

# Áhrif eldsvoða á umhverfið

Óskar Þorsteinsson, byggingartæknifræðingur  
Verkfræðistofan Mannvit, Grensásvegi 1, 108 Reykjavík.  
Fyrirspurnir: oskart@mannvit.is

## Formáli

Þann 22. nóvember árið 2004 var Slökkvilið höfuðborgarsvæðisins kallað að Klettagörðum í Reykjavík. Eldur hafði komið upp í stálgrindarskemmu á lóð endurvinnslufyrirtækisins Hringrásar og læst sig í dekkjahaug sem var við hlið skemmunar. Mikill eldur var í dekkjahaugnum og þykkur reyk lagði frá honum þegar slökkviliðið kom á staðinn. Áætlað er að um 20.000 m<sup>3</sup> af tættum og heilum dekkjum hafi verið í samfelldum haug á lóðinni [1]. Samkvæmt upplýsingum frá Umhverfissviði Reykjavíkurborgar er talið að um 3.000 m<sup>3</sup> af dekkjum hafi brunnið í þessum eldsvoða eða um 15% af heildarmagni dekkja.

Samkvæmt úttekt Mannvirkjastofnunar (áður Brunamálastofnunar) [2] var tilkynnt um eld klukkan 21:42 þann 22. nóvember. Áætlað er að eldurinn sem olli mestum reyk hafi verið slökktur um klukkan 18:00 þann 23. nóvember eða um 20 klukkutímum síðar. Upptök þessa eldsvoða má rekja til rafmagns.

Mikinn reyk lagði mestan tímann til suðvesturs og vestsuðvesturs þegar á brunann leið. Um nóttina var mikill eljagangur og sterkur vindur. Reykinn lagði yfir íbúðabyggð og á tímabili var óttast að hann bærist yfir hjúkrunarheimilin Hrafnistu og Skjól. Rýma þurfti fjölbýlishús við Kleppsvæg. Samhæfingarstöð almanna varna var virkjuð og fjöldahjálparmiðstöð opnuð í Langholtsskóla. Um tvö hundruð manns komu í fjöldahjálparmiðstöðina og um sexhundruð manns höfðu samband og skráðu sig hjá Rauða krossinum, samkvæmt frétt Morgunblaðsins daginn eftir [3]. Mikill fjöldi sjálfbodaliða og sérfræðinga var við störf þann tíma sem slökkvistarfið tók. Á þriðja tug starfsmanna frá Rauða krossinum tók á móti fólki. Á staðnum voru lækningar og hjúkrunarlið, auk 86 manna í 13 björgunarsveitarbifreiðum frá Slysavarnafélaginu Landsbjörg. Björgunarsveitarfólkið var bæði til aðstoðar lögreglu og á fjöldahjálparstöðinni. Nær allt starfsfólk Slökkviliðs höfuðborgarsvæðisins, þar af um 130 slökkviliðsmenn, unnu að þessu verkefni á einn eða annan hátt. Stór hluti lögregluhlíðs höfuðborgarsvæðisins vann einnig að þessu verkefni. Bruninn hafði áhrif á stórt svæði í nágrenninu. Kennsla féll meðal annars niður í Langholtsskóla og Laugarlækjarskóla, auk þess sem einhver fyrirtæki voru lokuð í einn eða fleiri daga vegna brunans. Við slökkvistarfið slasaðist einn maður á hendi og fjórir slökkviliðsmenn fengu reykeiðrun og lungnabólgu í kjölfarið, samkvæmt úttekt Mannvirkjastofnunar [2]. Staðfest tjón varð í atvinnufyrirtækjum í nágrenninu við brunann. Einnig þurfti víða að rýma fyrirtæki og þar með lá starfsemi þeirra niðri um tíma með tilheyrandi tjóni. Kostnaður Slökkviliðs höfuðborgarsvæðisins vegna slökkvistarfs er metinn á rúmar 83 Mkr. á verðlagi í mars 2014 [1]. Annar kostnaður sem hlaust af þessum eldsvoða hefur ekki verið metinn. Þetta er dæmi um atburð sem er slæmur fyrir samfélagið.

Aðfararnótt 12. júlí 2011 kviknaði aftur í dekkjum á sama stað hjá Hringrás. Mikinn reyk lagði frá þessum eldsvoða í um það bil fjórar klukkustundir eða frá klukkan 03:00 til klukkan 07:00 um morguninn. Vindátt var hagstæð allan tímann með tilliti til íbúðabyggðar og atvinnustarfsemi í nágrenninu og lagði reykinn á haf út [4]. Áhrif þessa bruna voru lítil sem engin á samfélagið en hefðu getað orðið mikil hefði vindátt verið óhagstæð.

## Ný skipulagsreglugerð

Í nýrri skipulagsreglugerð 90/2013 [5] sem tók gildi í byrjun árs 2013 segir í gr. 4.5.1: „Gera þarf grein fyrir hugsanlegum áhrifum land-

notkunar á landnotkun aðliggjandi svæða svo sem vegna lyktar, hávaða, óþrifnaðar, mengunar eða hættu fyrir heilsu og öryggi almennings“. Samkvæmt þessu þarf að gera grein fyrir áhrifum landnotkunar á nágrennið meðal annars með tilliti til heilsu og öryggis almennings. Mögulegur eldsvoði í miklu magni af brennanlegu efni kallar á greiningu á afleiðingum slíks atburðar. Í þessu ljósi er áhugavert að fara yfir þá eldsvoða sem urðu á lóð Hringrásar og skoða hvort slík starfsemi sé ásættanleg á þessum stað. Rétt er að taka fram að þó að hér séu þessir eldsvoðar sérstaklega til umfjöllunar þá er ýmis önnur starfsemi í þéttbýli sem ekki síður væri þörf á að skoða með tilliti til brunaöryggis. Einnig er rétt að geta þess að gerðar hafa verið verulegar úrbætur á brunavörnum hjá Hringrás.

## Áhrif reyks vegna eldsvoða

Þegar leggja á mat á afleiðingar eldsvoða og reyks frá honum eru margir þættir sem geta haft áhrif. Eftirfarandi þrjú atriði skipta miklu máli þegar áhrif á umhverfi eru metin:

- Eituráhrif frá reyknum.
- Áhrif veðurs á dreifingu reyksins.
- Slökkvistarf, hversu langan tíma tekur að slökkva.

## Eituráhrif

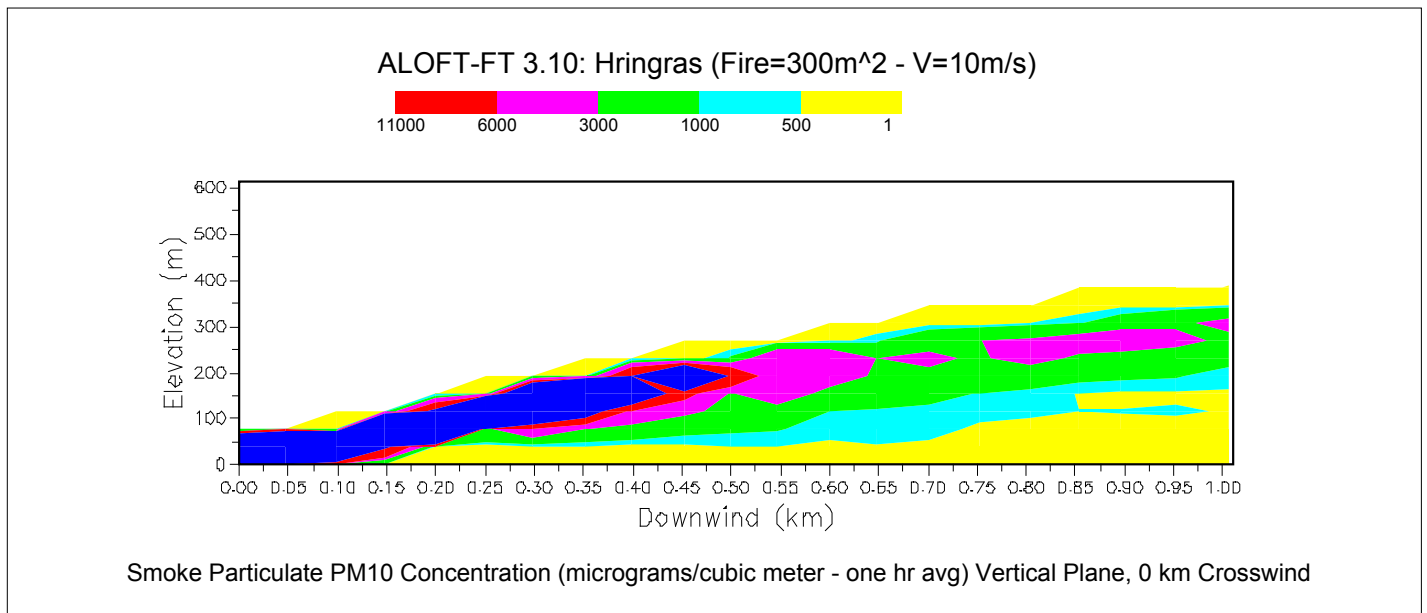
Reykur vegna eldsvoða í dekkjahaugum er mjög sótugur og inniheldur mikið af svífryki og ýmsum hættulegum efnum. Þar á meðal eru koldíoxíð, kolmónoxíð og brennisteinsdíoxíð. Svífryk PM10, (Particulate Matter <10µm) er það sem berst lengst með reyknum í skaðlegu magni. Það dregur hraðar úr styrk annarra efna við uppblöndun við ferskt loft og verða þau þannig hættuminni.

Þau efni sem sem fjallað er nánar um hér, þar á meðal útbreiðslu þeirra með reyknum, eru eftirfarandi:

- Svífryk PM10. Viðmiðunarmörk 11.000ppm, (parts per million). Við þessi mörk er PM10 talið valda bráðum einkennum sérstaklega í öndunarfærum hjá flestum.
- CO<sub>2</sub> eða koldíoxíð. Viðmiðunarmörk 18.000ppm. Öndunartíðni eykst um 50%.
- CO eða kolmónoxíð. Viðmiðunarmörk 200ppm. Flestir fá höfuðverk eftir 2-3 tíma og meðvitundarleysi getur orðið eftir 4-5 tíma.
- SO<sub>2</sub> eða brennisteinsdíoxíð. Viðmiðunarmörk 6ppm. Særindi í nefi og öndunarfærum.
- Benzo(a)pyrene. Viðmiðunarmörk 0,03ppm. Krabbameinsvaldandi efni.

Skaðlegt magn eiturefna í reyk getur verið mismunandi og fer mikið eftir því hversu lengi fólk þarf að vera í reyknum. Ofantalin mörk miðast við að þeir sem lenda í reyknum verði fyrir bráðum einkennum. Viðmiðunarmörkin eru þau sömu og notuð eru í sænskri skýrslu „Riskanalys– Brandrisiker vid hantering av fordonsdäck för återvinning“ [6].

Til að áætla hversu langt eiturefni í reyknum geta borist var notað reikniforritið ALOFT-FT. Þrátt fyrir að útreikningarnir séu háðir óvissu gefa þeir samt nokkuð góða vísbendingu um hvernig dreifing eiturefna með reyknum getur orðið. Mynd 1 sem er tekin úr forritinu ALOFT-FT sýnir útbreiðslu svífryks, PM10, frá bruna í 1000 m<sup>3</sup> dekkjahaug miðað við 10 m/s vindhraða.



Mynd 1. Útbreiðsla og þéttleiki svifryks PM10 frá bruna í 1000 m<sup>3</sup> dekkjahaug miðað við 10 m/s vindhraða.

Dökkbláa svæðið á mynd 1 sýnir hvar þéttleiki svifryks er yfir viðmiðunarmörkum og nær það 500m frá upptökunum.

Í töflu 1 eru samanteknar niðurstöður á dreifingu þeirra hættulegu efna í reyknum sem skoðuð voru fyrir tvær stærðir af dekkjahaugum miðað við 5, 10 og 15 m/s vindhraða.

Eins og sést í töflunni dreifast efni í reyknum lengra eftir því sem eldsvoðinn er stærri og vindhraðinn meiri. Næstu nágrennar sem eru innan við 250 metra frá eldsvoðanum geta alltaf lent í hættulegum aðstæðum. Innan þessara marka er meðal annars íbúðabyggð. Viðkvæm starfsemi eins og hjúkunarheimili er í um 400 metra fjarlægð og því innan áhrifasvæðis fyrir báðar stærðir af dekkjahaugum miðað við 10 m/s vindhraða og meira. Á mynd 2 sést til dæmis útbreiðslusvæði PM10 fyrir 1000 m<sup>3</sup> haug og mismunandi vindhraða.

### Áhrif veðurs

Það gefur auga leið að veðurfar og sérstaklega ríkjandi vindáttir á svæðinu hafa mikil áhrif á aðstæður. Það sýndi sig best í eldsvoðanum 2011 hjá Hringrás þegar reykinn lagði allan tímann út á sjó og olli litlum vandræðum. Eins og sést á mynd 3 eru algengustu vindáttirnar við Sundahöfn frá austanátt og til suðaustanáttar sem er hagstætt fyrir þennan stað því þá eru mestar líkur á að reykur fari á haf út.

Tafla 2 sýnir tíðni vindáttar fyrir ákveðna staði í nágrenni Hringrásar ásamt meðalvindhraða sem búast má við. Samkvæmt þessu er tíðni

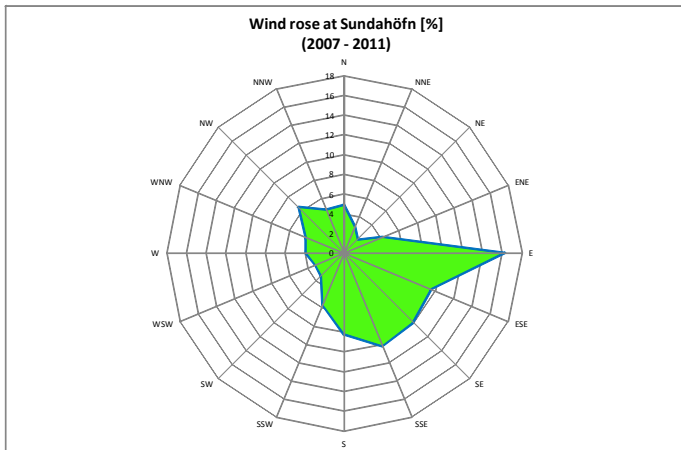


Mynd 2. Krítísk mörk svifryks (PM10) fyrir mismunandi vindhraða. Miðpunktur er á lóð Hringrásar. Grunnur úr borgarvefsjá Reykjavíkurborgar.

vindáttar sem getur feykst reyk að íbúðabyggð 27,6% sem þýðir að komi upp eldur á lóð Hringrásar þá fer reykur í um það bil þriðja hvert sinn yfir íbúðabyggð. Vegna þess að atvinnustarfsemi og iðnaður er allan hringinn í kringum Hringrás þá geta þau orðið fyrir áhrifum

Tafla 1. Fjarlægð frá upptökum elds að krítískum mörkum fyrir dæmigerð hættuleg efni samkvæmt ALOFT-FT.

Efni í reyk	Krítísk mörk	300m <sup>3</sup> dekkjahaugur			1000m <sup>3</sup> dekkjahaugur		
		V =5 m/s	V=10 m/s	V =15 m/s	V =5 m/s	V =10 m/s	V =15 m/s
PM10	11000 µg/m <sup>3</sup>	270 m	425 m	440 m	250 m	500 m	600 m
CO <sub>2</sub>	18000 ppm	-	-	-	-	-	-
CO	200 ppm	40 m	110 m	125 m	-	80 m	130 m
SO <sub>2</sub>	6 ppm	140 m	215 m	280 m	140 m	380 m	410 m
Benso(a)pyren	30 µg/m <sup>3</sup>	140 m	290 m	310 m	140 m	390 m	430 m



Mynd 3. Vindrós við Korngarða frá 1.1.2007 til 31.12.2011. Tíðni vind-átta í %, byggt á upplýsingum frá sjálfvirkri veðurstöð í eigu Faxalóahafna.

Tafla 2. Tíðni vinds og vindhraði sem getur borið reyk frá Hringrás.

Vindur með stefnu að	Vindátt	Tíðni [%]	Meðal vindhraði (m/s)
Hrafnista og Skjól	342° - 6°	5.1	7.5
Íbúðabyggð	319° - 88°	27.6	6.4
Vöruhótel Eimskipa	297° - 323°	7.2	4.2
Iðnaðarsvæði	0° - 360°	100	5.5

alltaf ef eldur kemur upp. Hinsvegar sést vel á mynd 4 sem tekin var úr öryggismyndavél á Ægisgarði þegar seinni bruninn átti sér stað að í hægviðri fer reykurinn hátt upp og veldur ekki miklum vandræðum hjá nágrennum.

Til að kanna betur áhrif vinds á reykútbreiðslu var gert líkan af tilteknu svæði í suður frá Hringrás og hermt eftir eldsvoða með CFD-forriti (Computer Fluid Dynamics). Með þessu er hægt að áætla reykútbreiðslu og sjá áhrif mismunandi þátta eins og vindsstyrks, áhrif bygginga, stærð bruna og fleira.

Helstu niðurstöður þessara útreikninga eru að í logni truflast reykstrókur minnst og stígur þar með hæst frá jörðu sem minnkar líkur á að hann leggist yfir byggð. Með auknum vindhraða stígur reykur ekki eins hátt upp og meiri líkur eru á að reykur leggist yfir nágrennið. Minni dekkjáhúga þýðir að uppdrifskraftur reykstróks minnkar vegna minni hitamyndunar og þar með aukast líkur á að reyk leggi yfir nágrennið. Sambærileg eru áhrif kælingar slökkviliðs. Svíptivindar auka mjög kælingu á reykstrók og fella reykinn nær jörðu.

#### Aðstæður til slökkvistarfa

Það hversu lengi reykur berst frá eldsvoða hefur mikið að segja um áhrifin á nágrennið. Í brunanum 2004 kom mikill reykur frá eldinum í um 20 klukkutíma en í brunanum 2011 í um 4 klukkutíma. Tíminn sem fer í að slökkva ræður því miklu um hversu mikið magn af hættulegum efnum fer út í andrúmsloftið.

Það sem ræður mestu um hversu langan tíma slökkvistarfið tekur er fyrst og fremst magnið af brennanlegum efnum, aðstaða til slökkvistarfa, þekking slökkviliðs á aðstæðum og búnaður þess.

#### Áhættugreining

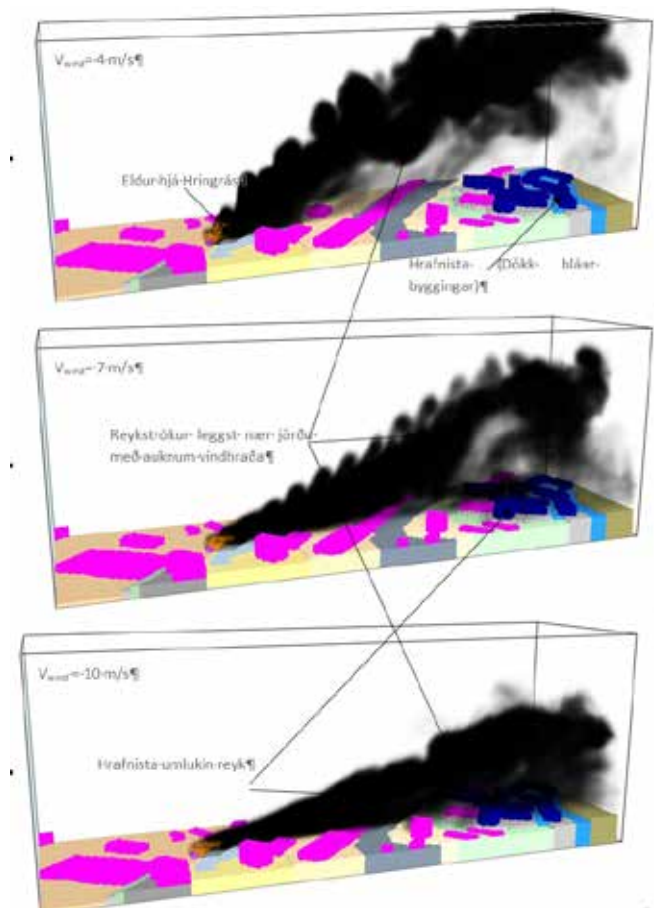
Til að meta áhrif af dekkjabruna hjá Hringrás voru settar upp nokkrar sviðsmyndir og metnar líkur á að tiltekin sviðsmynd geti átt sér stað



Mynd 4. Dekkjabrúni við Klettagarða 2011, séð frá Ægisgarði kl. 03.40. Mynd fengin frá Faxalóahöfnum.

og afleiðingar þess. Afleiðingar voru metnar bæði fyrir 300 m<sup>3</sup> brunafliót (1000m<sup>3</sup> haug) og einnig voru metin áhrif af 100 m<sup>2</sup> brunafleti (300m<sup>3</sup> haug). Eftirfarandi sviðsmyndir voru skoðaðar:

- A. Reykur í átt að hjúkrunarheimilunum Hrafnistu og Skjóli.
- B. Reykur í átt að íbúðabyggð.
- C. Reykur í átt að Skemmtiferðaskipi við Korngarða.
- D. Reykur í átt að stærri vöruhúsum (Eimskip og Bakkinn).
- E. Reykur í átt að minni fyrirtækjum.



Mynd 5. Niðurstöður útreikninga í CFD. Við meiri vindhraða leggst reykur nær jörðu.

Engar tölulegar upplýsingar um tíðni bruna í sambærilegri starfsemi fundust þó víða væri leitað og því er eingöngu hægt að áætla tíðni bruna út frá sögulegri reynslu Hringrásar sem gaf upb. einn stórbruna á 10 ára fresti. Að öllum líkindum er tíðni stórbruna lægri sérstaklega eftir þær umbætur sem Hringrás hefur gert. Út frá öllum þessum upplýsingum og tíðni vindátta má reikna út líkurnar á að reykur berist yfir þessi svæði:

- A. Reykur fer í átt að Hrafnistu og Skjólí að meðaltali á 206 ára fresti.
- B. Reykur fer í átt að íbúabyggð að meðaltali á 38 ára fresti.
- C. Reykur fer í átt að skemmtiferðaskipi að meðaltali á 2900 ára fresti.
- D. Reykur fer í átt að stærri vöruhúsum (Eimskip og Bakkinn) að meðaltali á 97 ára fresti.
- E. Reykur fer í átt að minni fyrirtækjum að meðaltali á 10 ára fresti.

Nr.	Sviðsmynd	Afleiðingar	Fyrir		Flokkur	Tillögur að úrbótum. Haugur minnkaður niður í 300 m <sup>3</sup>	Eftir		Flokkur
			Alvarleiki	Líkur			Alvarleiki	Líkur	
A	Reykur í átt að Hrafnistu/Skjólí í 400 m fjarlægð frá 1000 m <sup>3</sup> dekkjahaug.	Eldur varir í a.m.k. 8 klukkustundir, rýma þarf Hrafnistu og íbúabyggð.	5	1	Möguleg áhætta	Minnka haug niður í 300 m <sup>3</sup> , eldur varir í 2-3 klst. Líklega þarf ekki þarf að rýma Hrafnistu	4	1	Möguleg áhætta
B	Reykur í átt að íbúabyggð í 250 m fjarlægð frá 1000 m <sup>3</sup> dekkjahaug.	Eldur varir í a.m.k. 8 klukkustundir, rýma þarf íbúabyggð	3	2	Möguleg áhætta	Minnka haug niður í 300 m <sup>3</sup> , eldur varir í 2-3 klst, rýma gæti þurft nærliggjandi íbúabyggð	3	2	Möguleg áhætta
C	Reykur í átt að farþegaskipi í 450-500 m fjarlægð frá 1000 m <sup>3</sup> dekkjahaug.	Eldur varir í a.m.k. 8 klukkustundir. Ekki þarf að rýma farþegaskip en það þarf að sigla því í burtu, veruleg óþægindi fyrir farþega	3	1	Möguleg áhætta	Minnka haug niður í 300 m <sup>3</sup> , eldur varir í 2-3 klst sem kallar samt sem áður á að skipið þurfi að koma sér í burtu.	3	1	Möguleg áhætta
D	Reykur í átt að vöruhótel Eimskips eða Bakkans frá 1000 m <sup>3</sup> dekkjahaug.	Eldur varir í a.m.k. 8 klukkustundir. Farga gæti þurft miklu magni af vörum sem ekki verður hægt að selja vegna reyskemmda, stórtjón. Hugsanlegt að einhver tímabundin vöruskortur á tilteknum vöruflokkum. Vinnutap	5	1	Möguleg áhætta	Minnka haug niður í 300 m <sup>3</sup> , eldur varir í 2-3 klst. Getur samt valdið reyskemmdum á vörum og vinnutapi	4	1	Möguleg áhætta
E	Reykur í átt að minni fyrirtækjum í næsta nágrenni við Hringrás	Eldur varir í a.m.k. 8 klukkustundir. Farga gæti þurft miklu magni af vörum sem ekki verður hægt að selja vegna reyskemmda, vinnutap, stórtjón.	3	3	Mikil áhætta	Minnka haug niður í 300 m <sup>3</sup> , eldur varir í 2-3 klst. Getur samt sem áður valdið reyskemmdum og vinnutapi.	3	3	Mikil áhætta

Tafla 3. Áhættuskýrá.

Setja má ofangreindar niðurstöður upp í áhættuskýrá og meta áhættu til dæmis samkvæmt áhættuviðmiði sem Almannavarnadeild ríkislögreglustjóra hefur gefið út [7]. Þessi áhættugreining miðast við að skoða hver ávinningurinn er af því að minnka dekkjahauginn hjá Hringrás úr 1000 m<sup>3</sup> niður í 300 m<sup>3</sup>, og þar með hvort árangur af slíkri aðgerð leiði til niðurstöðu sem hægt væri að flokka sem ásættanlega áhættu.

Samkvæmt þessari greiningu er eitt tilvik sem fellur undir mikla hættu en það eru minni fyrirtæki í grennd við Hringrás. Hætta fyrir nálæg öldrunarheimili, íbúðabyggð, skemmtiferðaskip og Vöruhótel Eimskipa og Bakka er metin möguleg. Ástæðan fyrir því að hætta er talin meiri í tilviki minni fyrirtækjanna en í öðrum er sú að minni fyrirtækin eru fleiri og dreifð allt í kringum Hringrás. Komi upp eldur eru því miklar líkur á að eitthvert af þessum fyrirtækjum muni verða fyrir einhverju tjóni. Hafa ber í huga að áhættugreining eins og þessi tekur bæði til afleiðingu þess að einhver atburður eigi sér stað og einnig eru líkurnar á því að atburðurinn eigi sér stað metnar. Vegna þeirrar sögulegu staðreyndar að brunar hafa átt sér stað í starfsemi Hringrásar með stuttu millibili eru líkurnar miklar.

Niðurstaðan úr greiningunni er að hætta minnkar óverulega og flokkunin er óbreytt bæði fyrir 1000 m<sup>3</sup> og 300 m<sup>3</sup> hauginn. Því var ákveðið að leggja til að minnka hauga af dekkjum og öðrum brennanlegum efnum á lóðinni niður í 200m<sup>3</sup> og gera ýmsar aðrar ráðstafanir í brunavörnum á lóðinni, þar með yrði ástandið ásættanlegt og sambærilegt því sem víða annarsstaðar er að finna í atvinnustarfsemi.

## Lokaorð

Eins og greint var frá í byrjun er það krafa samkvæmt skipulagsreglugerð að gera þurfi grein fyrir áhrifum landnotkunar á aðliggjandi svæði, meðal annars þarf að meta hættu fyrir heilsu og öryggi almennings. Með þeim aðferðum sem hér hafa verið kynntar er hægt að skoða mögulegar afleiðingar af eldsvöða fyrir nágretta vegna ákveðinnar starfsemi og hvaða aðgerða er þörf til að bæta úr. Augljóst er að það borgar sig að byrgja brunninn áður en barnið dettur ofaní hann og þess vegna er þetta ákvæði í nýrri skipulagsreglugerð mjög til bóta.

## Heimildaskrá:

Greinin er byggð á skýrslu Mannvits: Gúmmídekkjavinnsla Hringrásar í Klettagörðum – áhættumat, unnið fyrir Slökkvilið höfuðborgarsvæðisins í júlí 2012. Höfundar Guðni Ingi Pálsson verkfræðingur, Óskar Þorsteinsson tæknifræðingur, Georges Guigay verkfræðingur.

1. Matsgerð. Mál nr. M211/209. Bruni á athafnasvæði Hringrásar 22. nóv.2004. Gunnar H. Kristjánsson verkfræðingur, Einar Guðbjartsson dósent.
2. Úttekt Brunamálastofnunar vegna brunans á athafnasvæði Hringrásar ehf 22. nóvember 2004. Brunamálastofnun.
3. Frétt af heimasíðu Morgunblaðsins. ([http://www.mbl.is/frettit/innlent/2004/11/23/ibuar\\_fa\\_ad\\_snuu\\_aftur\\_heim/](http://www.mbl.is/frettit/innlent/2004/11/23/ibuar_fa_ad_snuu_aftur_heim/))
4. Útkallsskýrsla SHS ódagsett um brunann í Hringrás 2011.
5. Skipulagsreglugerð 90/2013. Umhverfis og auðlindaráðuneytið 2013.
6. Riskanalys – Brandriser vid hentering av fordonsdäck för återvinning. Bengt Dahlgren Brand & Risk AB. 2009.
7. Áhættuskýrá Almannavarna. Helstu niðurstöður. Ríkislögreglustjórnir Almannavarnardeild 2011.