Vatnaskil, 2009) og fyrirhugaða kísilmálmverksmiðju Thorsil í Helgúvík (Vatnaskil, 2014) var nýtt sem grunnur í uppsetningu loftdreifingarlíkans til mats á árangri af endurbættri hönnun útblástursmannvirkja í kísilverksmiðju Stakksbergs í Helgúvík, þar sem útblástur verður leiddur út um 52 m háan skorstein í stað rjáfurs síuhúss.

Við fyrri reikninga var reiknað yfir fimm ára tímabil, 2000 – 2004. Í aðdraganda verkefnisins nú var lagt upp með að reikna fyrir sama tímabil, en vegna ábendinga sem bárust við tillögu að matsáætlun um valið tímabili og lengd tímabils var ákveðið að skoða einnig tímabilið 2013 – 2017, sem innifelur þann tíma þegar verksmiðjan var í rekstri á vegum Sameinaðs Sílikons hf. Lítil munur reyndist vera á tímabilunum tveimur, og voru niðurstöður bornar undir Veðurstofu Íslands. Valið var að notast við tímabilið 2013 – 2017 fyrir samanburð milli mismunandi útfærslna á útblástursmannvirkjum, en einnig var horft til tímabilsins 2000 – 2004 vegna fullbúinnar verksmiðju til mats á samlegðaráhrifum við fyrirhuguð iðjuver Norðuráls og Thorsil.

Reiknað var yfir styttra tímabil til að sjá hvort munur væri á dreifingu útblástursefna eftir lengd tímabilsins. Leiddi það í ljós að 3 ára tímabil, 2013 – 2015, er óverulega frábrugðið 5 ára tímabili, 2013 – 2017. Er því lengd tímabils talin vera fullnægjandi gagnvart mati á dreifingu útblástursefna.

Samanburður á dreifingu útblástursefna fyrir núverandi (losað um rjáfur síuhúss) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu útblástursmannvirkja sýnir verulega lækkun fyrir öll útblástursefni. Reiknaður styrkur lækkar mest næst verksmiðjunni í endurbættu ástandi samanborið við núverandi ástand en minna þegar lengra frá verksmiðjunni dregur. Þó er töluverð lækkun á reiknuðum styrk allra efna innan bæjarins, og lækkar styrkur um allt að 90% innan íbúabyggðar Reykjanesbæjar.

Þrjú rekstartilvik voru skoðuð fyrir núverandi rekstraraðstæður (einn ofn): fullt álag á ofni, þriðjungs álag á ofni og einni klukkustund eftir að ofn slær út. Voru rekstraraðstæðurnar skoðaðar til mats á styrk rokgjarnra lífrænna efnasambanda (TVOC), sem talin eru valda lykt. Í öllum tilvikum er gert ráð fyrir sama massaflæði TVOC efna frá kísilverksmiðjunni, $0,12 \text{ g}/\text{s}$. Ekki er vitað um losun TVOC efna við lægra afl á ofninum og er því sama forsenda nýtt fyrir öll rekstartilvik. Niðurstöður reikninga gefa því fyrst og fremst tilefni til að meta breytingu í styrk efnanna með tilkomu endurbóta útblástursmannvirkja í hverju rekstartilviki, en síður ber að túlka niðurstöðurnar sem raunverulegan styrk (sér í lagi fyrir skert afl) eða bera saman styrk milli rekstartilvika. Tíðnigreining á styrk við Heiðarskóla sýnir að enginn styrkur reiknast 86% tímans fyrir öll rekstartilvik. Þegar styrkur reiknast við Heiðarskóla er vindstefna nokkuð afgerandi frá verksmiðjunni og á það við hvort sem er við núverandi eða endurbætta stöðu útblástursmannvirkja. Við hækkandi styrkgildi þrengist bilið á ríkjandi vindstefnu

Þannig að vindur berst beint frá verksmiðjunni að skólanum. Hæstu reiknuðu gildi fyrir endurbætta stöðu eru verulega lægri en hæstu reiknuðu gildi fyrir núverandi stöðu. Jafnframt reiknast hæstu reiknuðu gildi fyrir endurbætta stöðu við lítillega hærri vindhraða samanborið við hæstu reiknuðu gildi fyrir núverandi stöðu. Enn fremur er styrkur verulega lækkaður eða jafnvel núll við endurbætta stöðu í þeim aðstæðum sem gáfu hæstu styrkgildi við núverandi stöðu.

Mesti styrkur TVOC efna innan byggðar Reykjanesbæjar lækkar verulega í öllum tilvikum með tilkomu endurbóta. Búast má við að minnkaðar líkur séu á að lykt finnist með tilkomu endurbótanna en þar sem ekki liggja fyrir greiningarmörk lyktar vegna TVOC efna er ekki hægt að fullyrða að lykt hverfi með öllu.

Fyrir fullbyggða verksmiðju er reiknaður styrkur undir viðmiðum reglugerða alls staðar á líkansvæðinu fyrir öll efni sem könnuð voru.

Niðurstöður eru hliðstæðar þegar tekið er tillit til samlegðaráhrifa af fyrirhuguðum iðjuverum Thorsils og Norðuráls.

Heimildir

Scire, J. S., F. R. Robe, M.E. Fernau og R.J. Yamartino, 2000a. *A user's guide for the CALMET meteorological model (Version 5)*. Earth Tech, Inc., Concord, MA.

Scire, J. S., D.G. Strimaitis og R.J. Yamartino, 2000b. *A user's guide for the CALPUFF dispersion model (Version 5)*. Earth Tech, Inc., Concord, MA.

Vatnaskil, 2009. *Helguvík. Dreifingarspá fyrir fyrirhugað álver Norðuráls í Helguvík*. Unnið fyrir Norðurál. Október 2009. Skýrsla nr. 09.08.

Vatnaskil, 2014. *Líkanreikningar á dreifingu útblásturs frá fyrirhuguðu iðjuveri Thorsils í Helguvík*. Unnið fyrir Thorsil ehf. September 2014. Skýrsla nr. 14.14.

Yfirlit mynda

Mynd 1. Yfirlitsmynd.

Mynd 2. Samanburður vindrósa fyrir 2000 – 2004.

Mynd 3. Samanburður vindrósa fyrir 2013 – 2017.

Mynd 4. Ársmeðaltal SO₂ fyrir einn ofn.

Mynd 5. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ fyrir einn ofn.

Mynd 6. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO₂ fyrir einn ofn.

Mynd 7. Ársmeðaltal NO_x fyrir einn ofn.

Mynd 8. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO₂ fyrir einn ofn.

Mynd 9. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO₂ fyrir einn ofn.

Mynd 10. Ársmeðaltal PM_{2,5} fyrir einn ofn.

Mynd 11. Ársmeðaltal B(a)P fyrir einn ofn.

Mynd 12. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir einn ofn á fullu álagi.

Mynd 13. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir einn ofn á skertu álagi.

Mynd 14. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir einn ofn klukkustund eftir útslátt.

Mynd 15. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks fyrir einn ofn á fullu álagi.

Mynd 16. Samanburður á tíðnidreifingu fyrir 1% hæsta reiknaða styrks fyrir einn ofn á fullu álagi.

Mynd 17. Samanburður á tíðnidreifingu fyrir 1% hæsta reiknaða styrks fyrir einn ofn á skertu álagi.

Mynd 18. Samanburður á tíðnidreifingu fyrir 1% hæsta reiknaða styrks fyrir einn ofn klst. eftir útslátt.

Mynd 19. Samanburður reiknaðs styrks TVOC efna við Heiðarskóla á hverjum tíma.

Mynd 20. Hæsti reiknaði styrkur í byggð Reykjanesbæjar.

Mynd 21. Ársmeðaltal SO₂ fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 22. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 23. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO₂ fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 24. Ársmeðaltal NO_x fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 25. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO₂ fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 26. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO₂ fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 27. Ársmeðaltal PM_{2,5} fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 28. Ársmeðaltal B(a)P fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 29. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir fjóra ofna. Samanburður tímabila.

Mynd 30. Ársmeðaltal SO₂ fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

Mynd 31. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

Mynd 32. 99,7% hlutfallsmörk klst.gilda SO₂ fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

Mynd 33. Ársmeðaltal NO_x fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

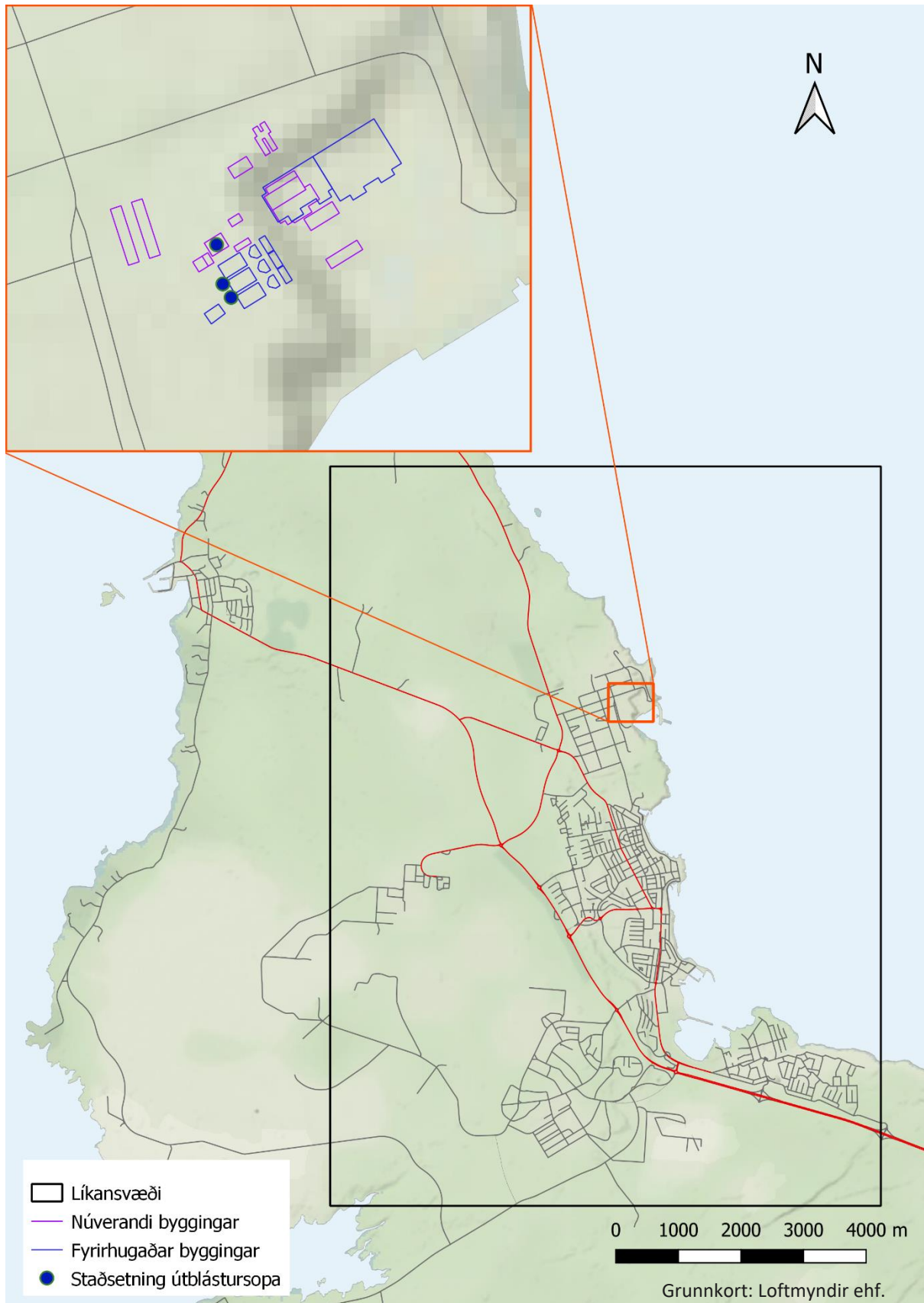
Mynd 34. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO₂ fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

Mynd 35. 99,8% hlutfallsmörk klst.gilda NO₂ fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

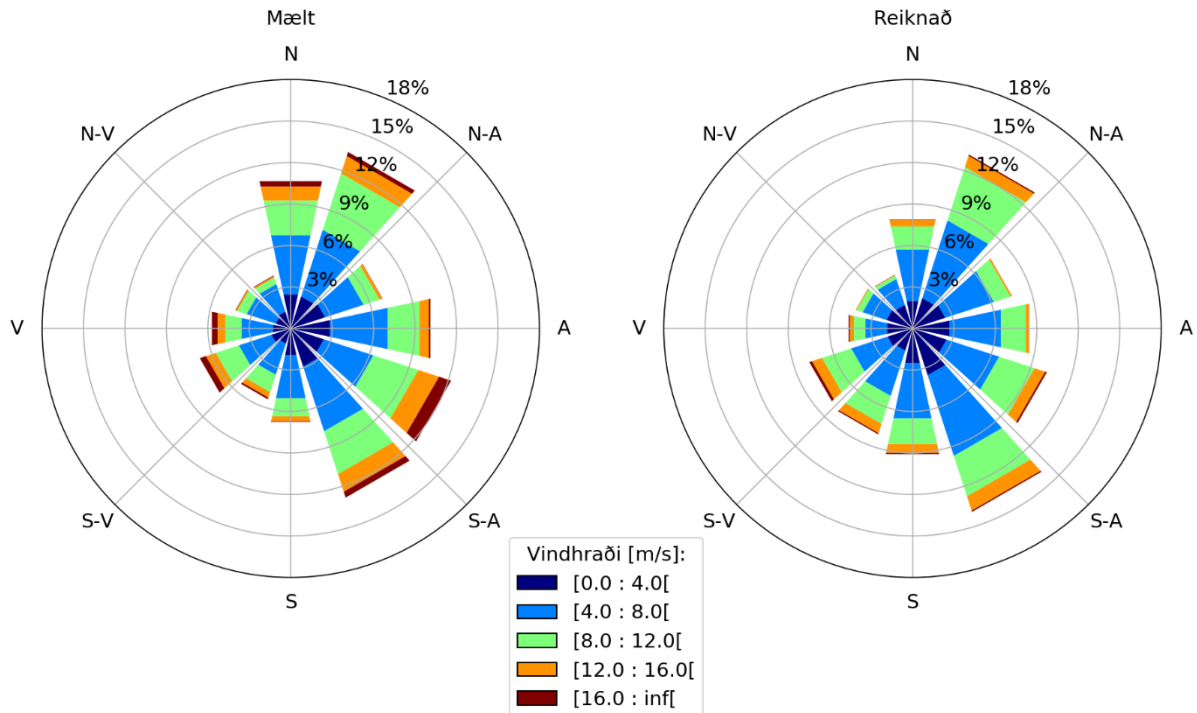
Mynd 36. Ársmeðaltal PM_{2,5} fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

Mynd 37. Ársmeðaltal PAH fyrir samlegð með annarri fyrirhugaðri starfsemi.

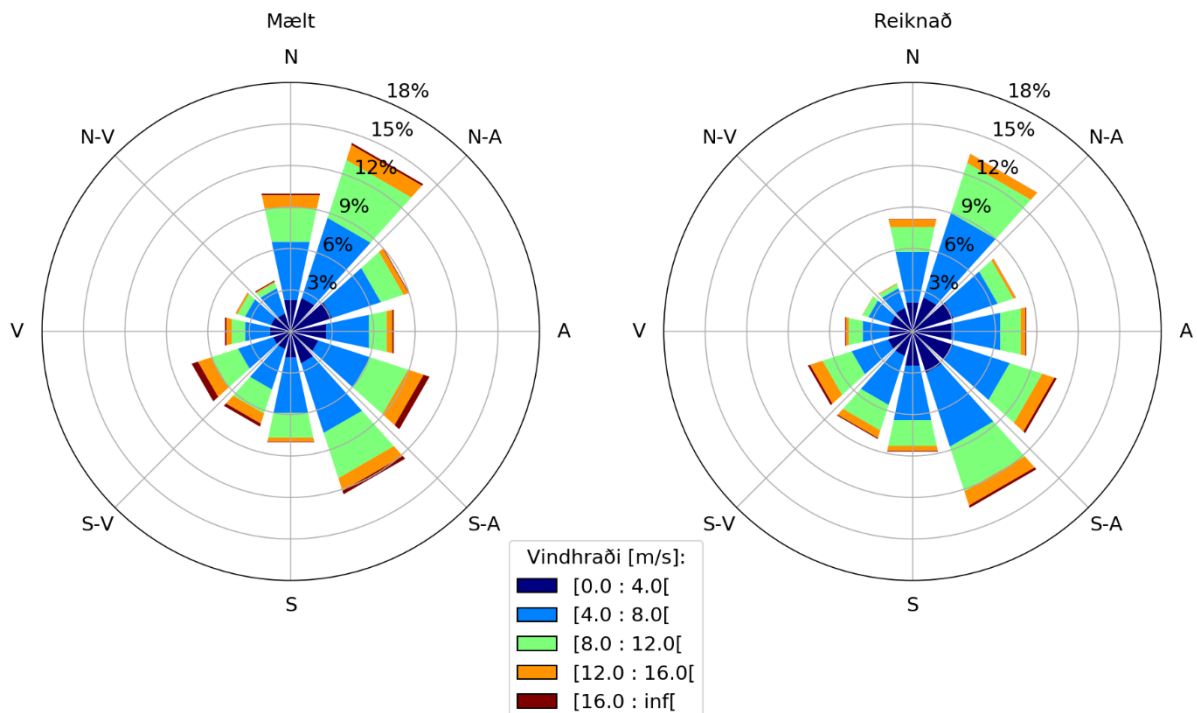
Myndir



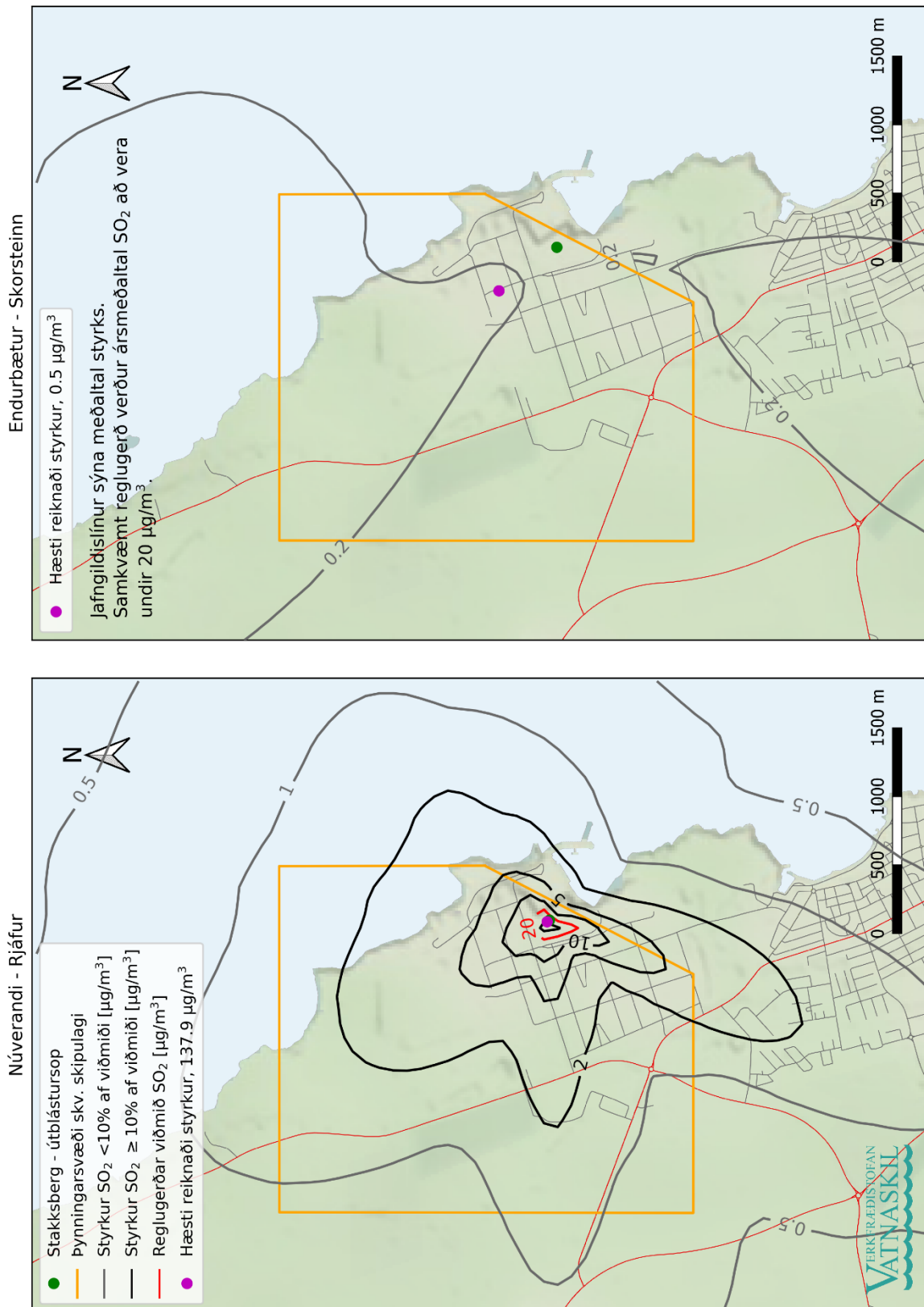
Mynd 1. Reiknisvæði loftdreifilíkans, staðsetning útblástursopa og útlínur bygginga.



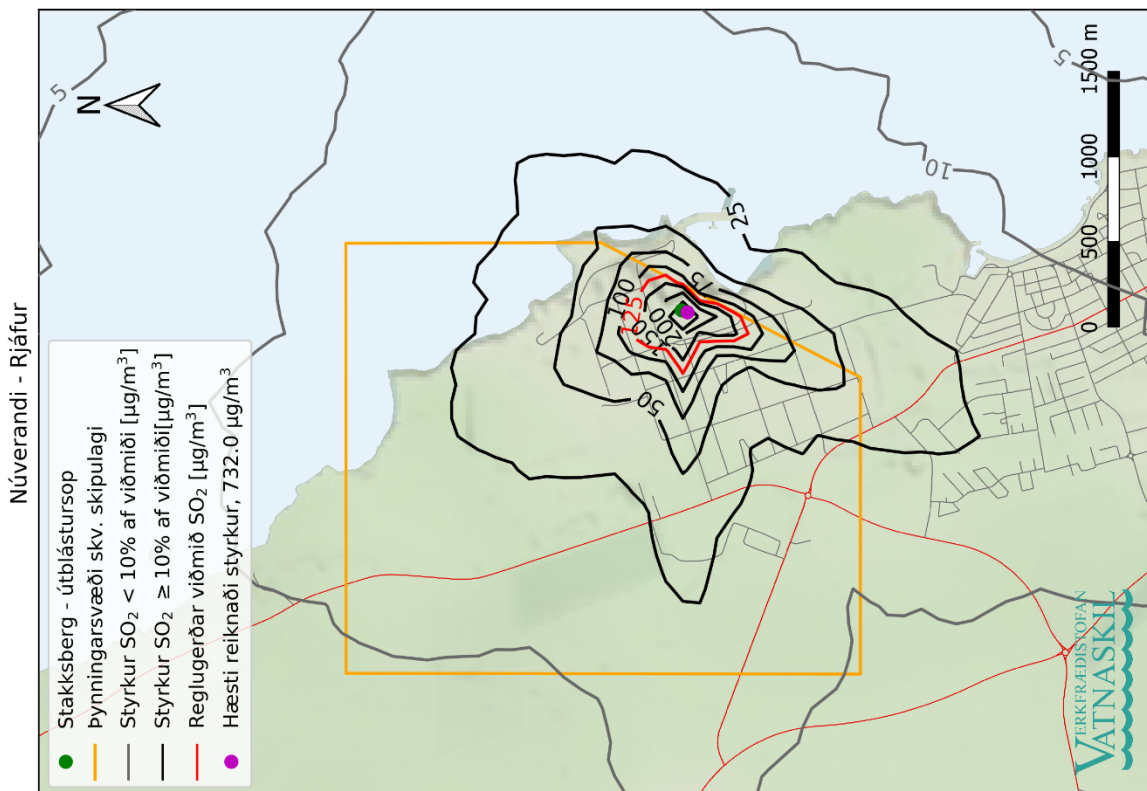
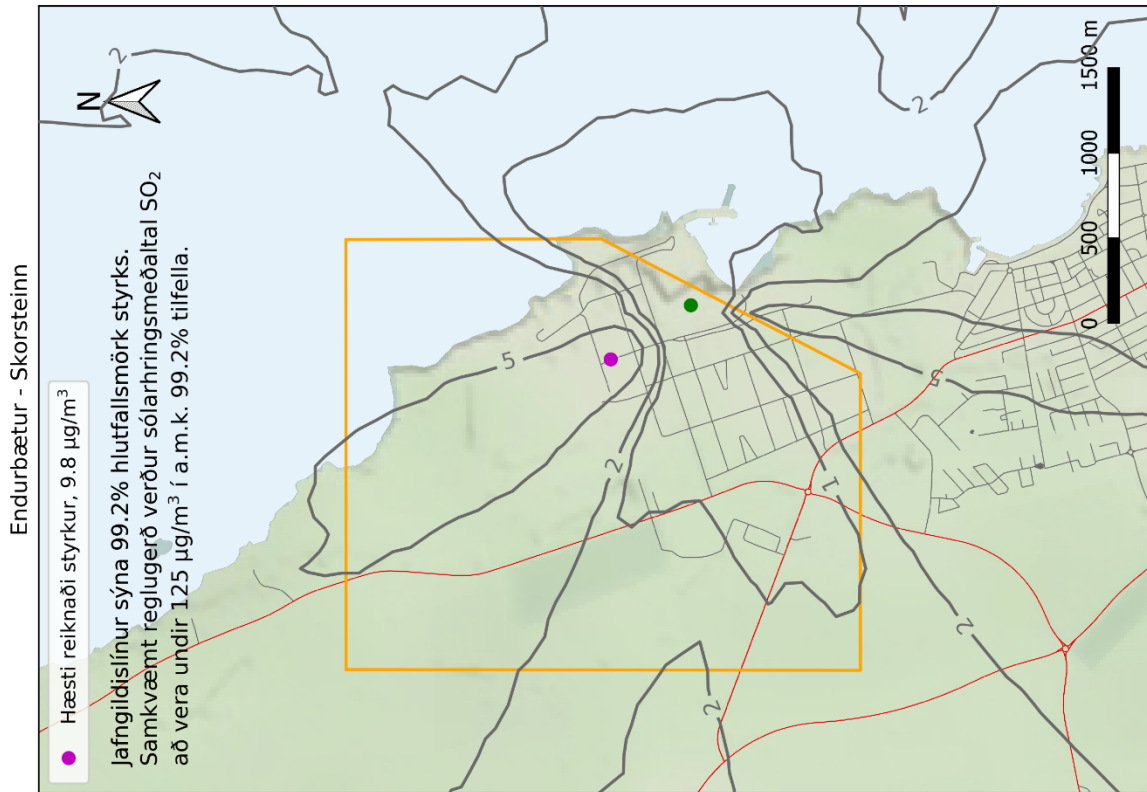
Mynd 2. Samanburður vindrósa fyrir mælt og reiknað veður við Keflavíkurflugvöll fyrir tímabilið 2000 – 2004.



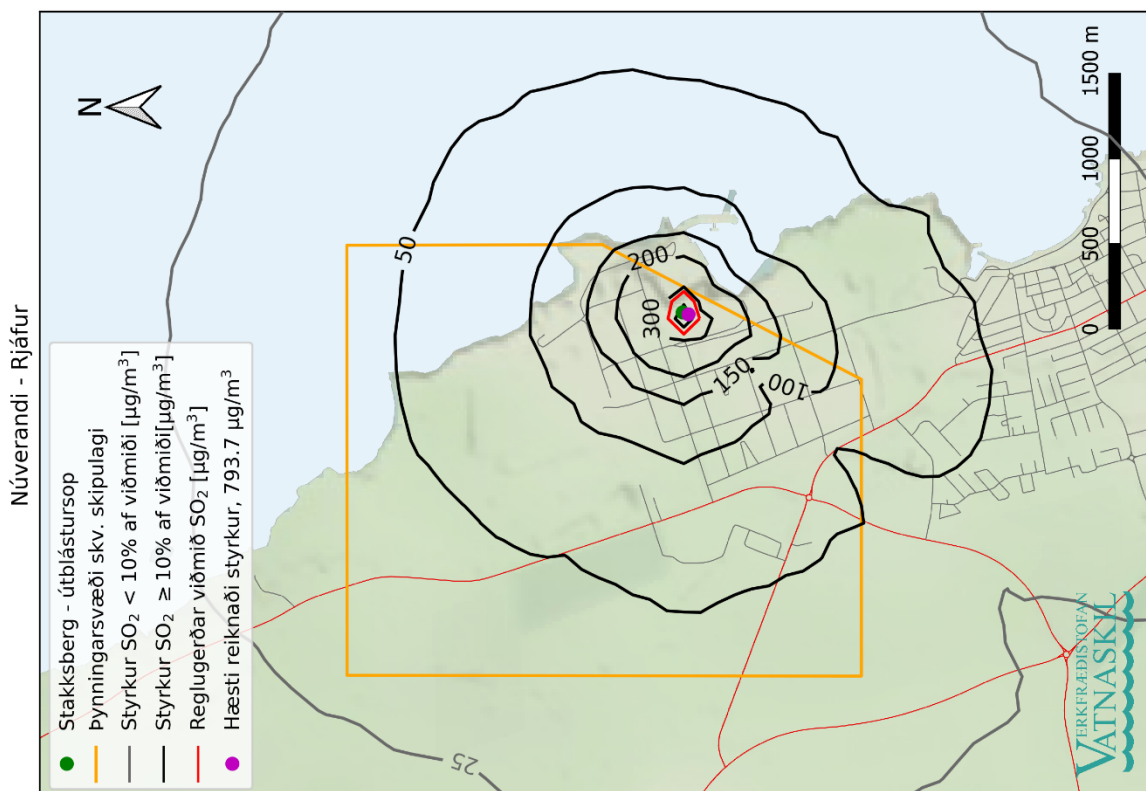
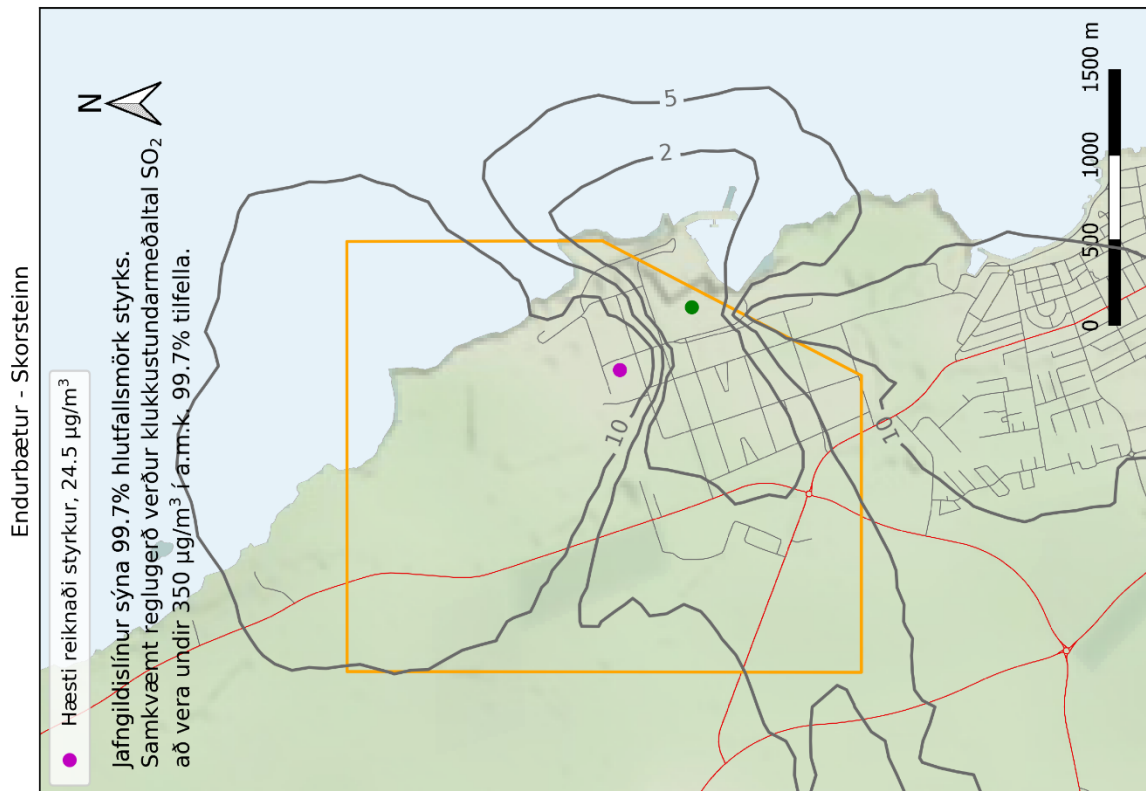
Mynd 3. Samanburður vindrósa fyrir mælt og reiknað veður við Keflavíkurflugvöll fyrir tímabilið 2013 – 2017.



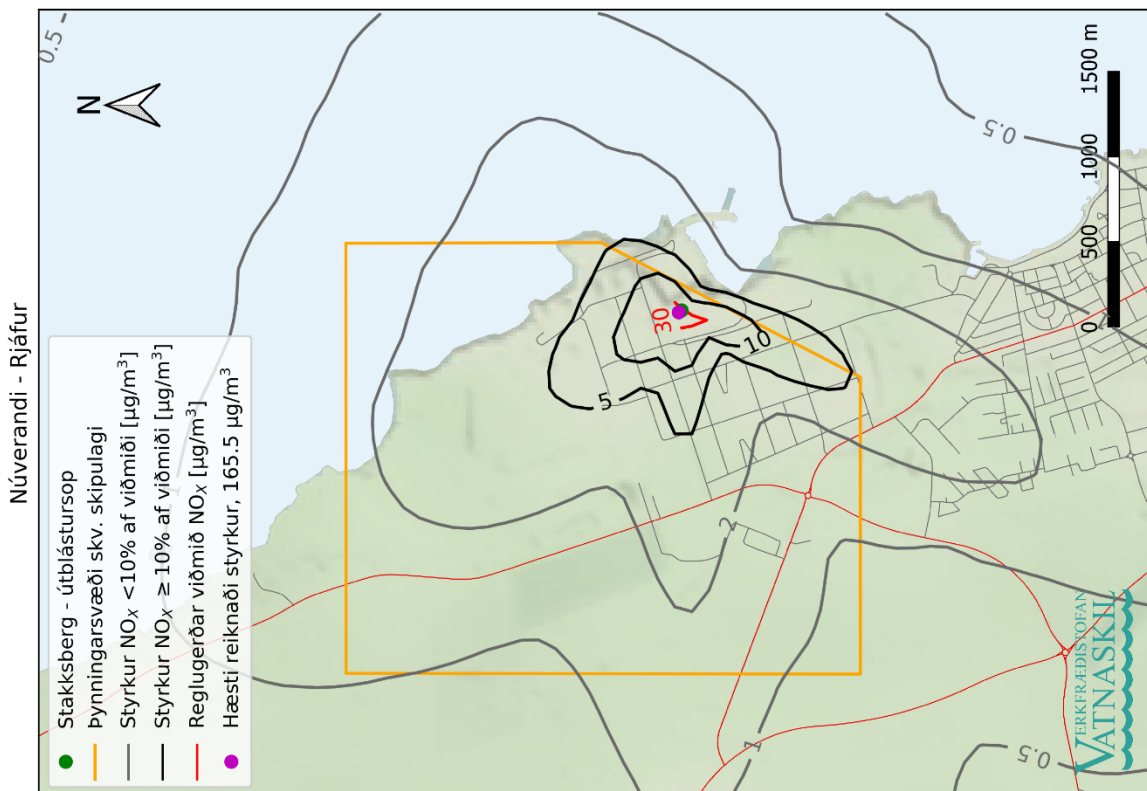
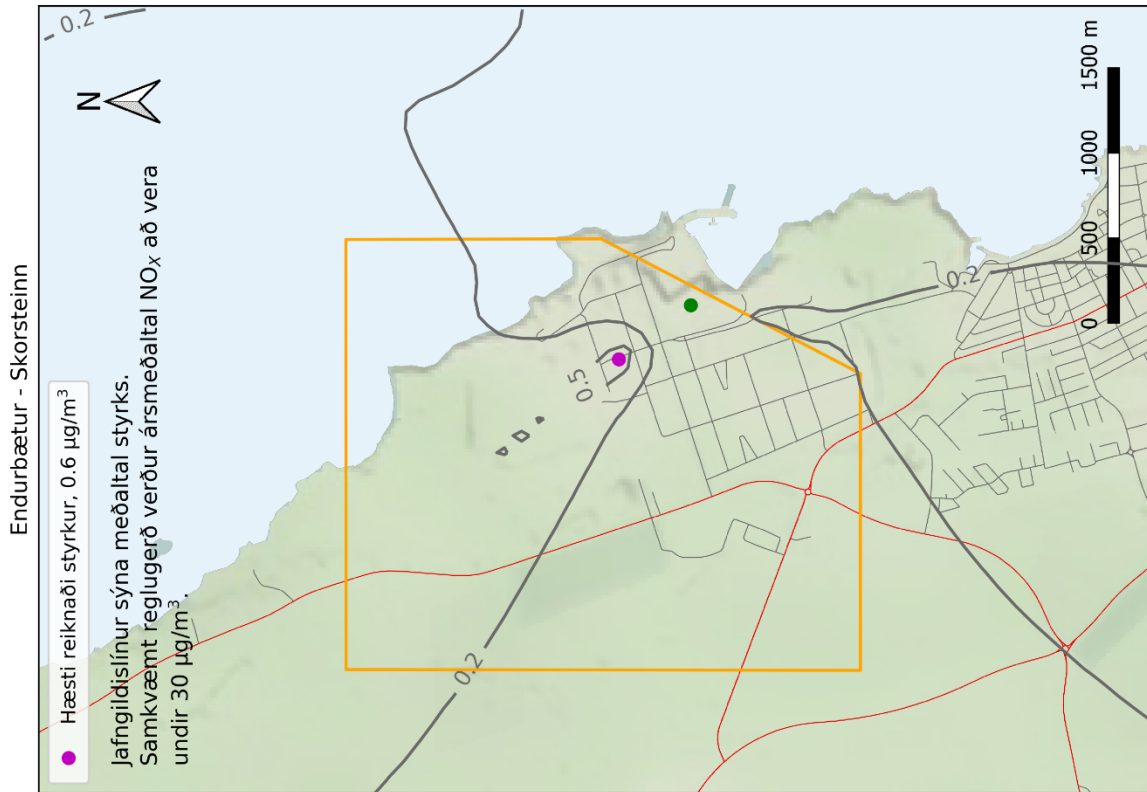
Mynd 4. Ársmeðaltal SO₂ reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.



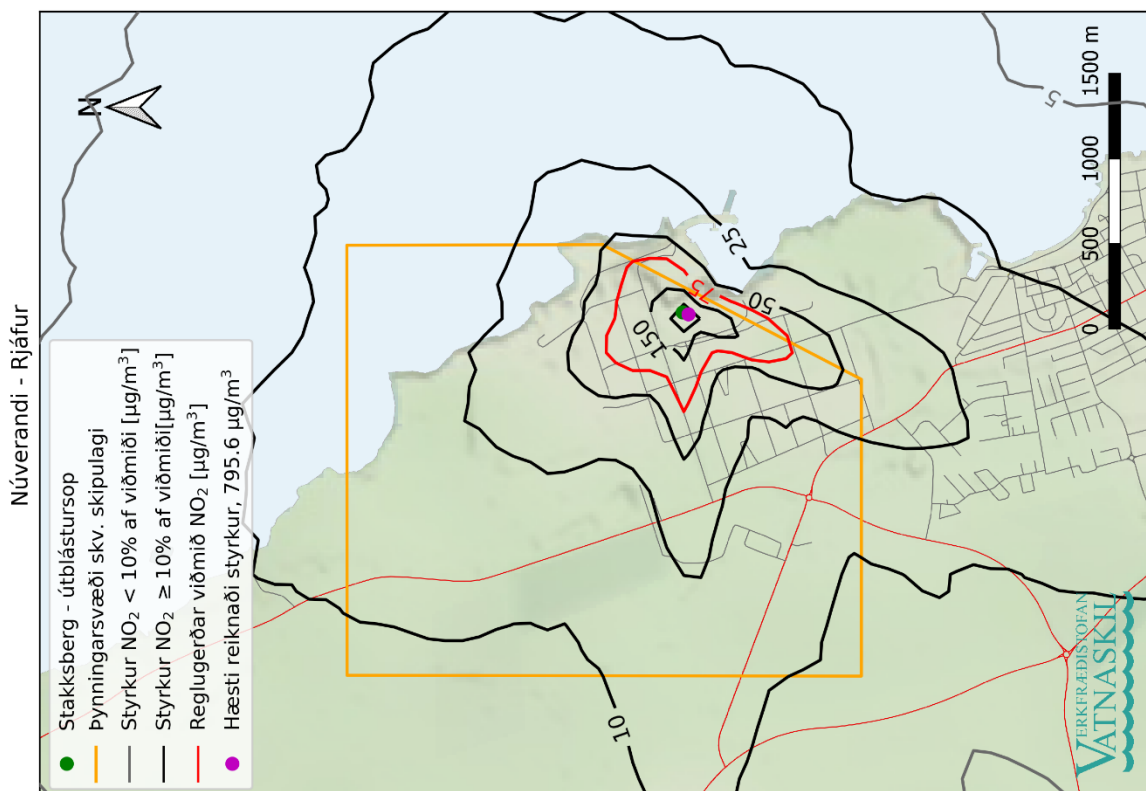
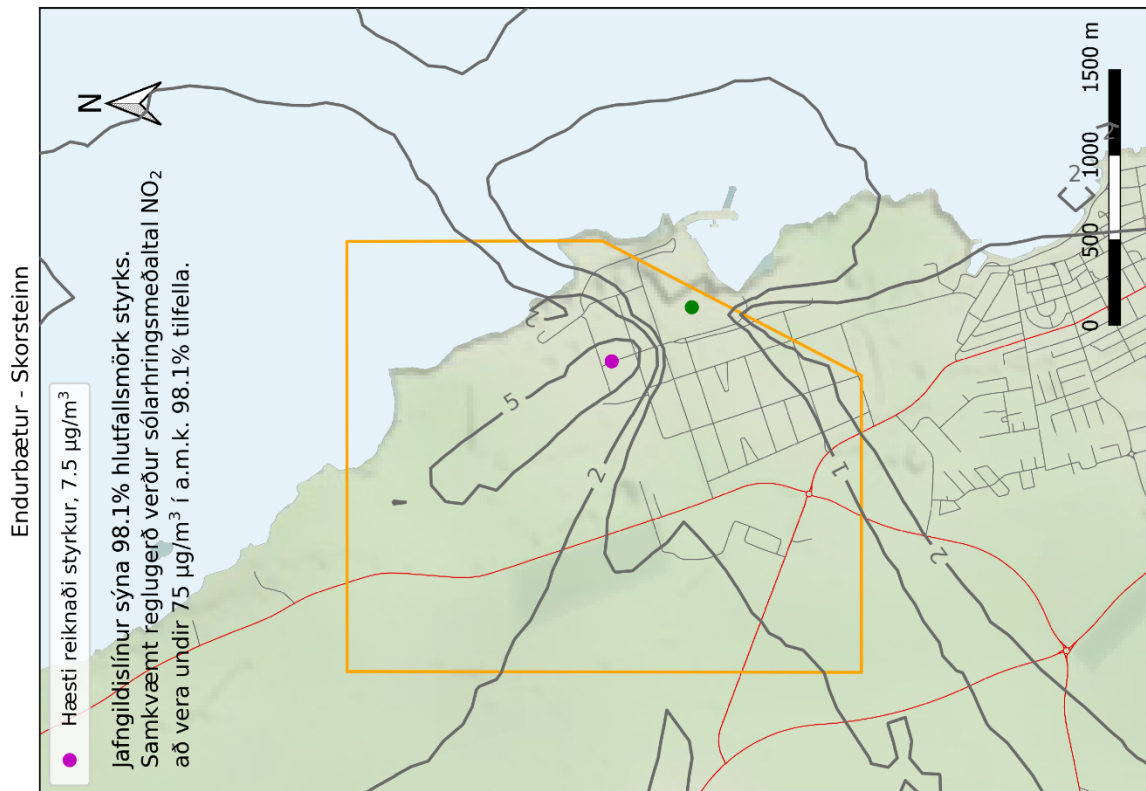
Mynd 5. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.



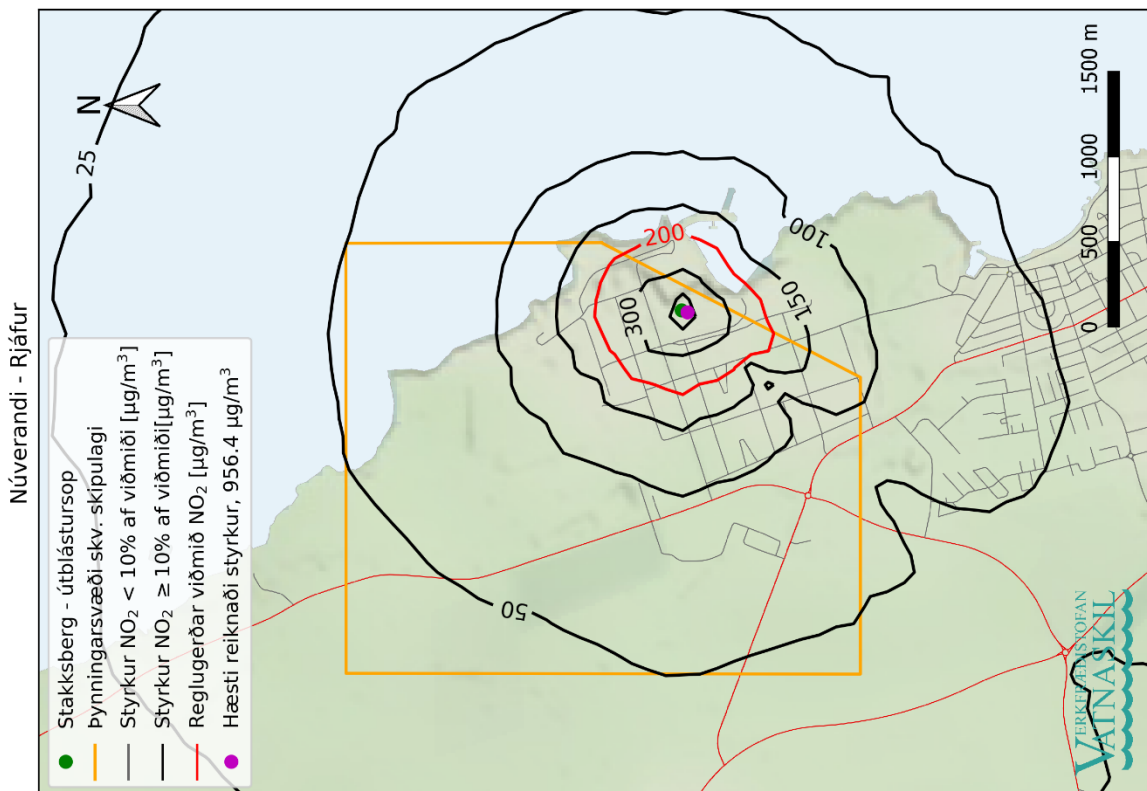
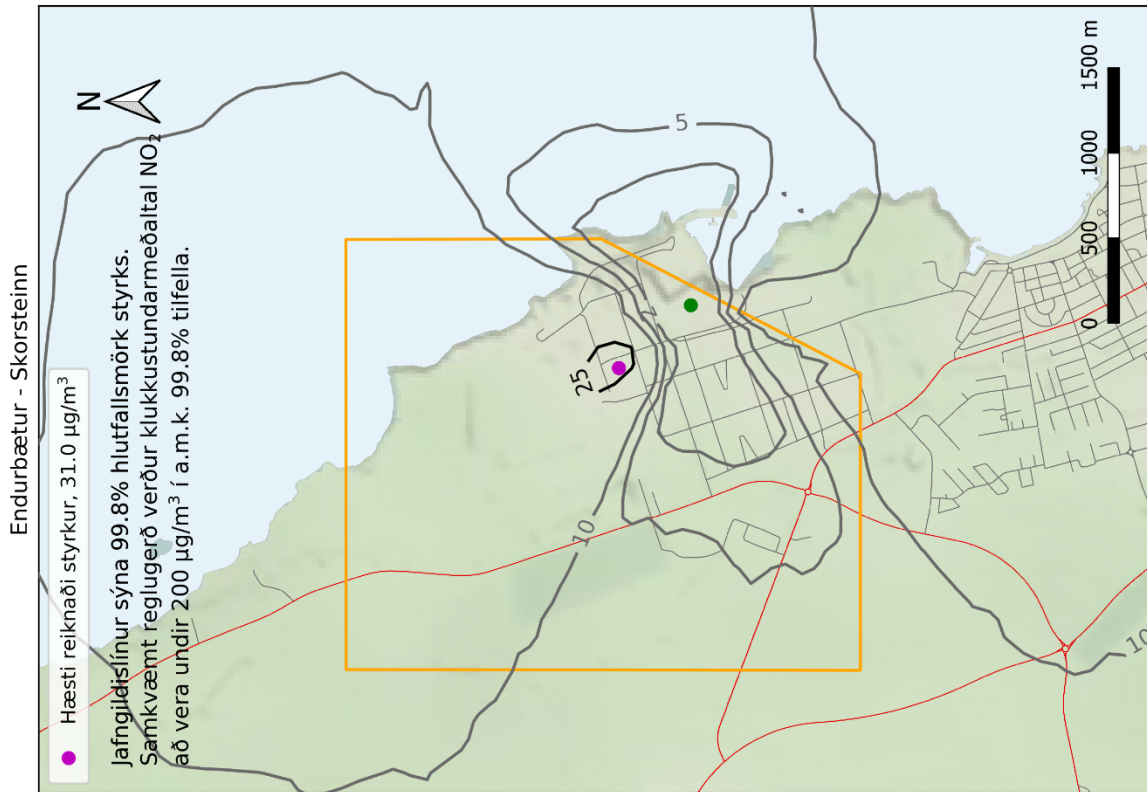
Mynd 6. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO₂ fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.



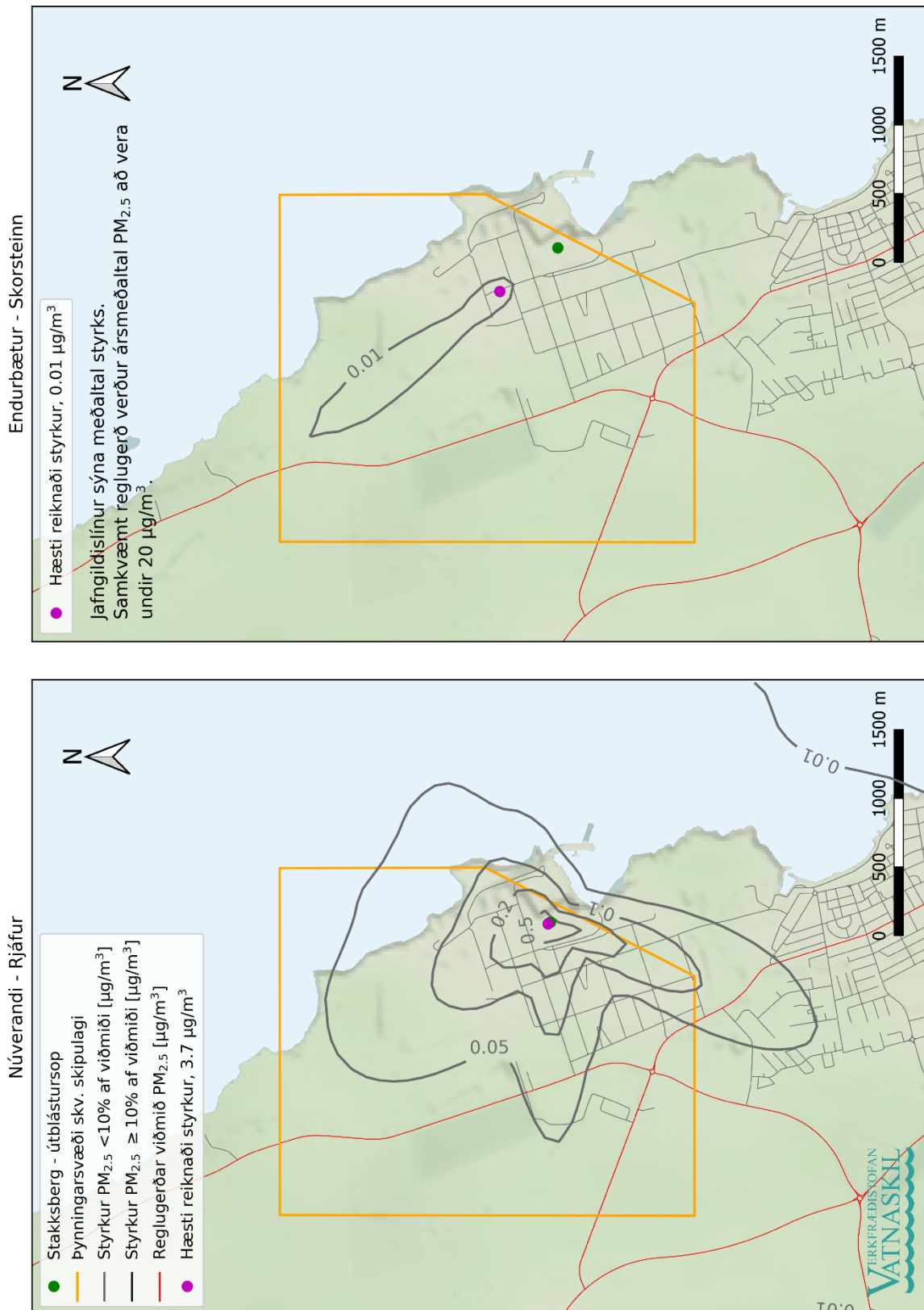
Mynd 7. Ársmeðaltal NO_x reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.



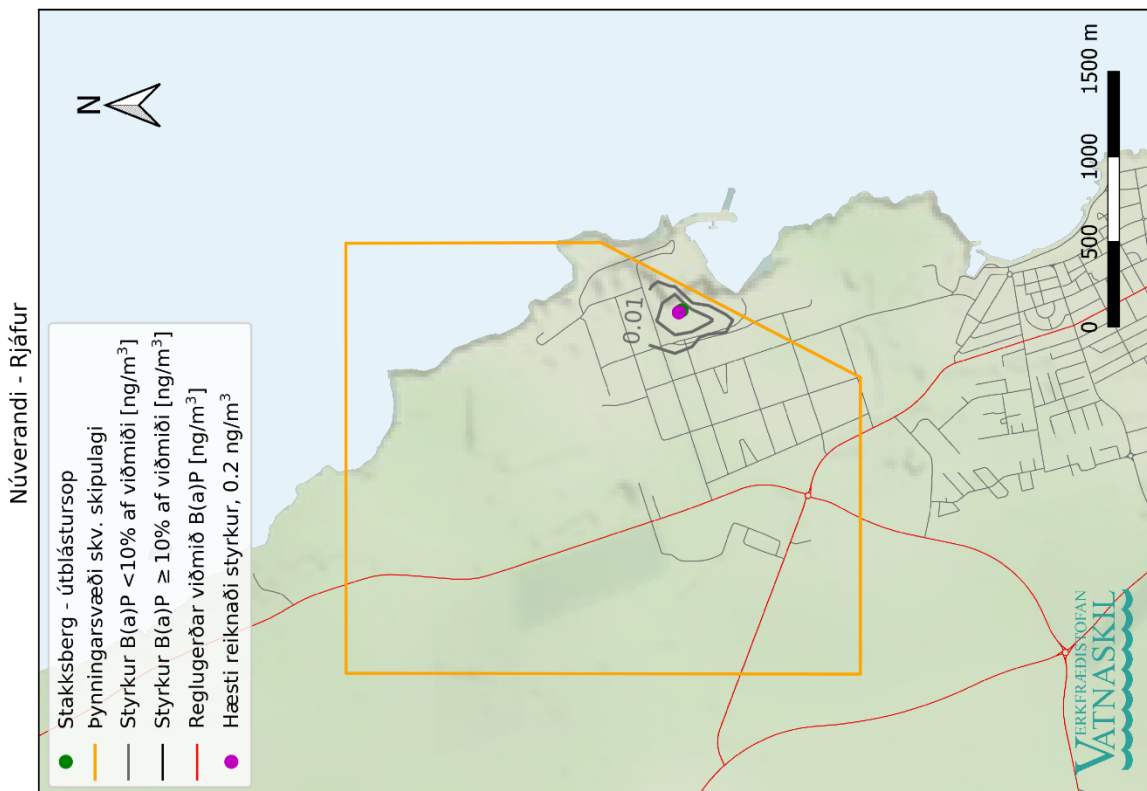
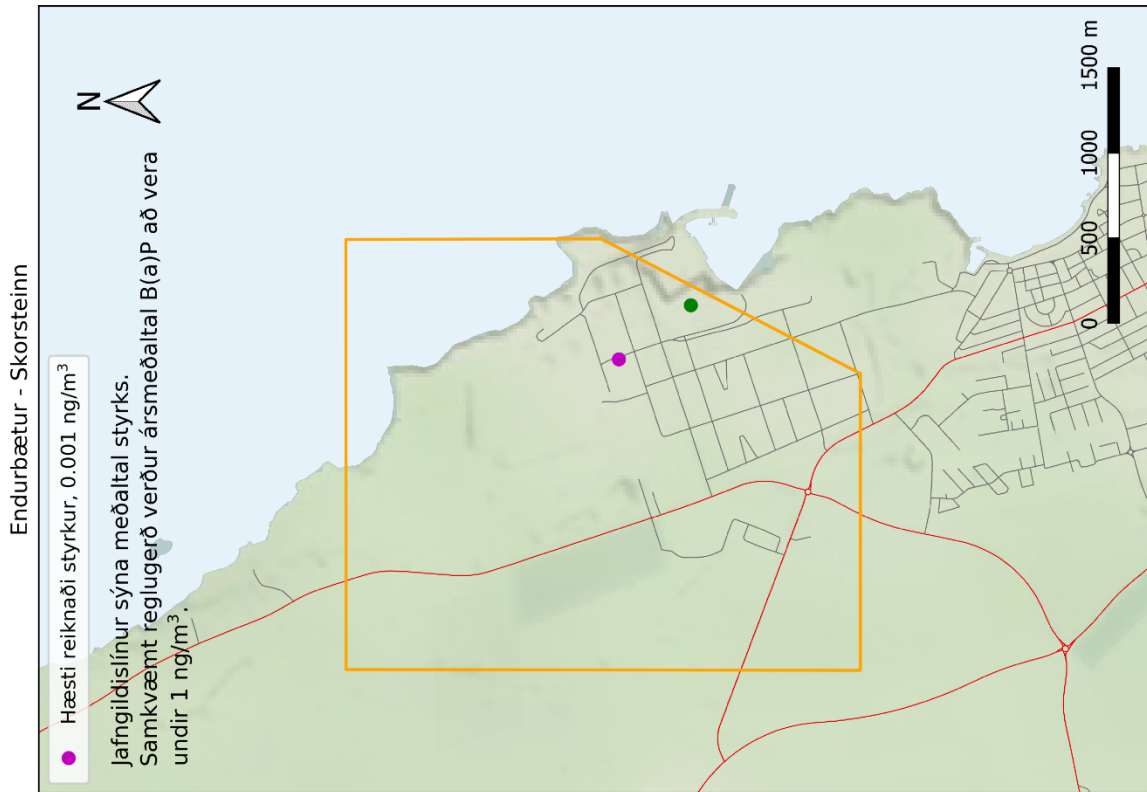
Mynd 8. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO₂ fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.



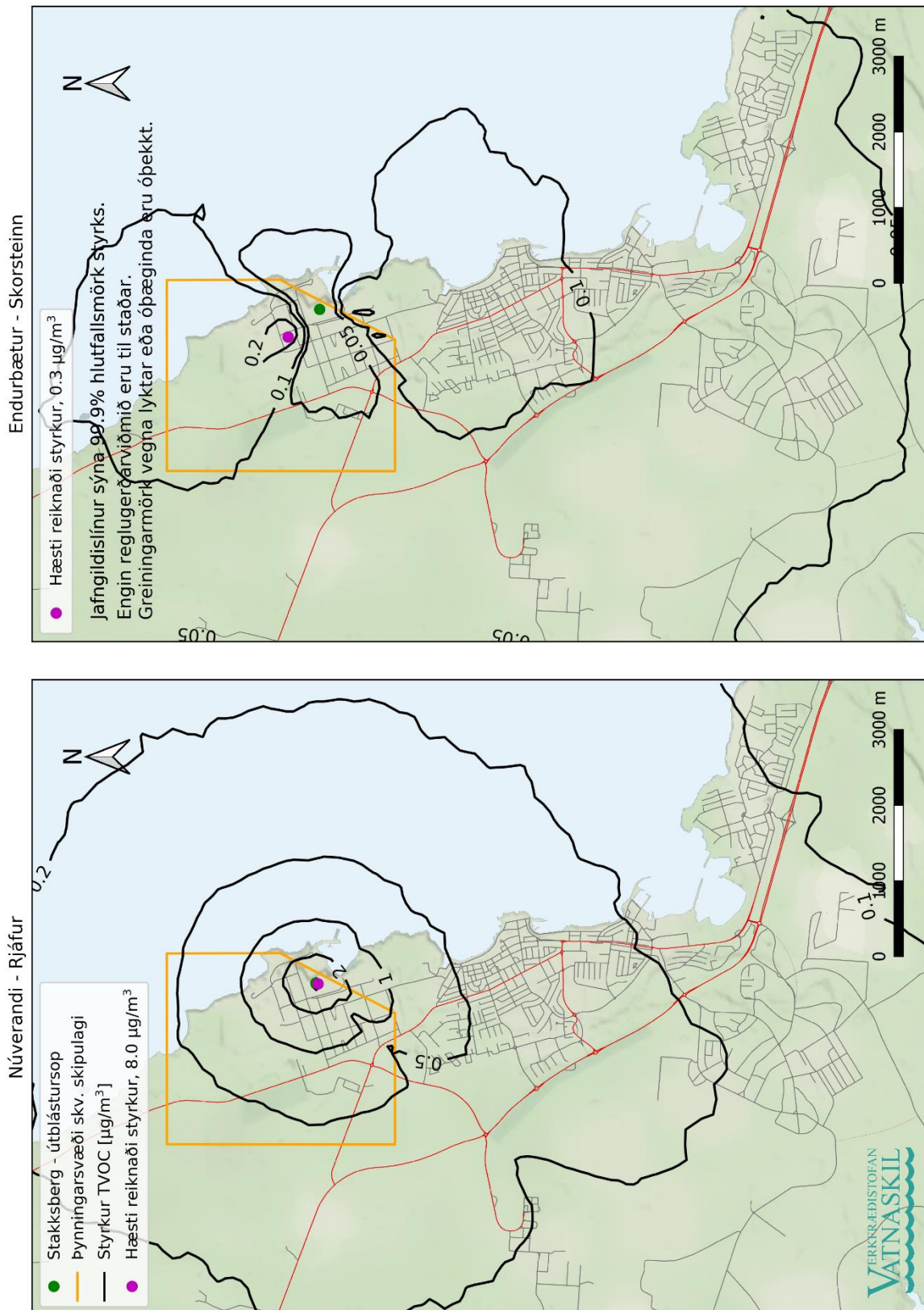
Mynd 9. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO_2 fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni.



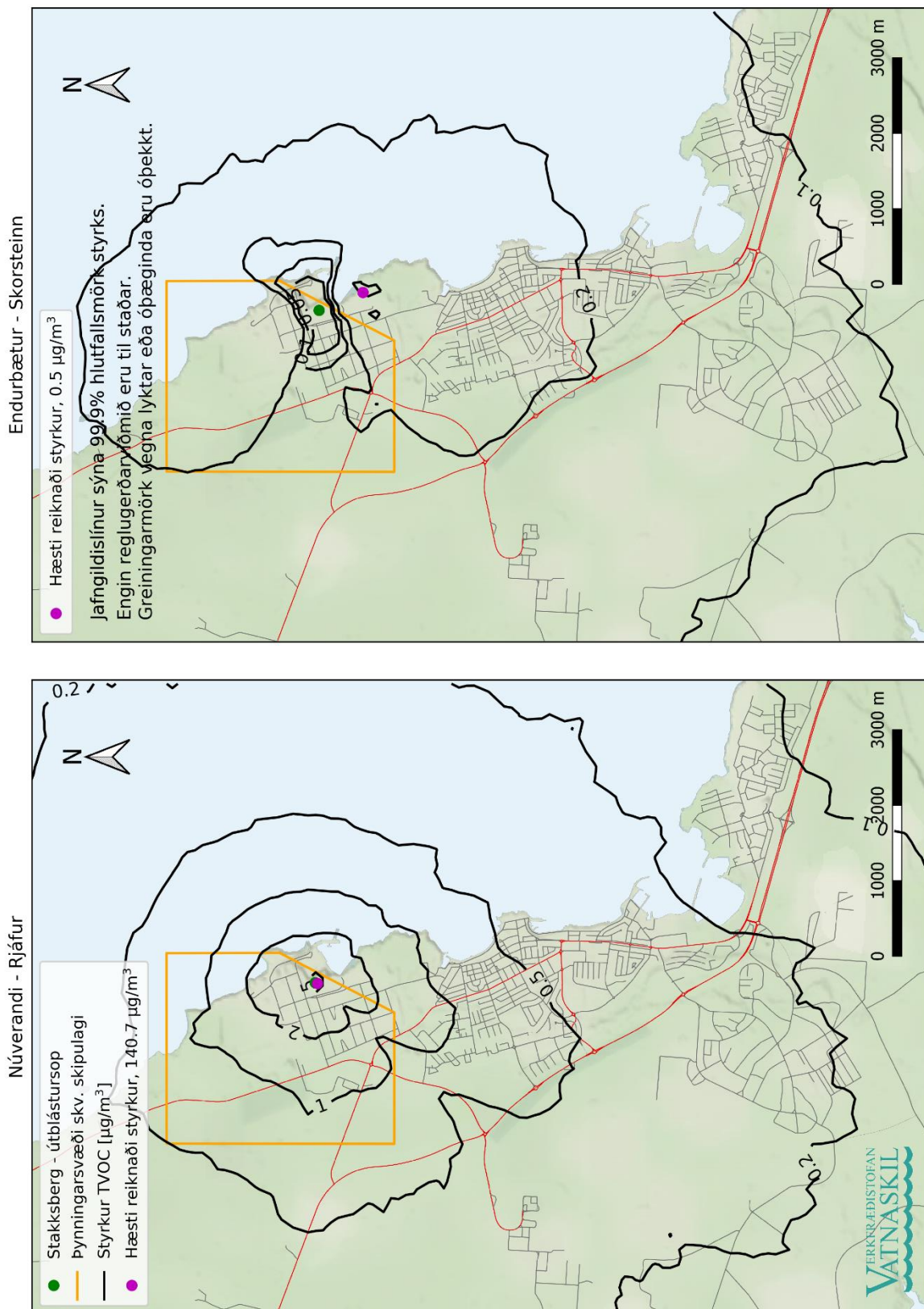
Mynd 10. Ársmeðaltal $\text{PM}_{2.5}$ reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni..



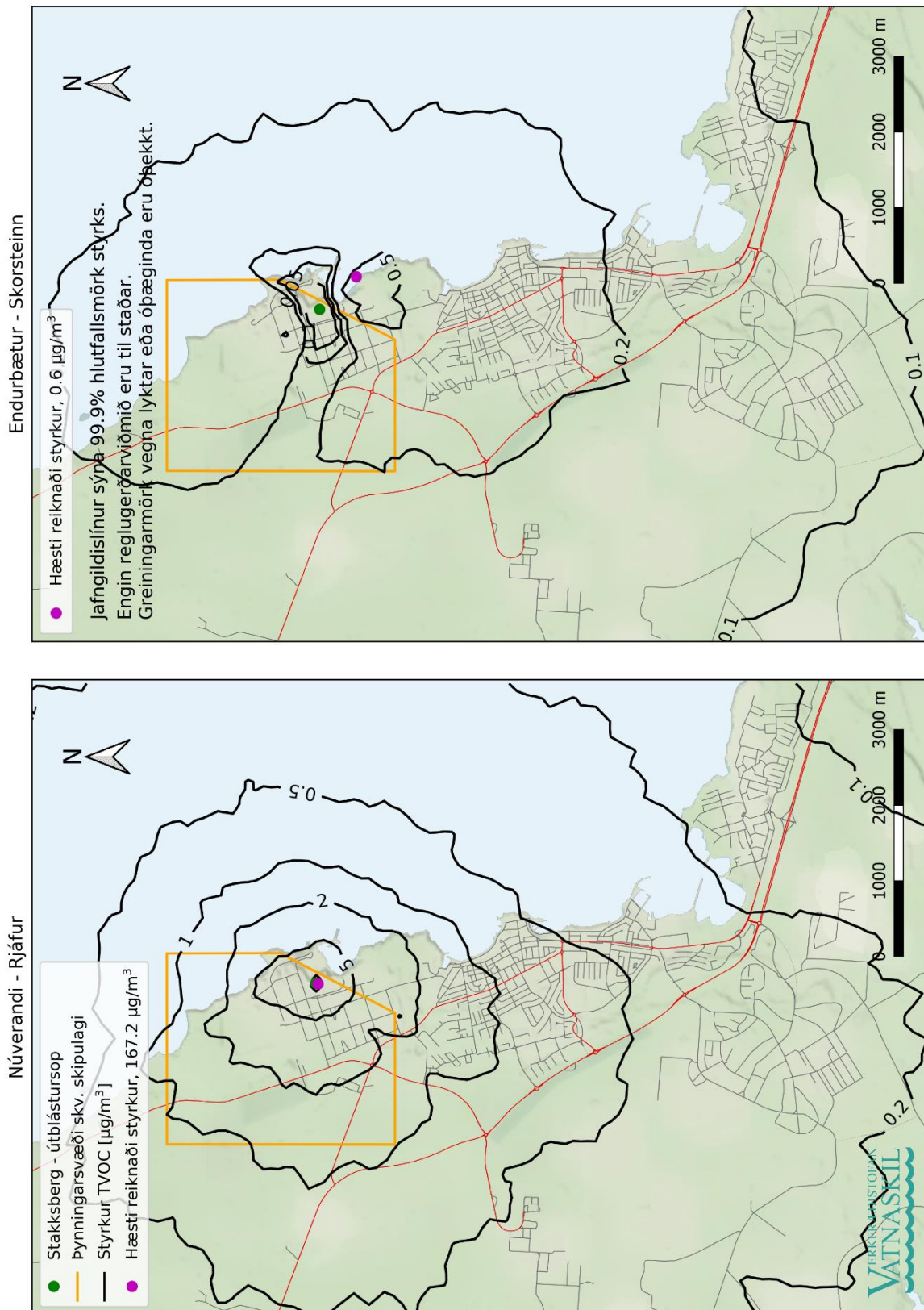
Mynd 11. Ársmeðaltal B(a)P reiknað fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni. Styrkur fyrir endurbætta stöðu reiknast undir 1/100 af viðmiðunarmörkum reglugerðar og eru því engar jafngildislínur dregnar.



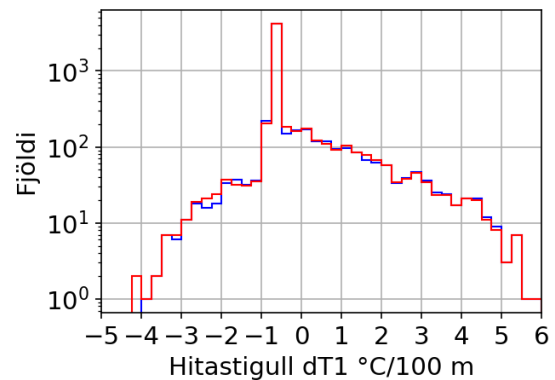
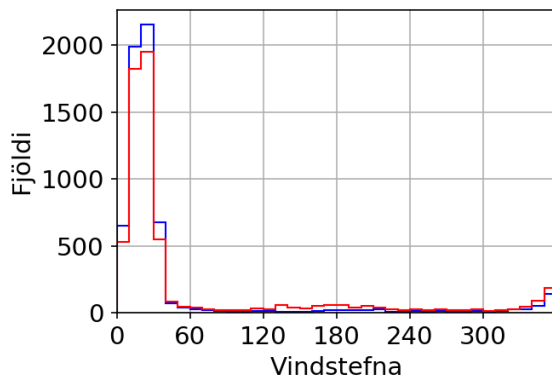
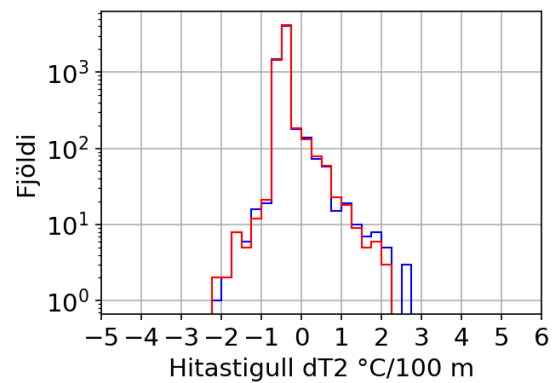
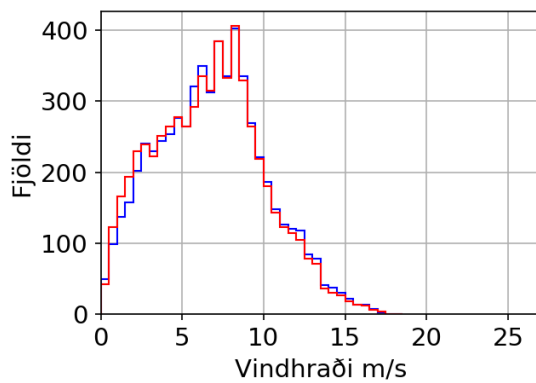
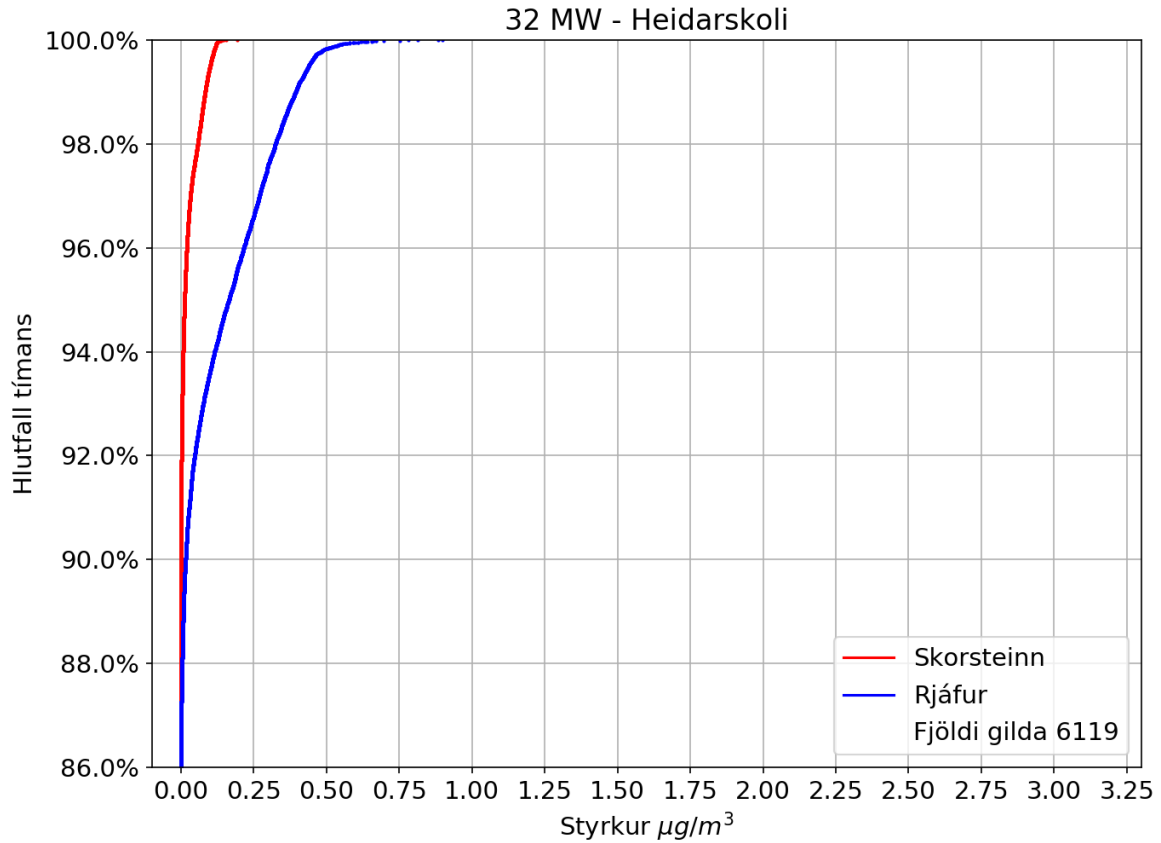
Mynd 12. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni á fullu álagi.



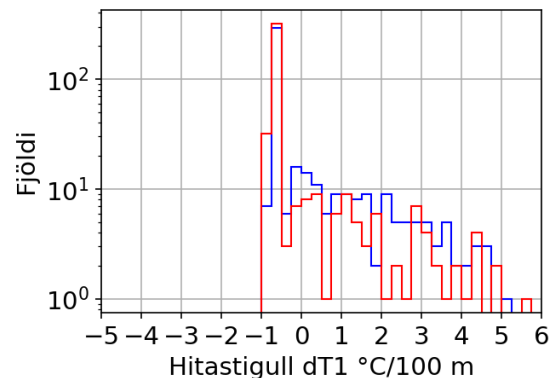
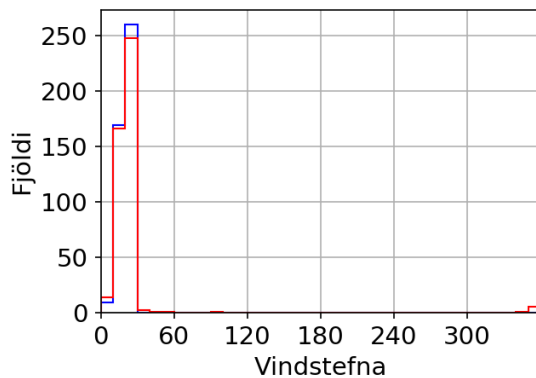
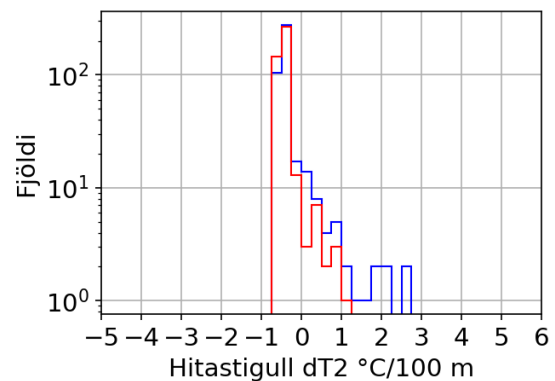
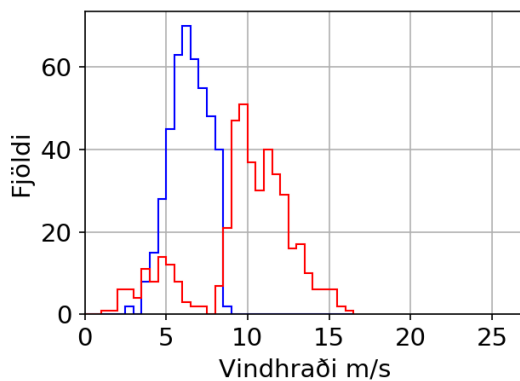
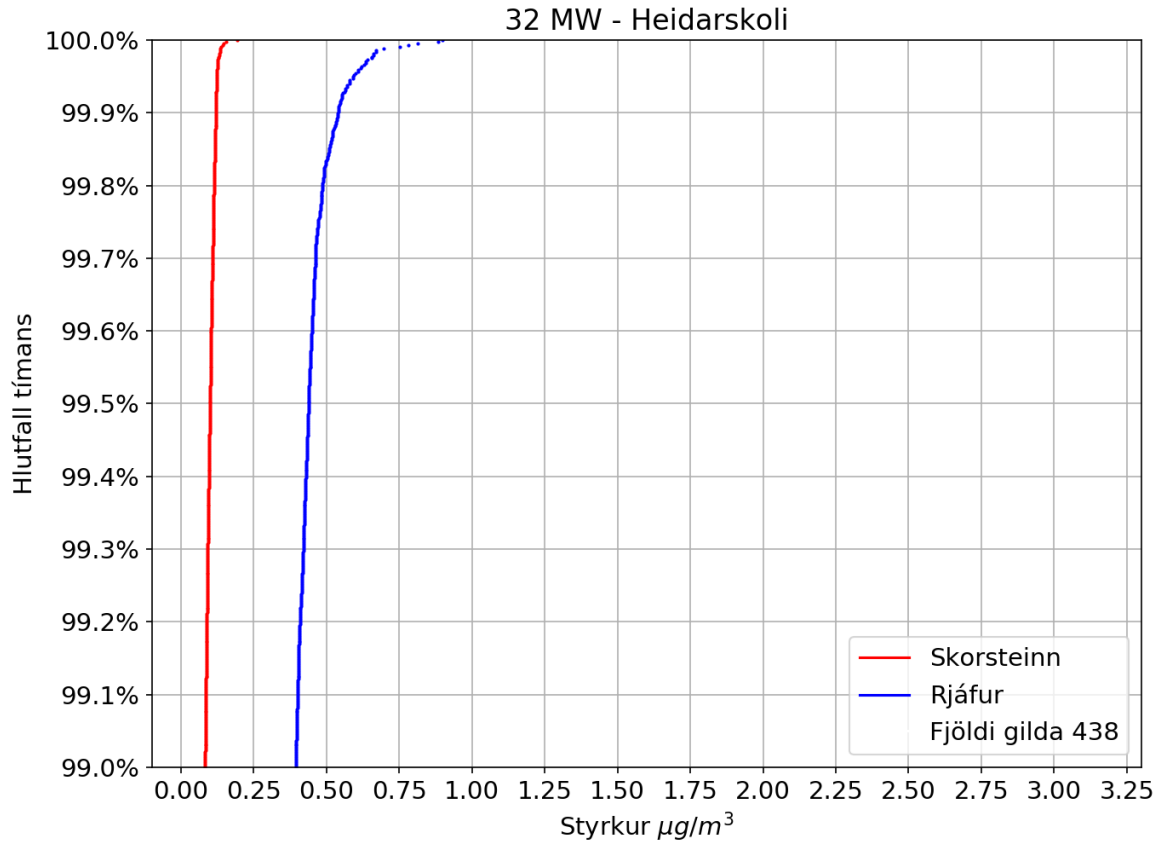
Mynd 13. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni á skertu álagi.



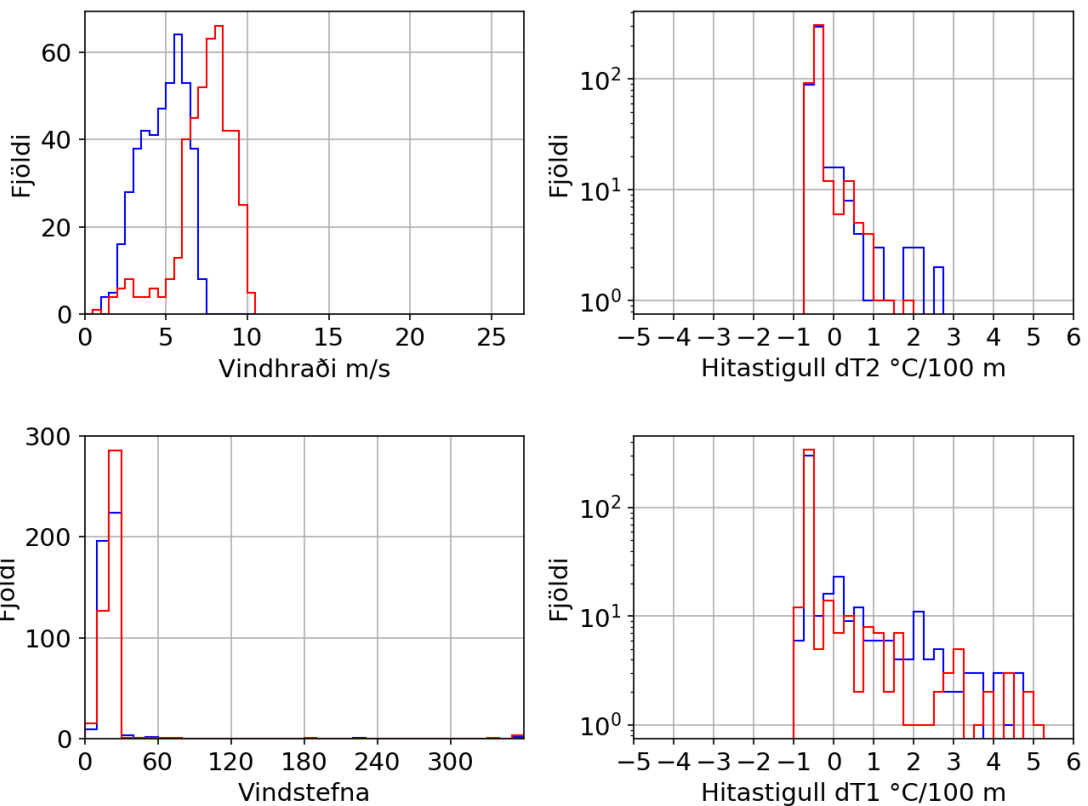
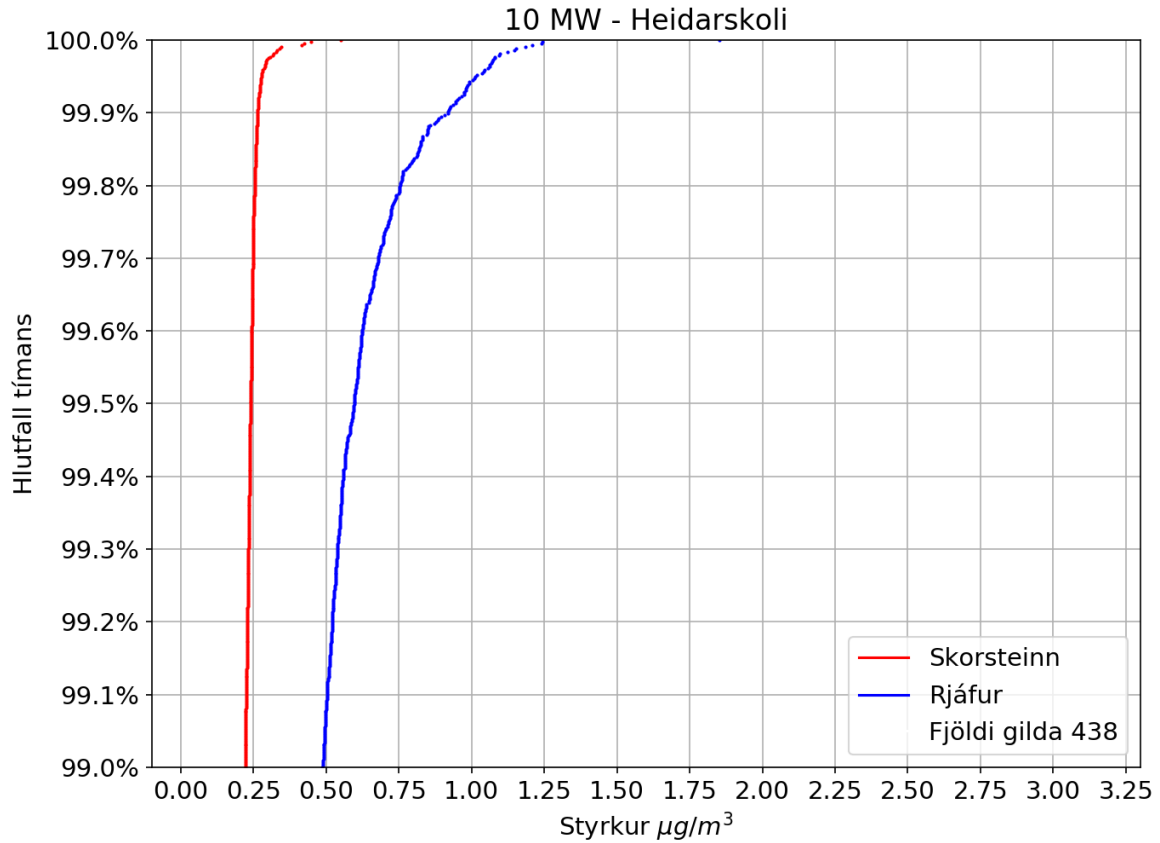
Mynd 14. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC fyrir núverandi (losað um rjáfur) og endurbætta (losað um skorstein) stöðu með einum ofni einni klukkustund eftir útslátt.



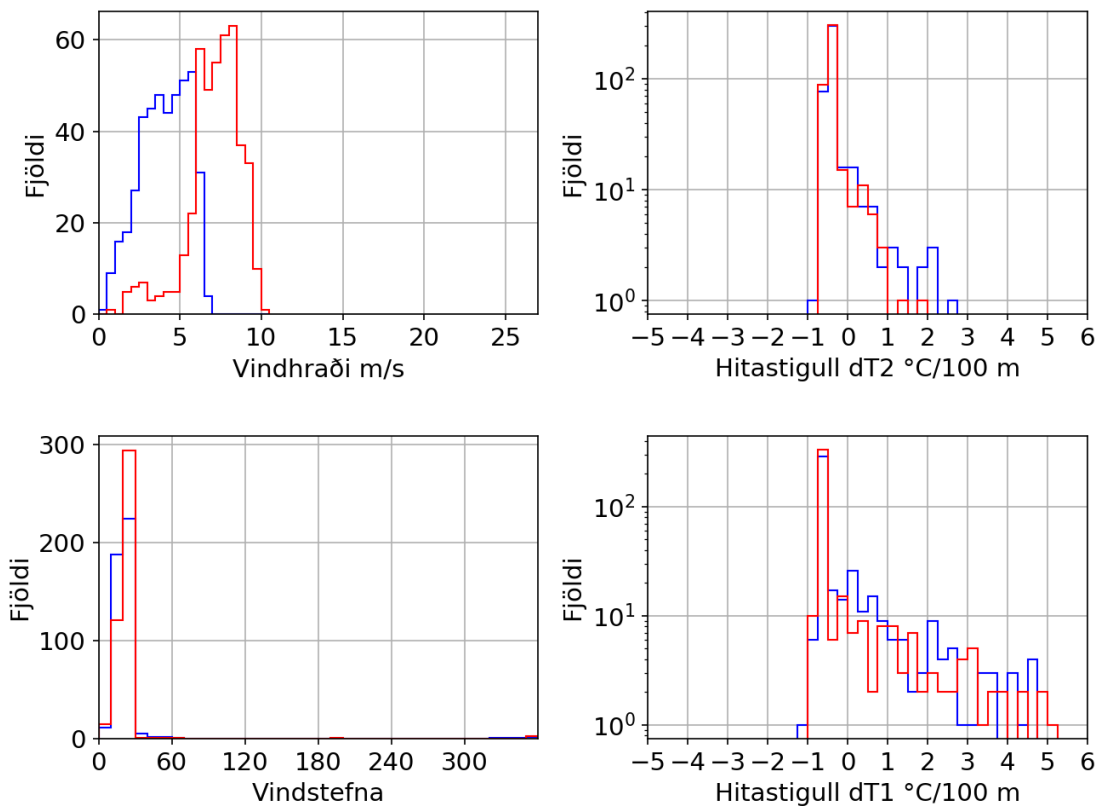
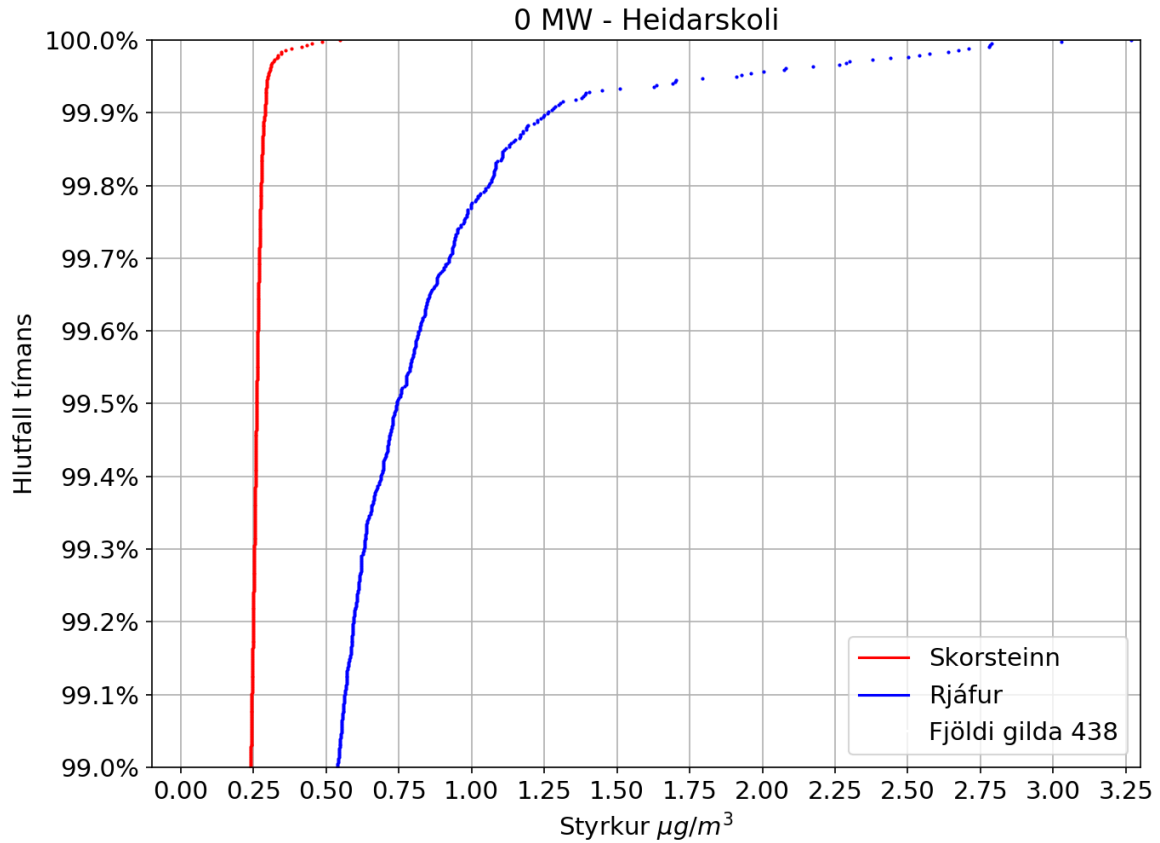
Mynd 15. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir ofn á fullu afli (efsta mynd). Sýnd eru gildi þegar styrkur er hærri en 0. Samantekt á veðuraðstæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.



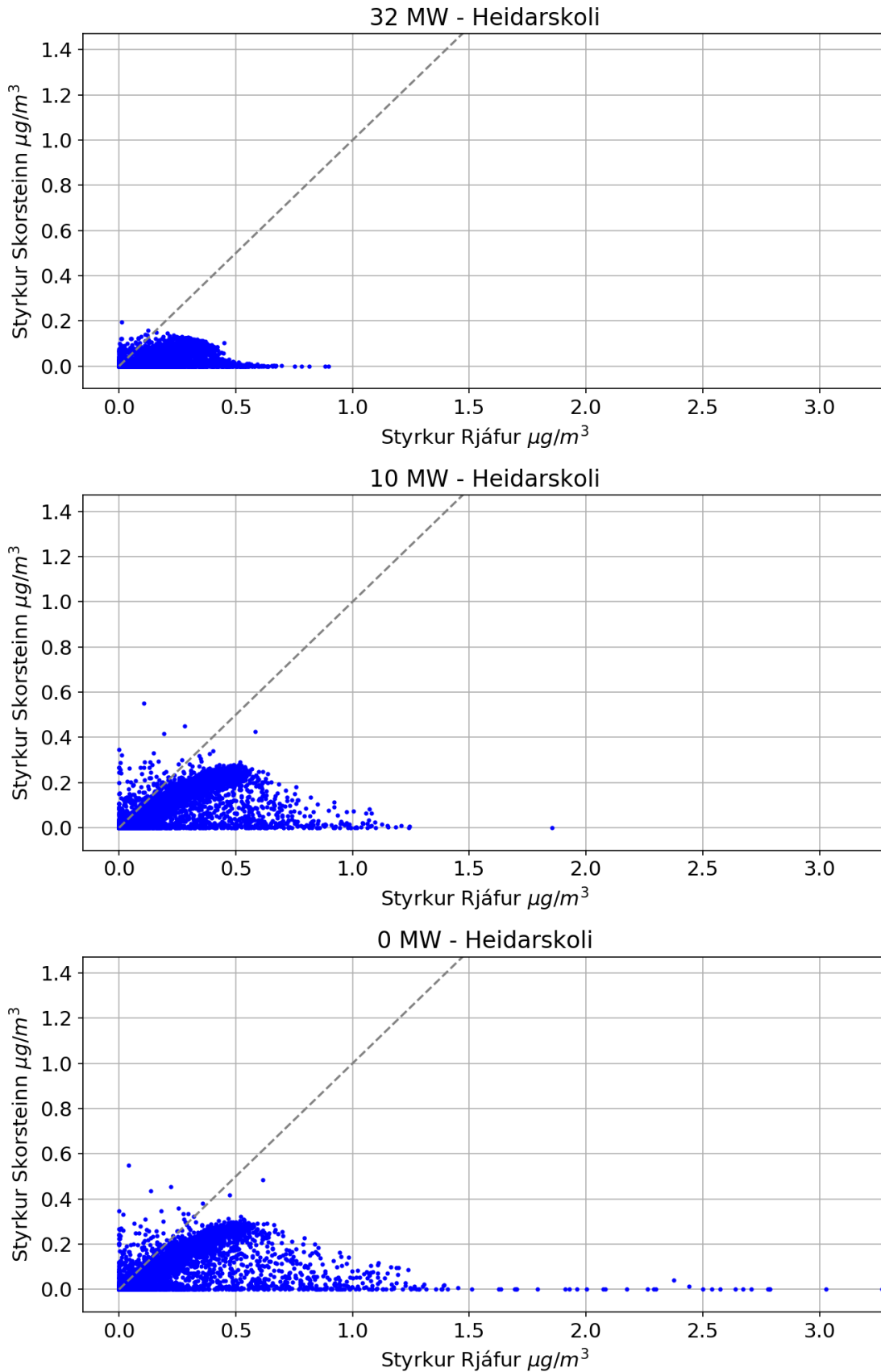
Mynd 16. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir ofn á fullu afli (efsta mynd). Sýnd eru 1% hæstu gildin. Samantekt á veðuráðstæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.



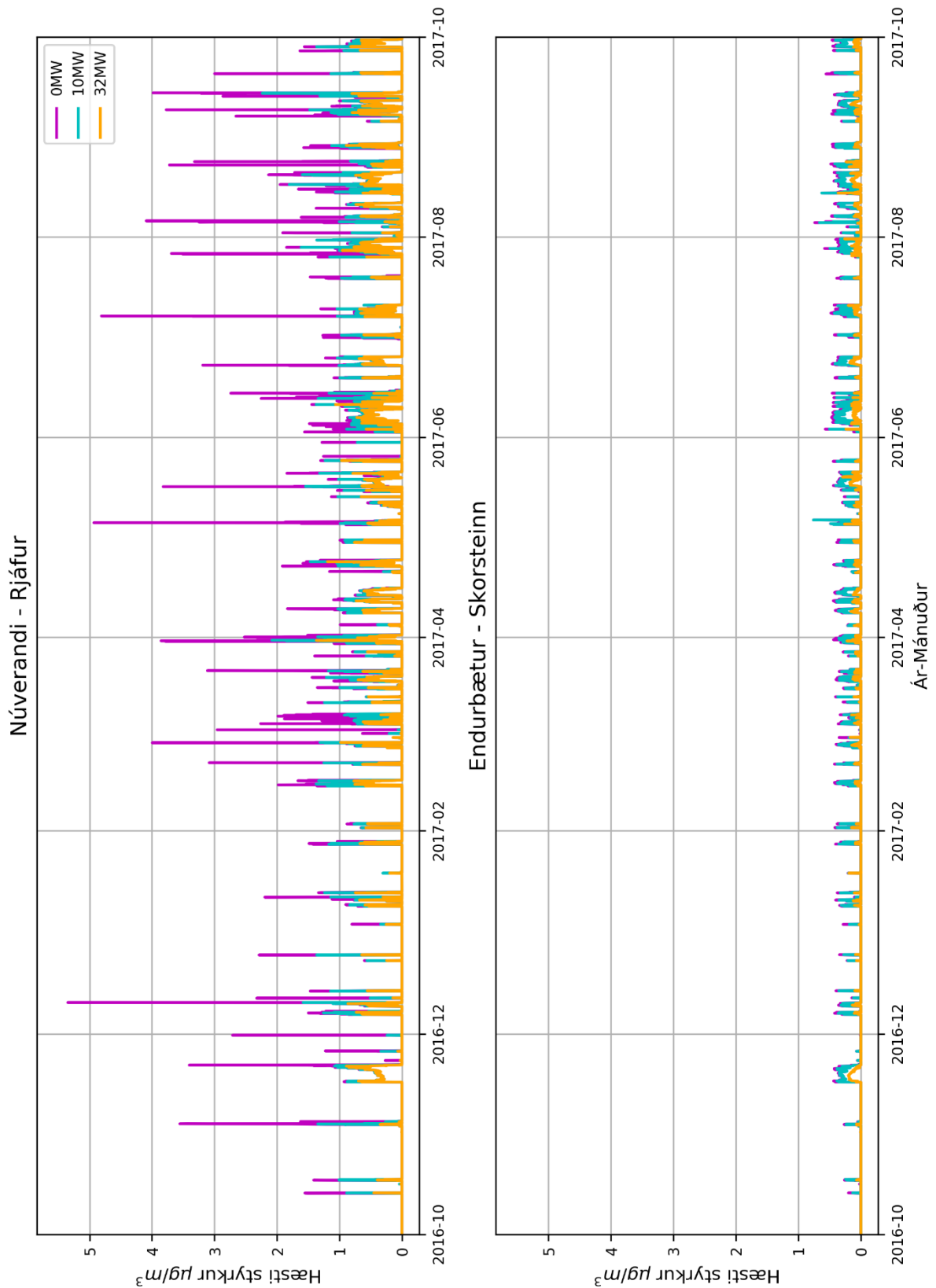
Mynd 17. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir ofn á skertu afli (efsta mynd). Sýnd eru 1% hæstu gildin. Samantekt á veðurastæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.



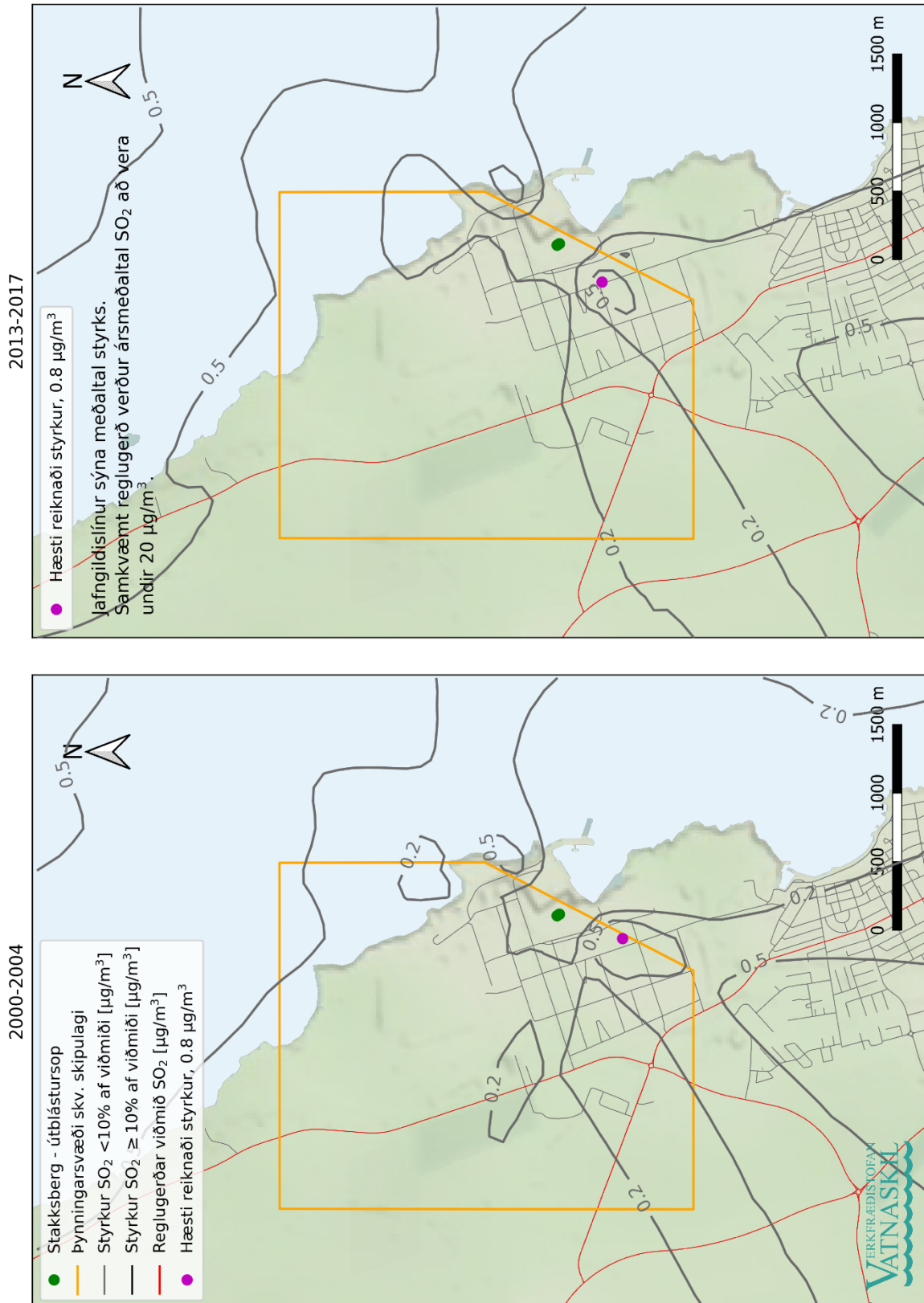
Mynd 18. Samanburður á tíðnidreifingu reiknaðs styrks við Heiðarskóla fyrir TVOC efni við núverandi og endurbætta stöðu fyrir tilvik einni klukkustund eftir útslátt á ofni (efsta mynd). Sýnd eru 1% hæstu gildin. Samantekt á veðuraðstæðum á sama tíma er sýnd á myndunum fyrir neðan.



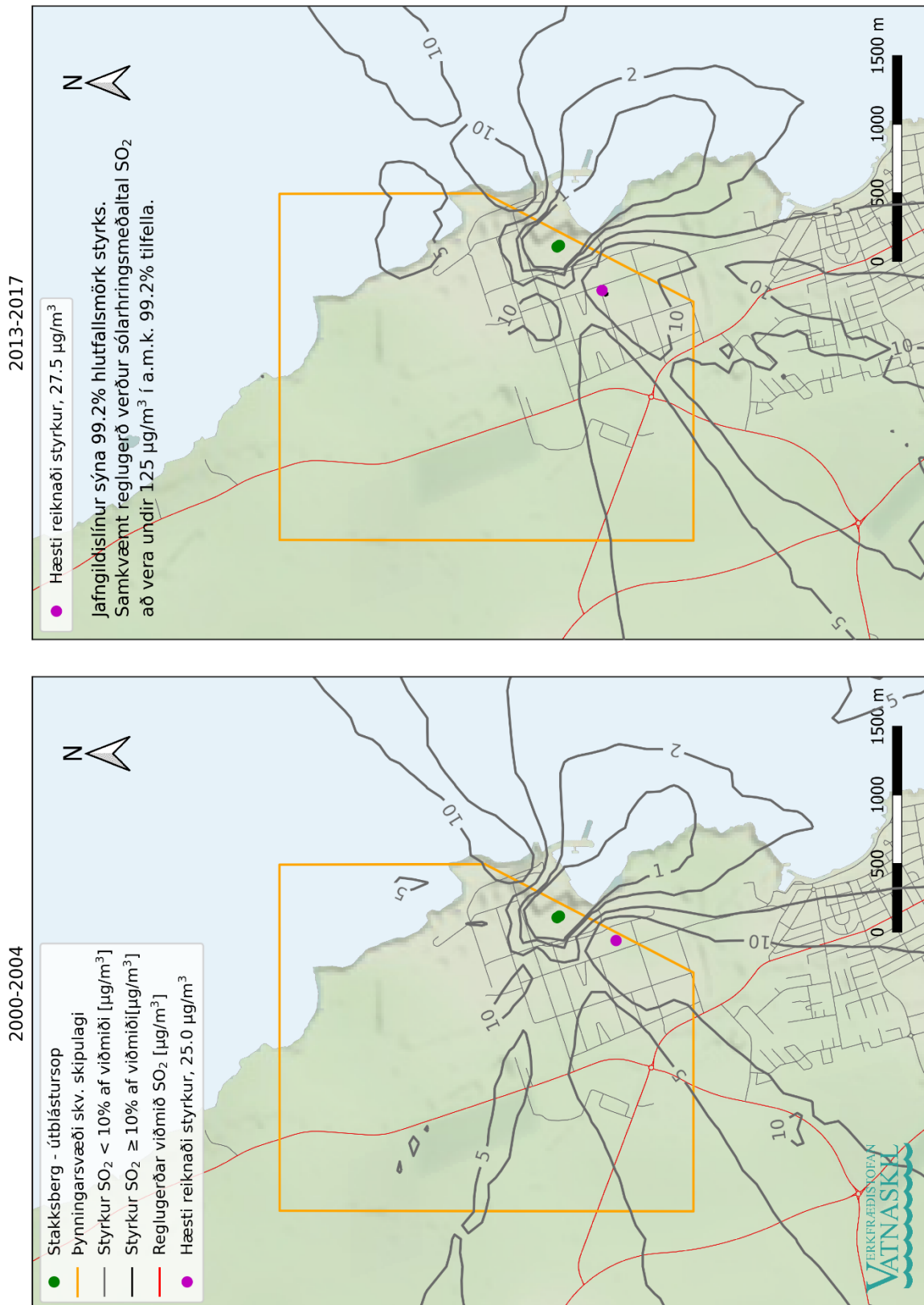
Mynd 19. Samanburður á reiknuðum styrk TVOC efna við Heiðarskóla á hverjum tíma, með núverandi (rjáfur) og endurbættri útfærslu útblástursmannvirkja við mismunandi rekstraraðstæður.



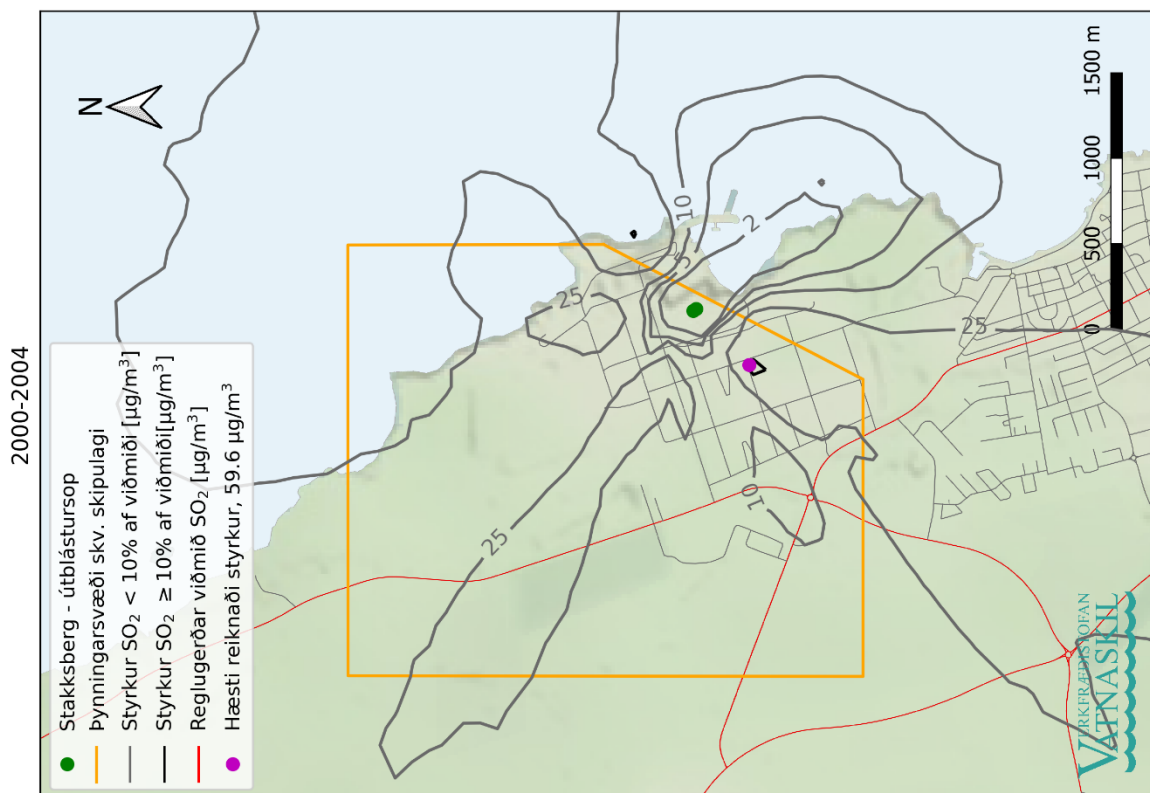
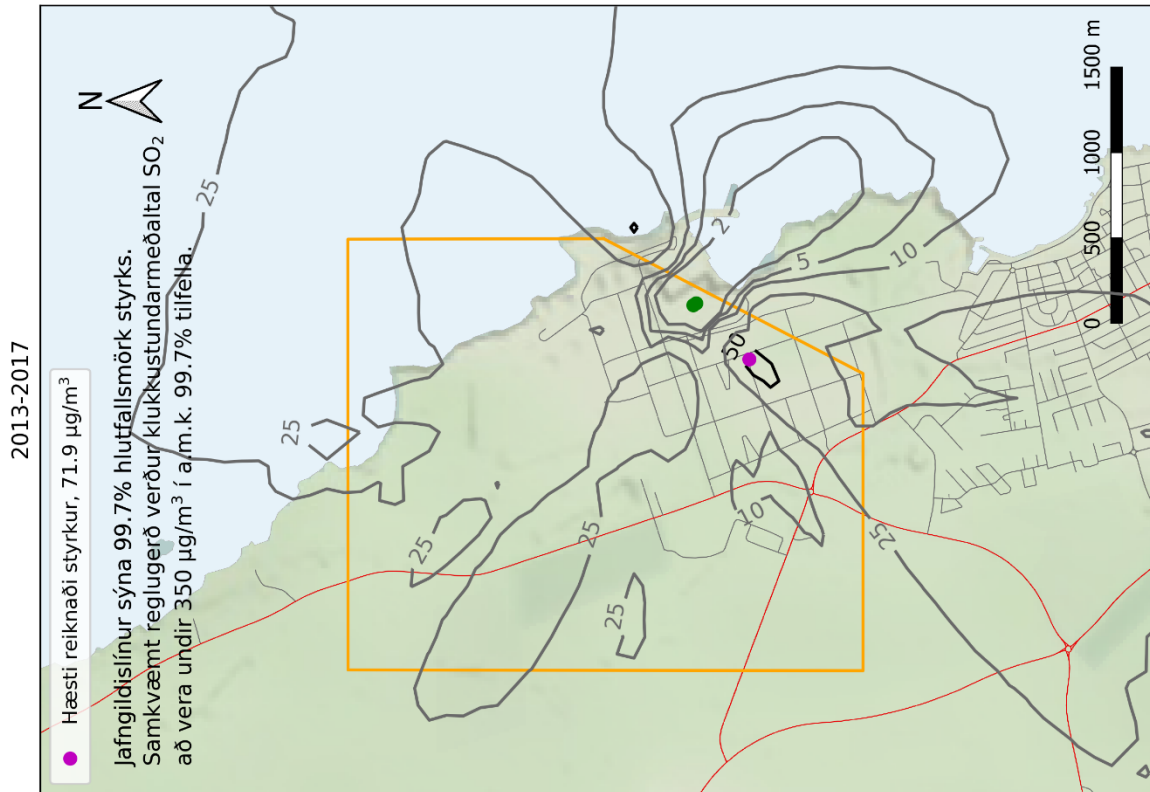
Mynd 20. Hæsti reiknaði styrkur TVOC í byggð Reykjanesbæjar á völdu tímabili fyrir 1 ár. Sýndur er hæsti reiknaði styrkur í Reykjanesbæ á hverjum tíma fyrir mismunandi afl á ofni fyrir núverandi (efri mynd) og endurbætta stöðu (neðri mynd). Báðar myndirnar hafa sama kvarða á lóðréttum ási.



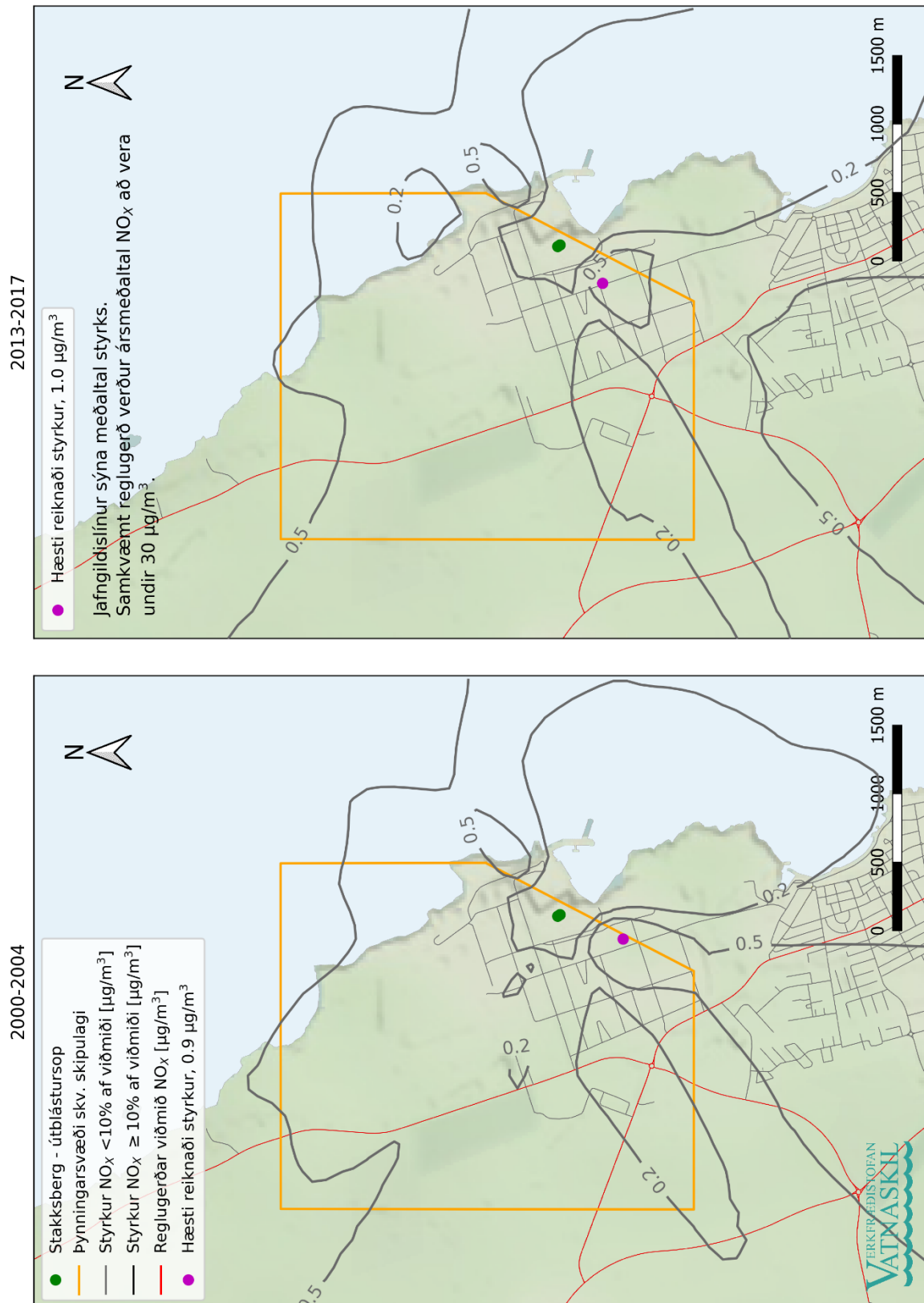
Mynd 21. Ársmeðaltal SO₂ reiknað yfir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.



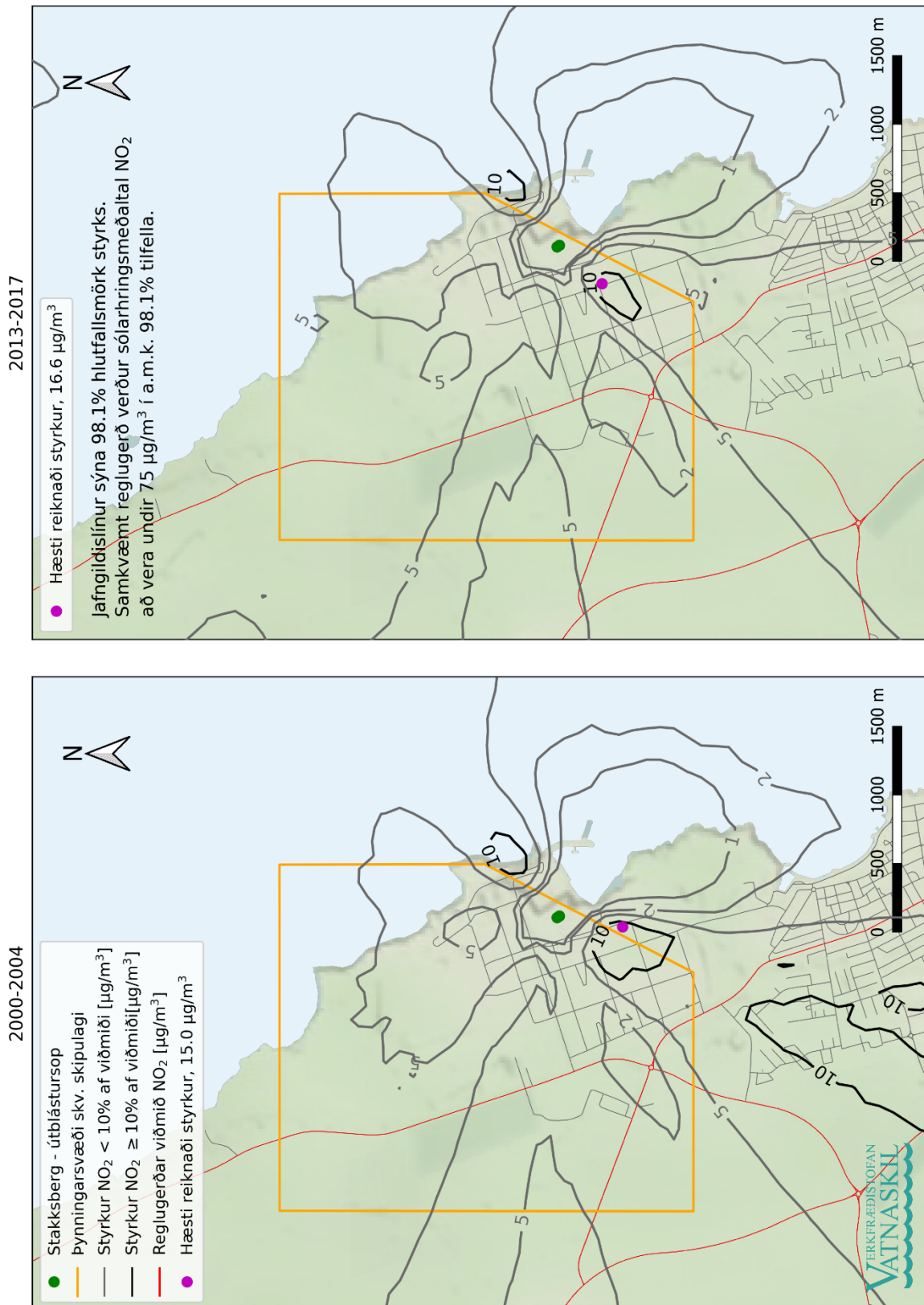
Mynd 22. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO_2 reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.



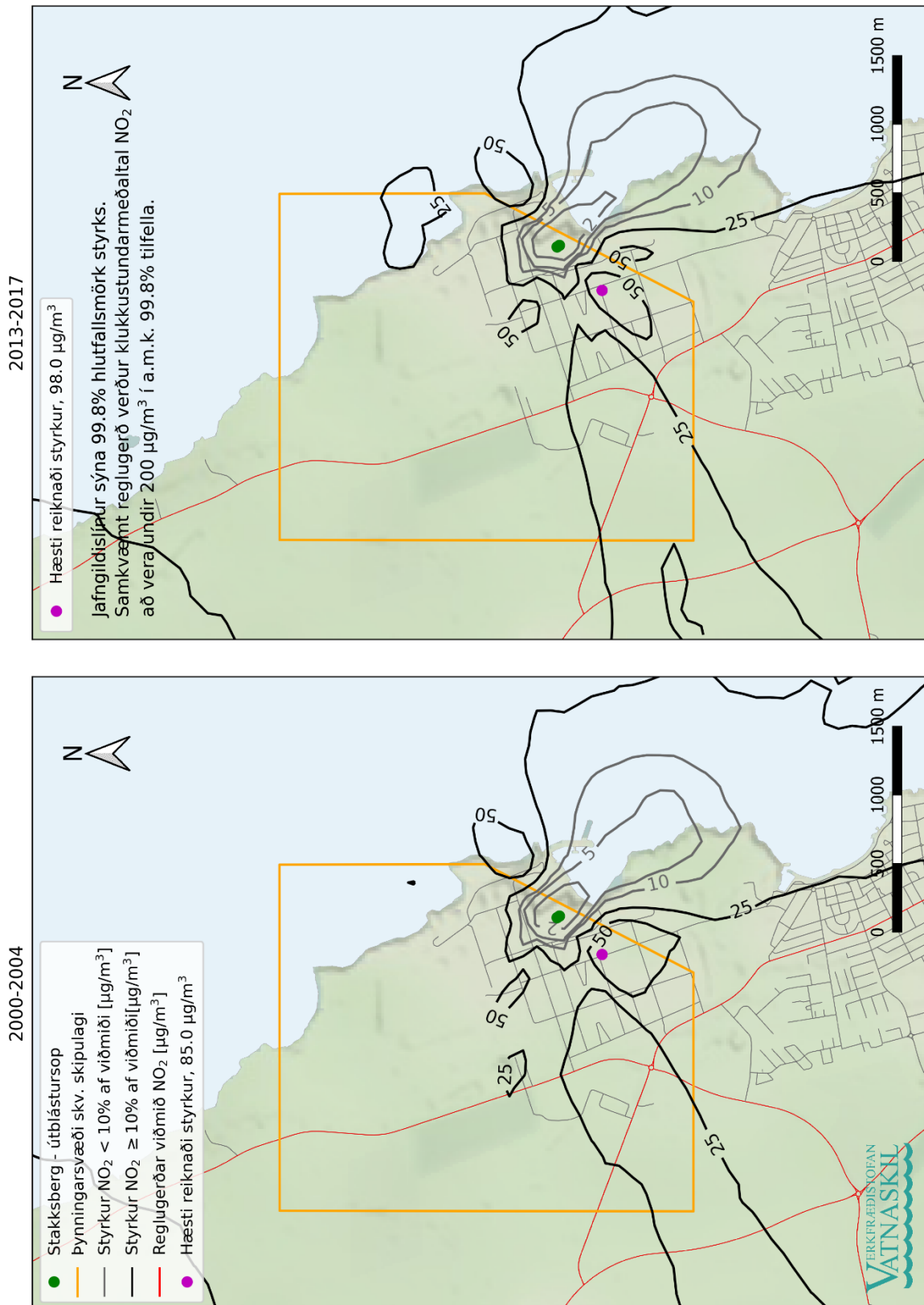
Mynd 23. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundargilda SO₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.



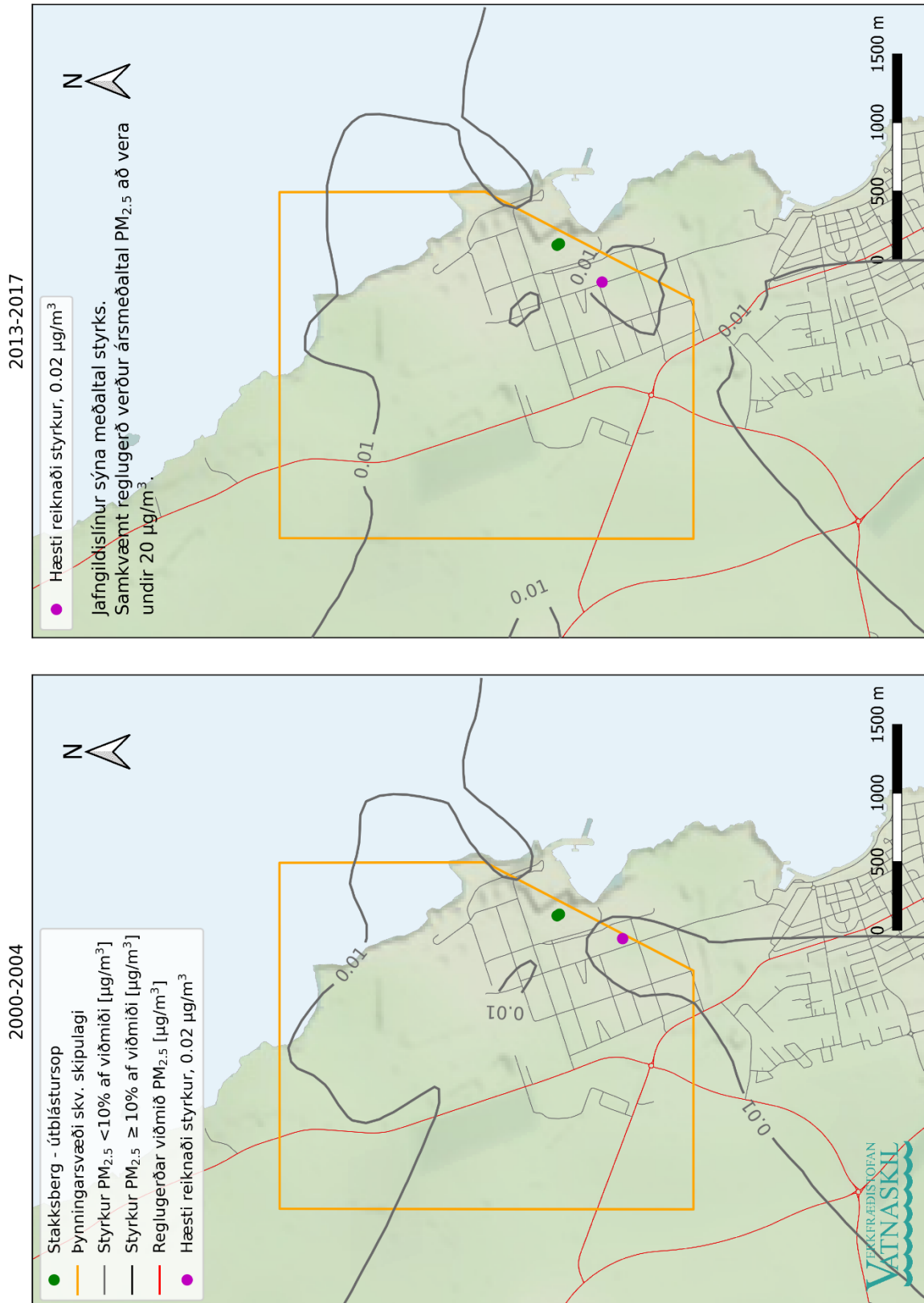
Mynd 24. Ársmeðaltal NO_x reiknað yfir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.



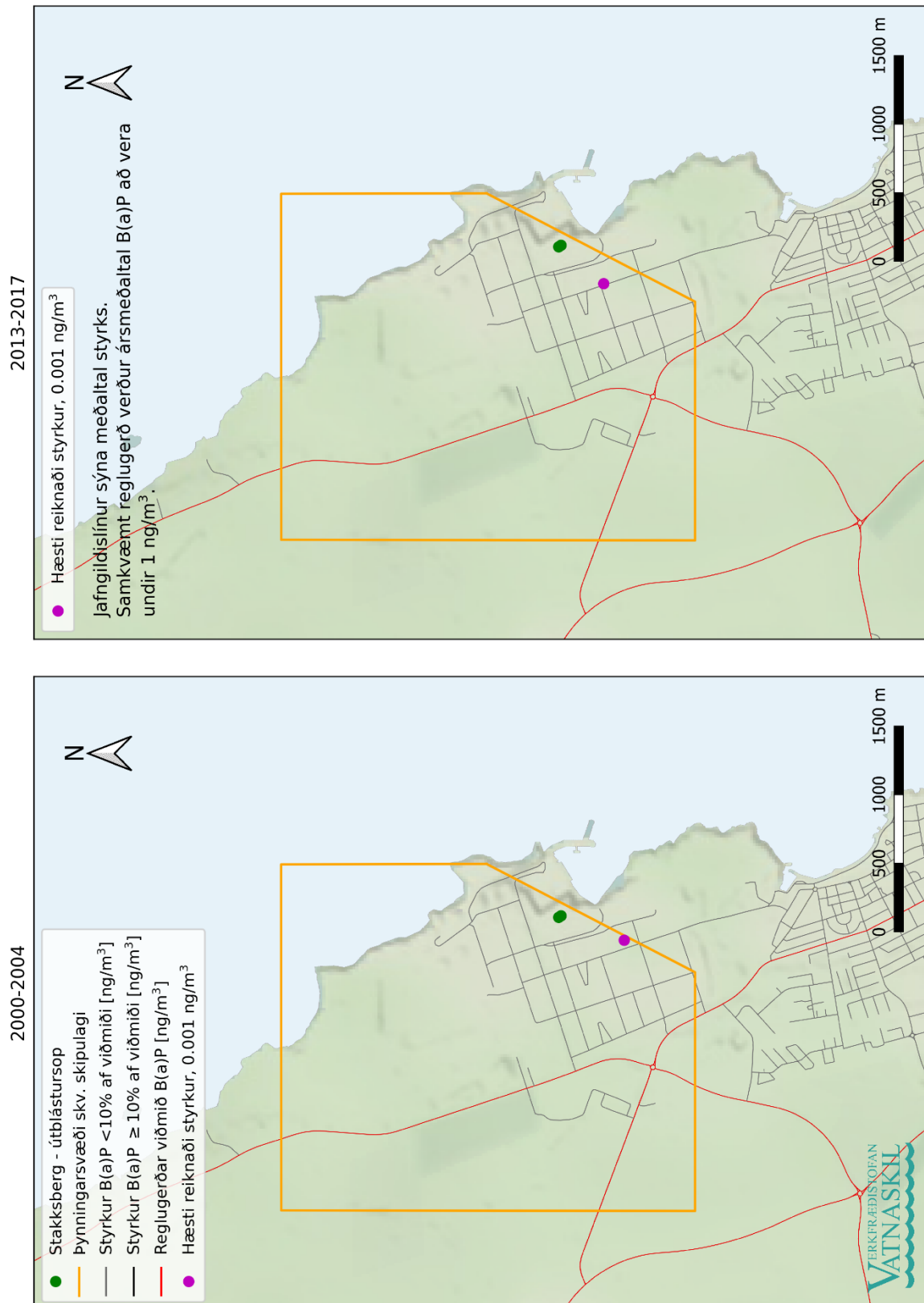
Mynd 25. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO_2 reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.



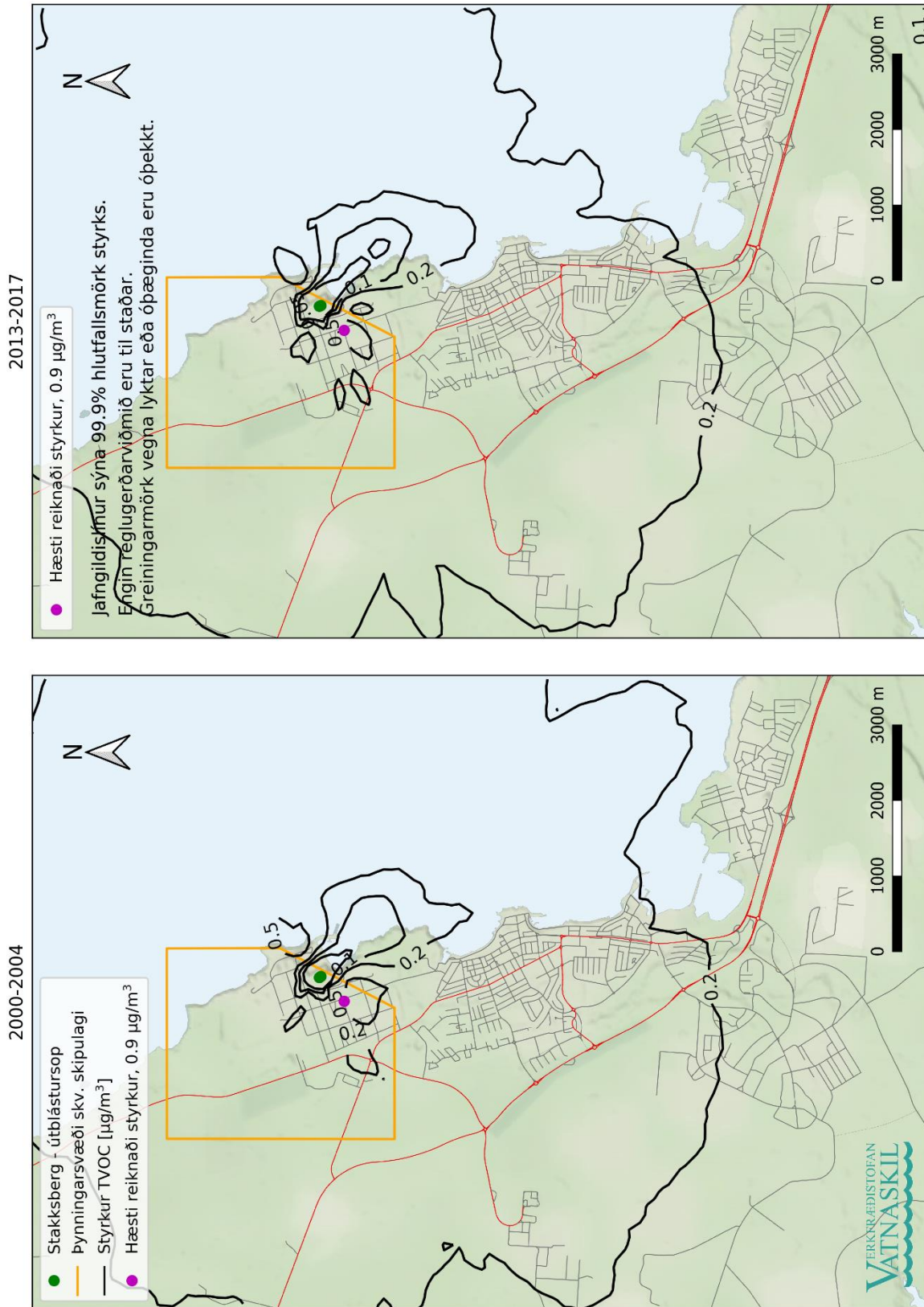
Mynd 26. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.



Mynd 27. Ársmeðaltal PM_{2.5} reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.

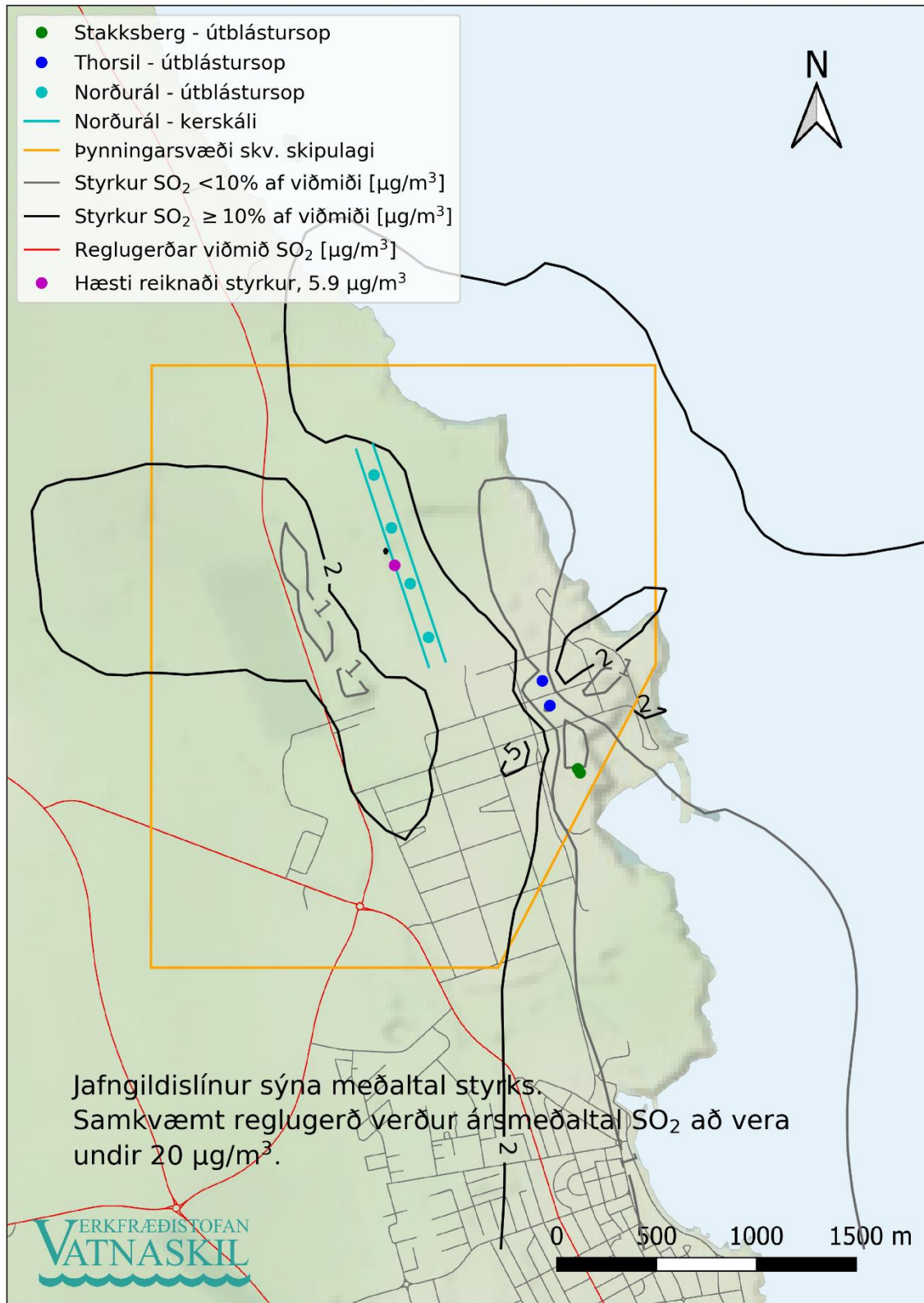


Mynd 28. Ársmeðaltal B(a)P reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Styrkur fyrir bæði tímabilin reiknast undir 1/100 af viðmiðunarmörkum reglugerðar og eru því engar jafngildislínur dregnar.

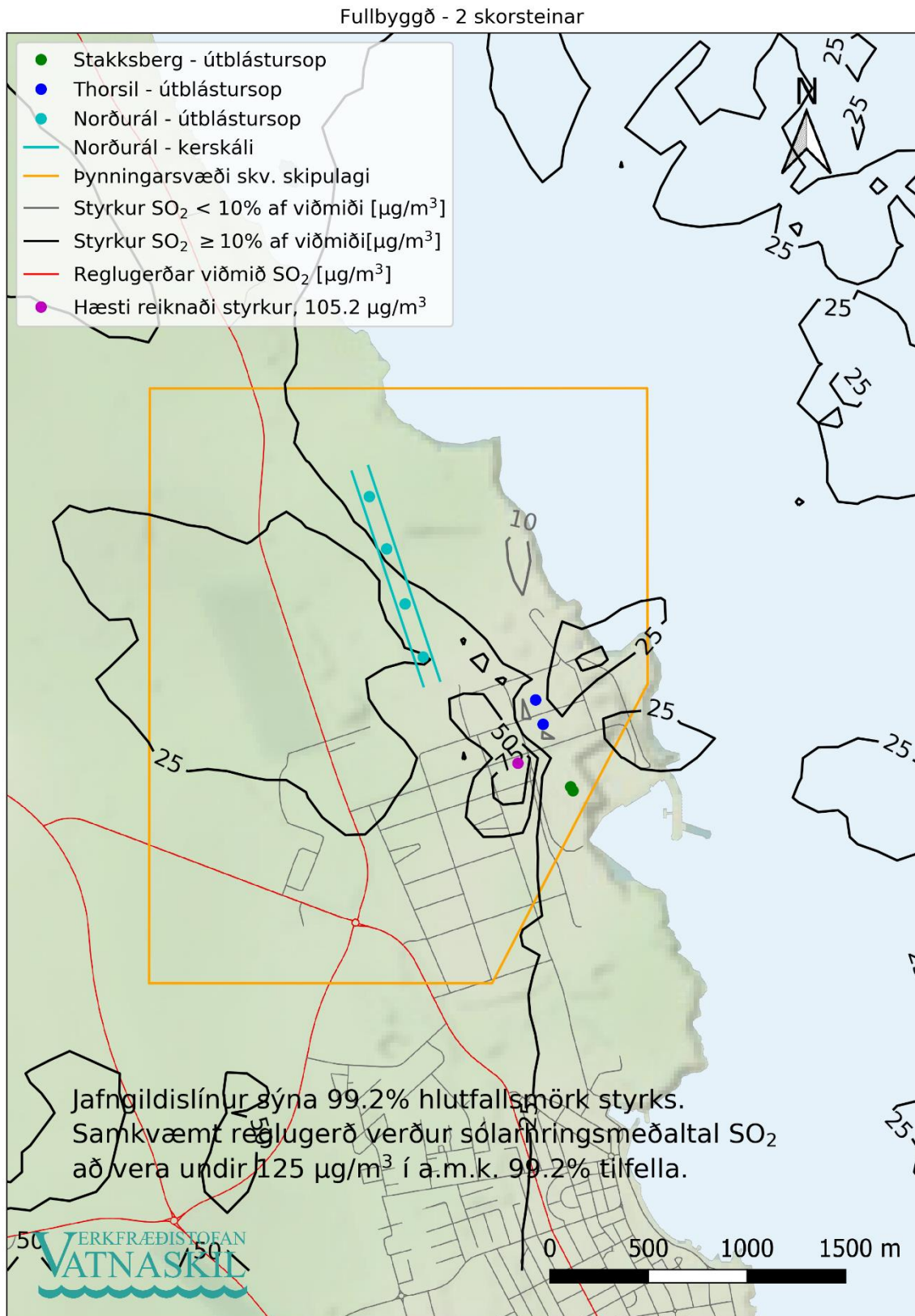


Mynd 29. 99,9% hlutfallsmörk klukkustundargilda TVOC reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 annars vegar og 2013 – 2017 hins vegar fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina.

Fullbyggð - 2 skorsteinar

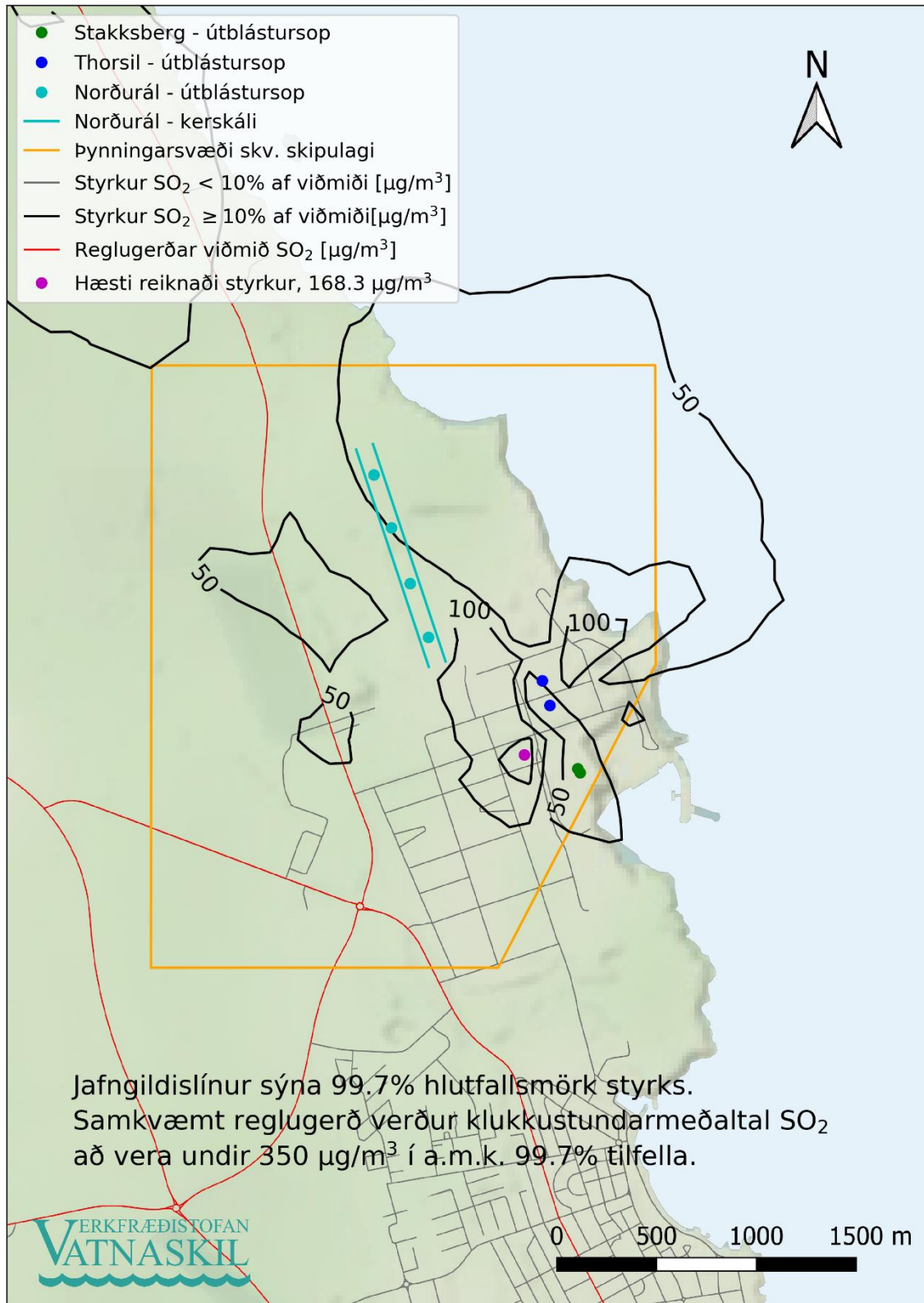


Mynd 30. Ársmeðaltal SO₂ reiknað yfir tímabilið 2000 - 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhuguðu álveri Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil.

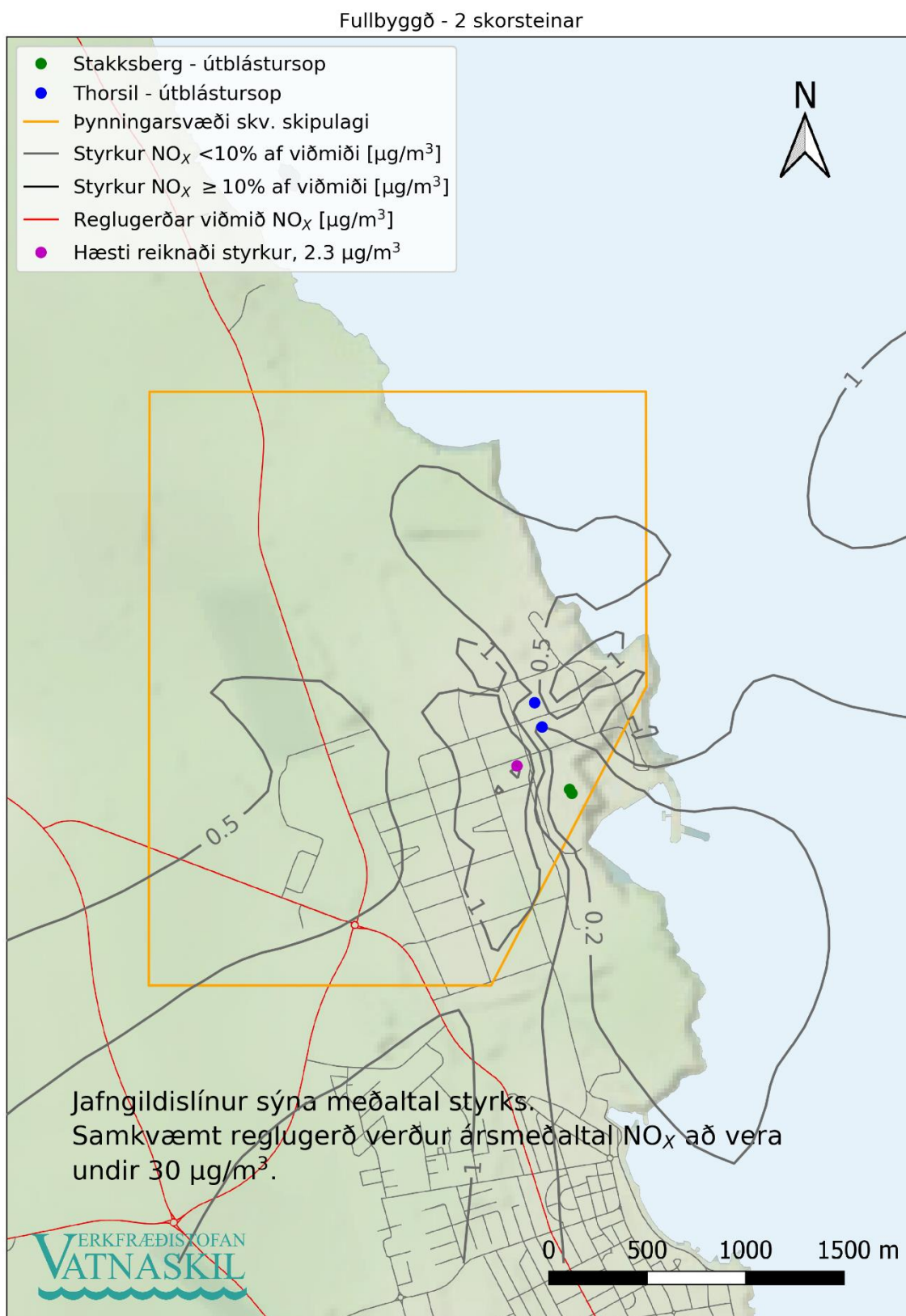


Mynd 31. 99,2% hlutfallsmörk sólarhringsgilda SO₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhuguðu álveri Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil.

Fullbyggð - 2 skorsteinar

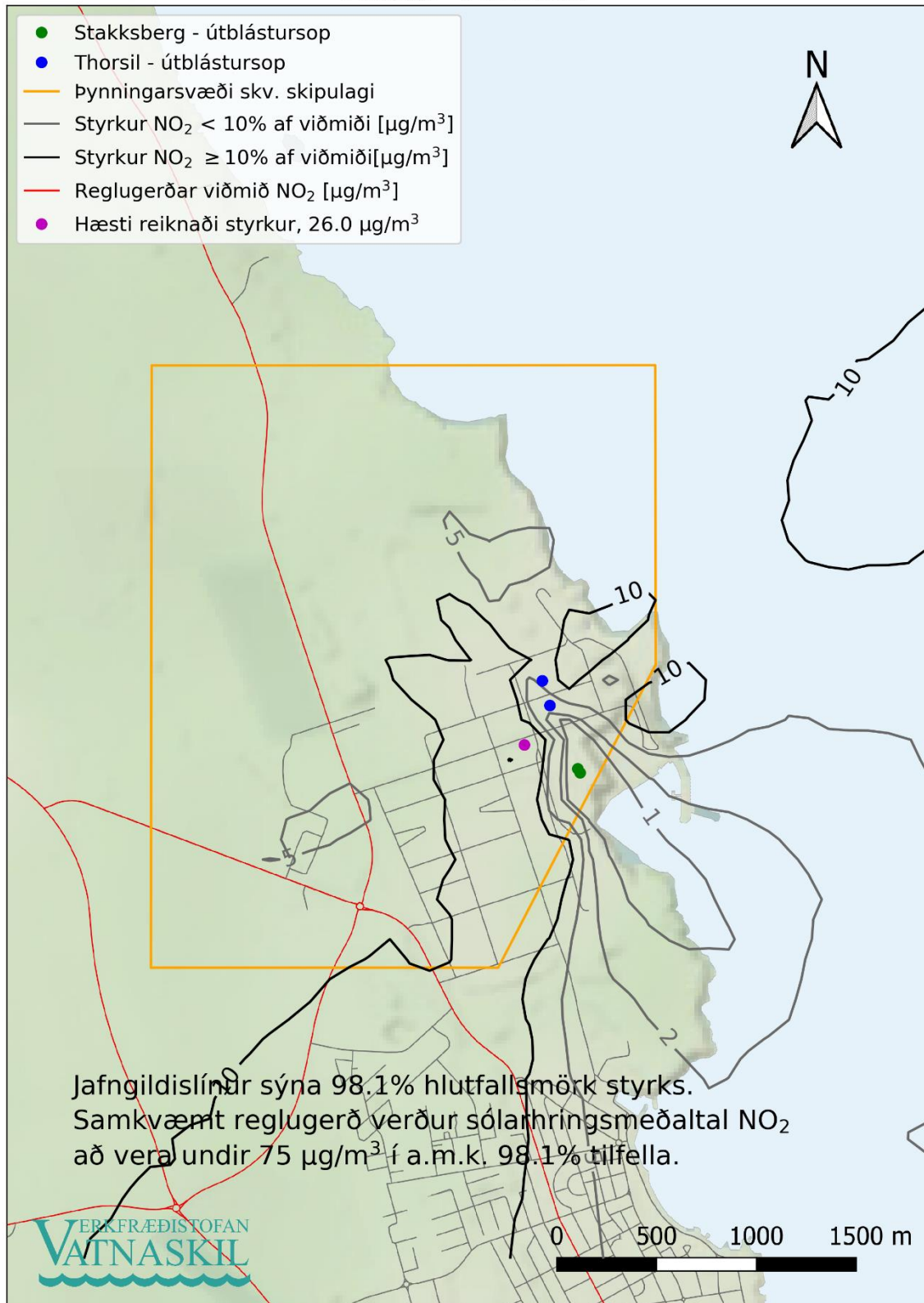


Mynd 32. 99,7% hlutfallsmörk klukkustundagilda SO₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhuguðu álveri Norðuráls og kísilmálmverksmiðju Thorsil.



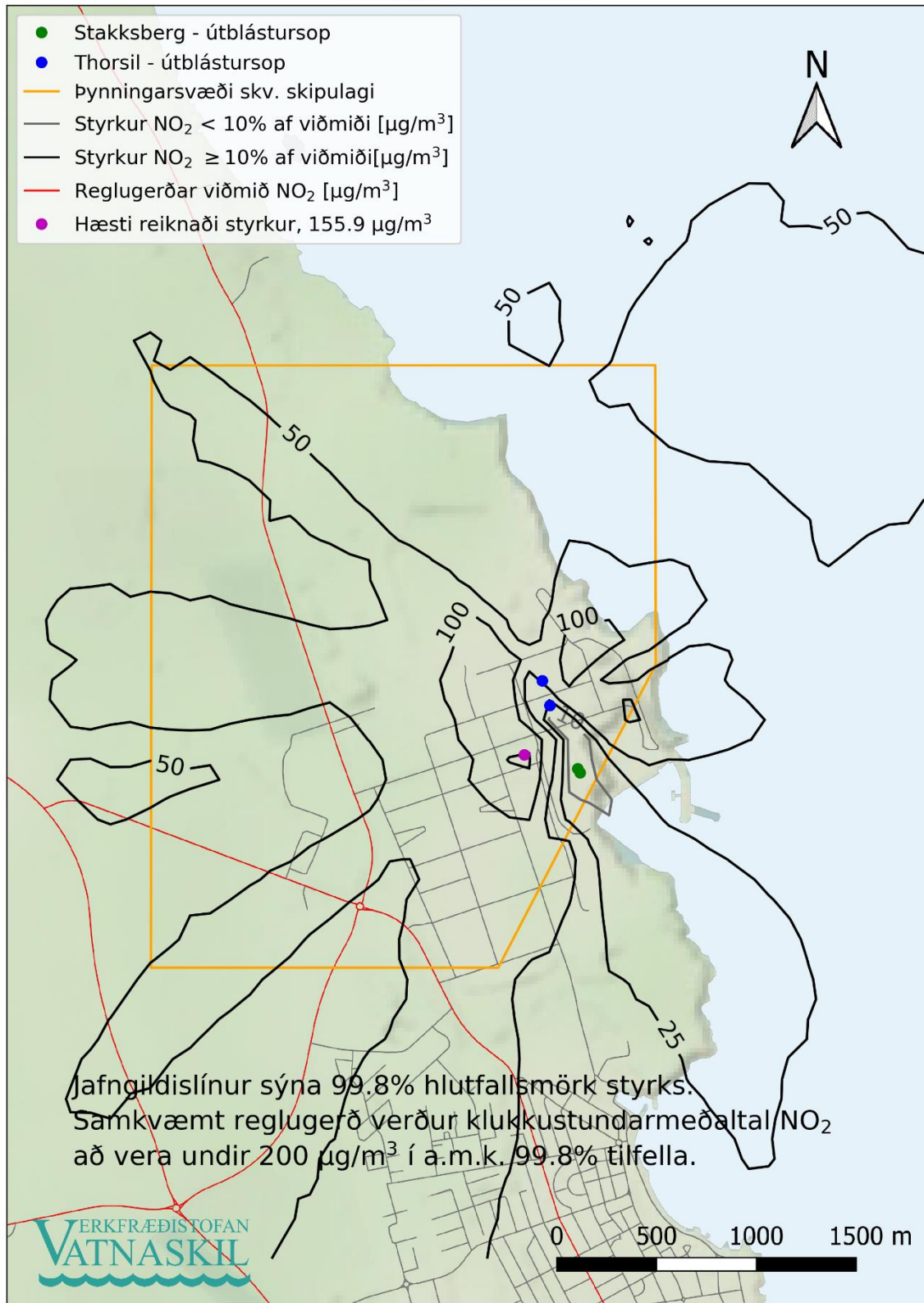
Mynd 33. Ársmeðaltal NO_x reiknað yfir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.

Fullbyggð - 2 skorsteinar



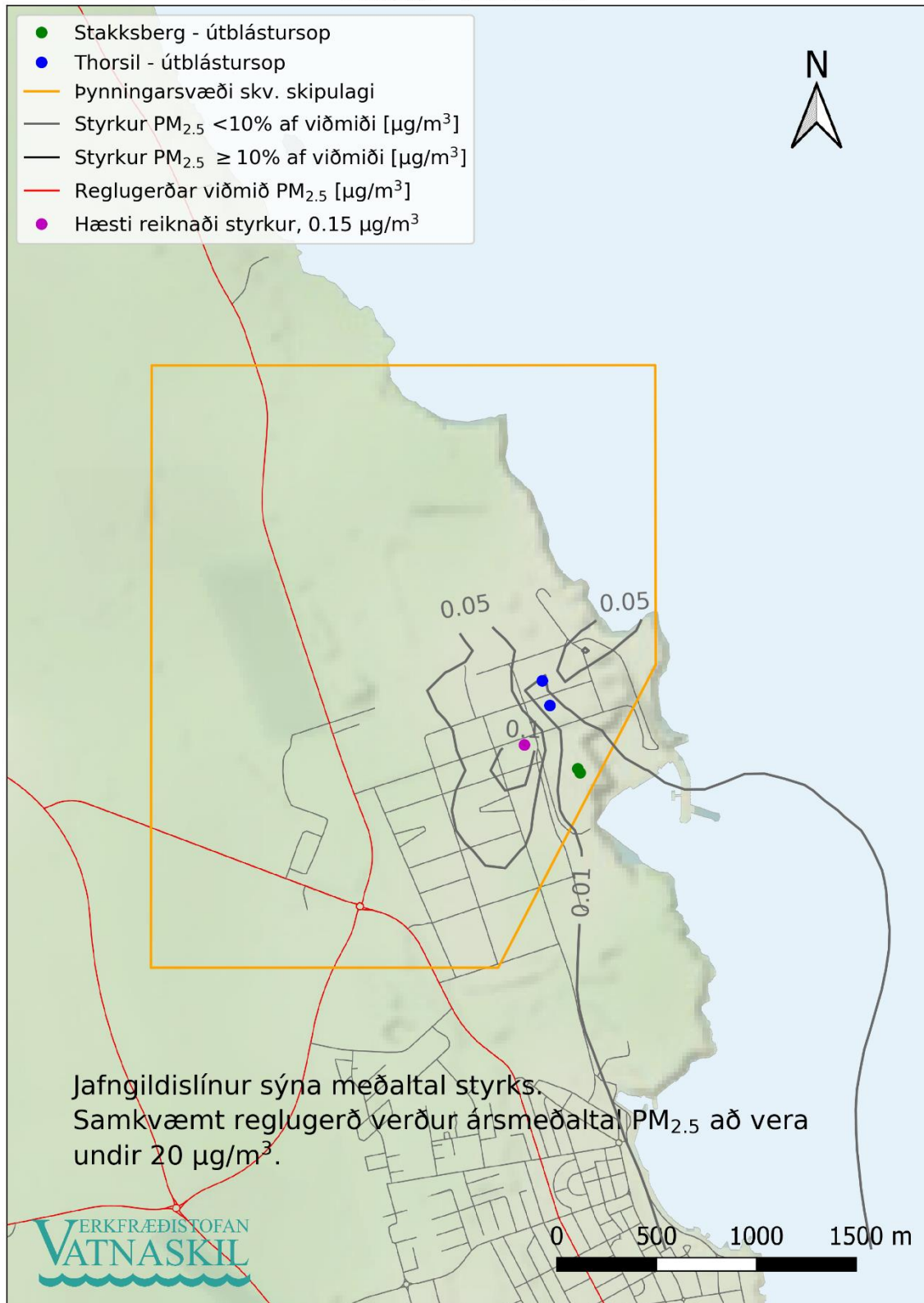
Mynd 34. 98,1% hlutfallsmörk sólarhringsgilda NO_2 reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.

Fullbyggð - 2 skorsteinar

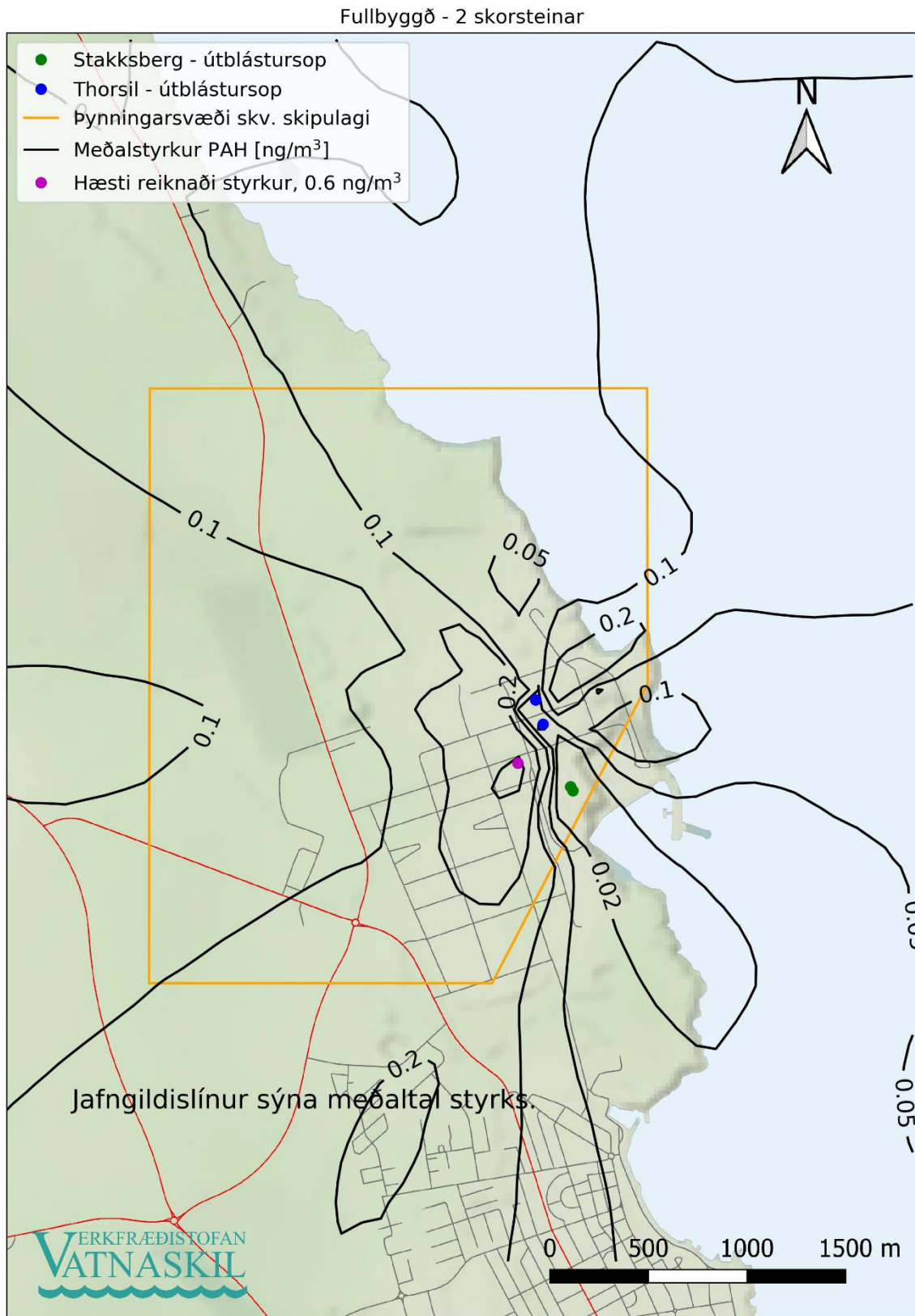


Mynd 35. 99,8% hlutfallsmörk klukkustundargilda NO₂ reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.

Fullbyggð - 2 skorsteinar



Mynd 36. Ársmeðaltal svifryks (sem $PM_{2.5}$) reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðarstöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með svifryki (sem PM_{10}) frá fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil.



Mynd 37. Ársmeðaltal PAH reiknað fyrir tímabilið 2000 – 2004 fyrir framtíðar stöðu með fjórum ofnum og losað um tvo skorsteina. Samlegð með fyrirhugaðri kísilmálmverksmiðju Thorsil. Ef gert er ráð fyrir að hlutfall B(a)P af PAH sé 1% fyrir bæði iðjuverin reiknast styrkur undir viðmiðum reglugerðar.