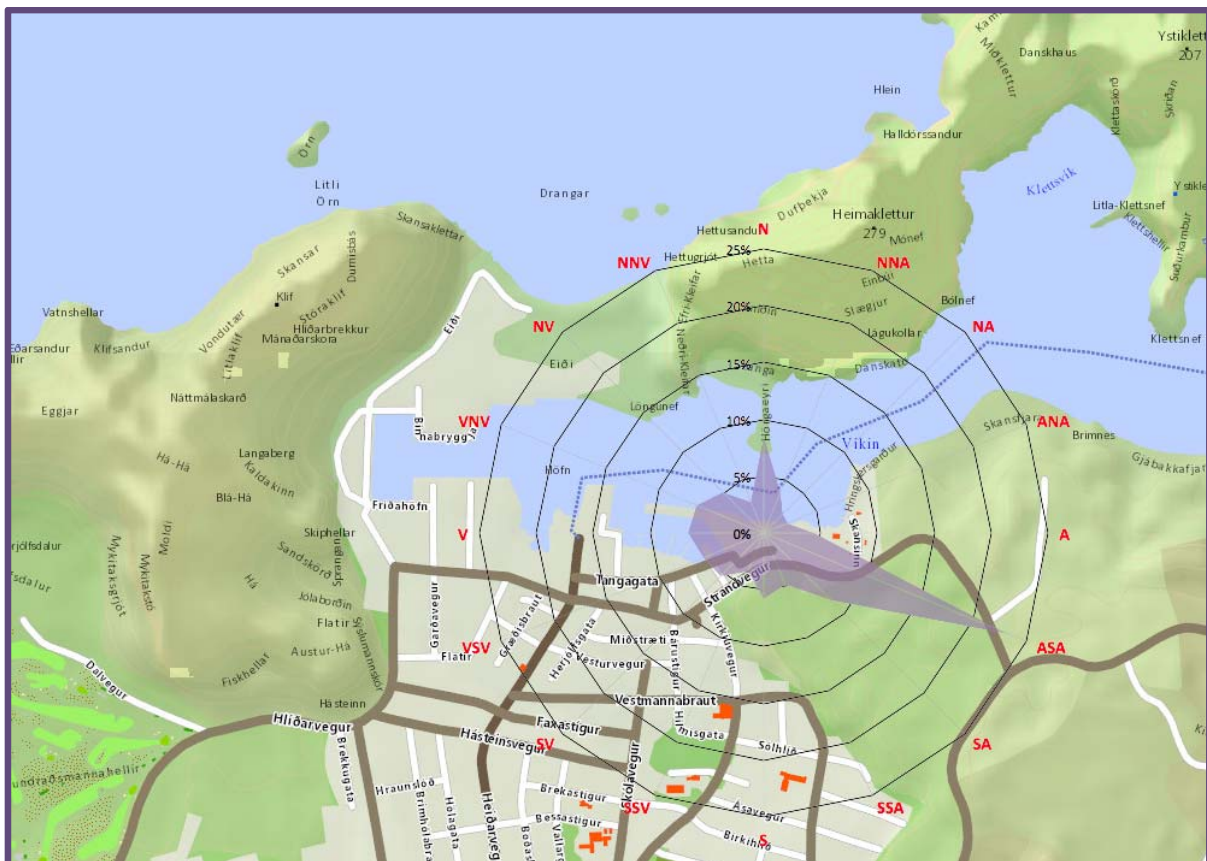


17.06.2013

Unnið fyrir: Ísfélag Vestmanneyja hf

## Mat á vindaðstæðum og niðurdrætti verksmiðjureyks frá reykháfi Ísfélagsins í Vestmannaeyjum



## **Almennt**

Fyrirhugaðar eru úrbætur á afsogi og útblæstri verksmiðjureyks fiskimjölsverksmiðju Ísfélags Vestmannaeyja hf á Heimaey.

Verksmiðjan er staðsett við innsiglingu Vestmannaeyjahafnar, skammt innan við Skansinn og blasir Heimaklettur við í norðri. Austan og suðaustan við verksmiðjuhúsin rís hraunkanturinn frá 1973. Hraunið hefur áhrif bæði á vind og stöðugleika loftsins, rétt eins og Heimaklettur sem skýlir staðbundið í N-lægum vindi. Reykháfur verksmiðjunnar er 25 metra hár og staðsetning hans á milli tveggja bygginga niður undir sjó.

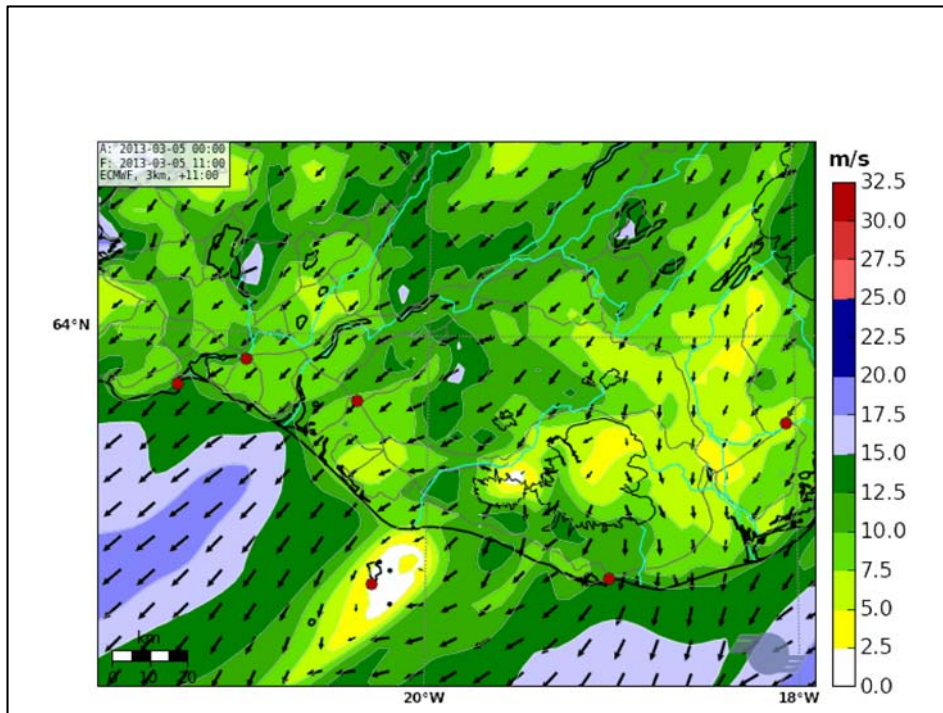
Tveir þættir eru hér einkum til skoðunar:

1. Mat er lagt á vindafar í Vestmannaeyjabæ og dreifingarleiðir bræðslureyks frá fiskimjölvverkmiðju Ísfélagsins.
2. Skoðuð eru líkindi á niðurslætti reyks yfir byggðina eða hafnarsvæðið eftir veðri og árstíðum.

Aðstæður í Eyjum eru um margt ólíkar því sem gerist annars staðar þar sem eru starfræktar stórar bræðslur. Þar er hvassara en víðast annars staðar, hafið í umhverfis mótar mjög stöðugleika loftsins og að síðustu má nefna að efstu íbúðarhúsin í Vestmannaeyjakaupstað eru í 60-65 metra hæð eða allt að 40 metrum hærri en op reykháfs verksmiðjunnar.

## **Veðuraðstæður á Heimaey**

Veðurmælingar í Vestmannaeyjum hafa verið gerðar um árabil, en lengst af á Stórhöfða. Landslagsþvingun þar gerir að verkum að vindmælingar í Stórhöfða eru óraunhæfar til lýsingar á aðstæðum niðri í bæ. Vindáttir eru áþekkar. Veðurhæð er hins vegar umtalsvert meiri á Stórhöfða í flestum vindáttum öðrum en í NA-átt. Í Eyjum háttar svo til að Eyjafjallajökull veitir skjól fyrir þeirra annars tíðu vindátt með þeirri afleiðingu að vindur verður hægur og oft allt að að því logn. Dæmi má sjá um þetta á veðurkortu reiknað í fínkvarða veðurlíkani dag einn með ákveðinni NA-átt sunnanlands (sjá mynd 1).



**Mynd 1.** Spákort HRAS í 3 km upplausn. Dæmi frá 5. mars 2013 og sýnir það vel vindvökina eða það skjól sem Eyjafjöllin varpa til suðvesturs yfir Heimaey í NA-átt.

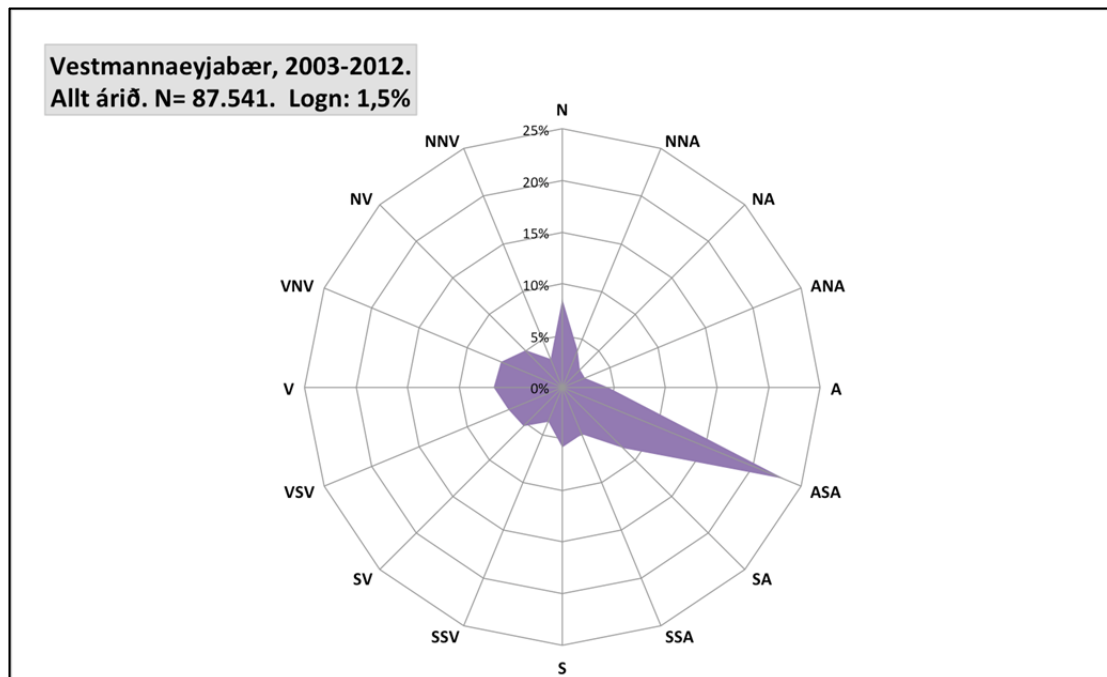
Veðurstöðin Vestmannaeyjabær var sett upp af Veðurstofu Íslands sumarið 2002. Mælirinn er staðsettur á hálfopnu svæði í um 40 metra hæð yfir hafi neðan við Framhaldsskólann (mynd 2). Auk vindhraða og vindáttar er mældur hiti og rakastig.



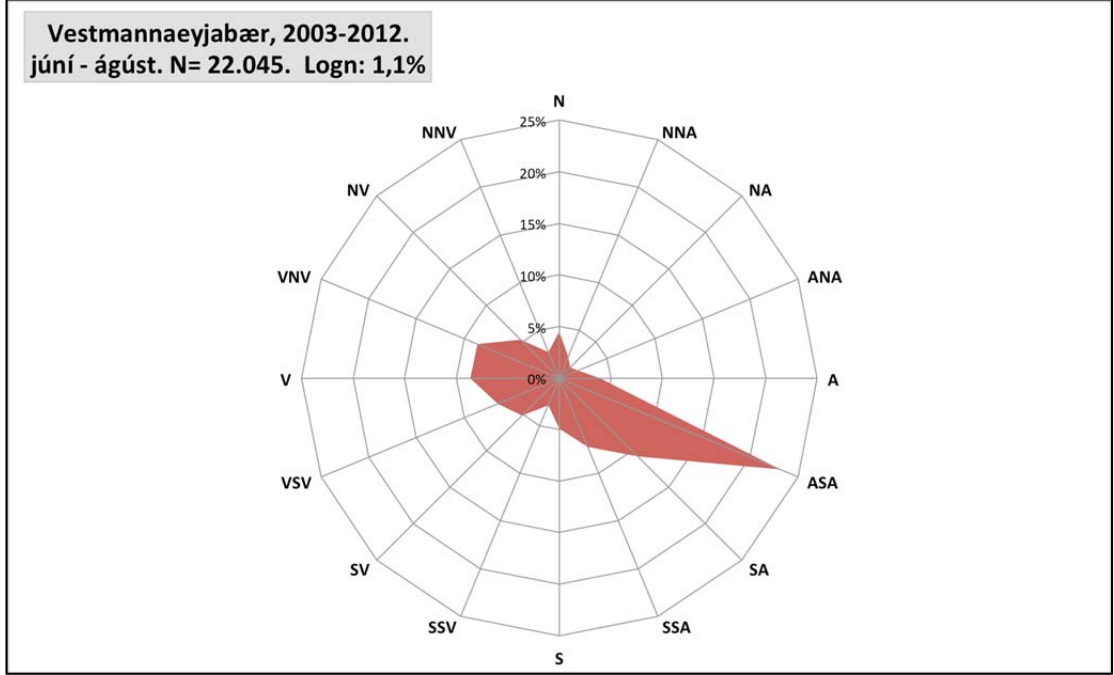
**Mynd 2.** Veðurstöðin Vestmanneyjabær á lóðinni upp af Kyndistöðinni á Löngulág.

Vindur sem hér er til skoðunar er í öllum tilvikum 10 mín. meðalvindur og mælingarnar eru með klukkustundar millibili. Hitagögn eru af sama toga, klukkustundargildi. Fjarlægð veðurathugnarstöðvarinnar frá fiskimjölsverkmiðjunni er um 1.100 m í loftlínu í suðvesturátt. Ætla má að veðurstöðin gefi ágæta mynd af vindafari almennt séð í bænum, en heimamenn hafa gagnrýnt þessa staðsetningu og sagt að þarna á Löngulág ofan við Kirkjuna nái A-átt sér meira á strik miðað við það sem gerist neðar í bænum. Vindmögnum er sögð eiga sér stað um lágt skarð sunnan Eldfells. Þaðan ofan hraunið og yfir Löngulág nærri þeim stað þar sem veðurstöðin stendur. Við úrvinnslu mælinga er ekki tekið tillit til þessa, en rétt að hafa í huga að við ákveðnar veðuraðstæður er sennilega um ofmat vindsins miðað við hús fiskimjölsverkmiðjunnar. Engar mælingar eru hins vegar því til staðfestingar, aðeins mat manna á breytileika vindsins innanbæjar.

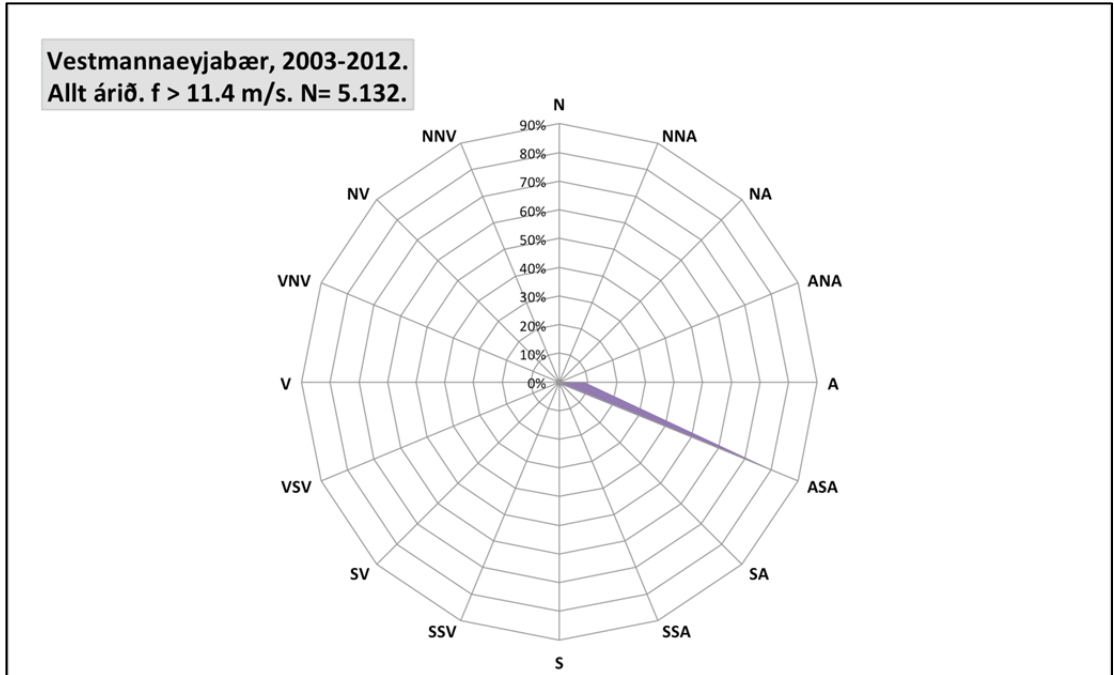
Vindrósir sem gerðar eru upp úr vindáttaathugunum yfir 10 ára tímabil 2003-2012 á myndum 3 og 5 sýna greinilega að ASA-átt er bæði ríkjandi og eins helsta óveðursáttin. Meðalvindhraði í ASA-áttinni er um 8,3 m/s á meðan meðalvindur er um 4 m/s í öllum öðrum áttum (að A-átt undanskilinni). Að sumarlagi eru sambærilega tölur 7,4 m/s í ASA-átt og tæplega 3 m/s í meðalvind fyrir allar aðrar vindáttir.



Mynd 3. Vindrós fyrir Vestmannaeyjabæ, allt árið.



Mynd 4. Vindrós fyrir Vestmannaeyjabæ, júní – ágúst.



Mynd 5. Vindrós fyrir Vestmannaeyjabæ fyrir vind 11,5 m/s eða meiri.

Skilgreindur hvass vindur (sjá síðar), þ.e. 11,5 m/s eða meiri kemur fyrir í um 6% mælinga. Í um 9 af hverjum 10 slíkum tilvikum er vindáttin ýmist ASA, A eða ANA. Að sumrinu er tíðni þetta hvass vinds um 3% og er hann nánast óþekktur sem annað en A-lægur vindur.

**Helstu dreifileiðir reyks frá fiskimjölsverksmiðjunni**

Séu vindrósir frá Vestmannaeyjabæ speglaðar yfir á fiskimjölsverksmiðju Ísfélagsins má sjá að ríkjandi A-lægur vindur ber reykinn yfir Hafnarsvæðið. Í vindáttum á milli NNV og NA leggur reykinn hins vegar yfir byggðina. V- og NV-

átt sem er nokkuð algengur vindur að sumarlagi ber reyk yfir Skansinn og áfram yfir hraunið. Vindrós fyrir Vestmannaeyjabæ er lögð ofan á verksmiðjuhúsin á mynd 6.

### Áhrif vinds á niðurdrátt reyks

Hæð reykháfs verksmiðjunnar er 25 m. ofan götu. Verksmiðjureyknum er blásið út með kröftugum blásurum þar sem útblásturshraði er áætlaður um 20 m/s. Hiti á útblæstrinum er talsvert hærri en í loftinu umhverfis. Í tiltölulega hægum vindi við dæmigerðan stöðugleika loftsins er lyftikraftur verksmiðjureyksins mikill þar til blöndun við kaldara loft hefur átt sér stað. Við tiltekinn vindstyrk er hins vegar hætt við niðurdrætti reyksins í stað lyftingar.

Um áratugaskeið hefur verið stuðst við þá meginreglu, að hætt er við því að reykur sogist niður með reykháfi þegar útblásturshraðinn ( $V_r$ ) er minni en einn og hálfur vindhraðinn ( $v$ ) í hæð reykháfsins. Í tilraunum í vindgöngum hefur þetta einfalda samband verið staðfest aftur og aftur fyrir algengan lóðréttan stöðugleika lofts<sup>1</sup>.

Niðurdráttur á sér stað þegar  $V_r < 1.5v$

Fyrir  $V_r=20$  m/s í fiskimjölsverksmiðju Ísfélagsins í Vestmannaeyjum er markgildi vinds sem veldur niðurdrætti 13,3 m/s. Með einföldum útreikningi á algengri vindaukningu með hæð samsvarar 13,3 m/s í 25 m hæð 11,5 m/s í 10 m hæð þar sem vindmælingar eru gerðar. 11,5 m/s er þannig skilgreint markgildi fyrir hvassan vind. Við það mæligildi má því ætla að niðurdráttur reyksins verði nokkuð algengur í stað þess að dreifast nokkurn veginn lárétt með vindi ofan reykháfsins.

Eins og áður er getið er vindur af styrknum 11,5 m/s töluvert algengur og er tíðnin um 6%. ASA-átt er langalgengust og síðan A-átt. Þá dregst reykurinn niður og berst yfir höfnina og hafnarsvæðið. Í vindáttum á milli NNV og NA er mældur vindur 11,5 m/s hins vegar fátíður eða langt innan við 0,1%. engin slík tilvik eru þekkt yfir sumarmánuðina. Búast mætti við beinum niðurdrætti reyksins yfir bæinn með þessum hætti í alls um 4 klst. á ári. Er þá ekki tekið tillit til skjóls í N-áttum sem stafar af Heimakletti við fiskimjölsverksmiðuna umfram það sem er á mælistað vindsins.

Niðurdráttur reyks vegna vinds er sjaldan valdur af lyktarmengun í kaupstaðnum utan hafnarsvæðisins í A- og einkum ASA-átt sem á haustin og veturna er nokkuð algeng af þeim styrknum 11,5 m/s eða meiri. Mótægisaðgerðir til að koma í veg fyrir slíkt ástand væru þær að auka útblássturshraða reyksins, nú eða hækka hita afsogs sem eykur lyftikraft reyksins. Þriðja leiðin væri síðan að hækka reykháfinn, en hún er metin einna síst, nema að umfangsmiklar vindmælingar á aukningu vinds með hæð við verksmiðjuna sýndu frma á annað.

---

<sup>1</sup> Canepa, E. **An overview about the study of downwash effects on dispersion of airborne pollutants.** Environmental Modelling & Software 19 (2004) 1077-1087.

### **Fimm megingerðir dreifingar reyks frá reykháfi**

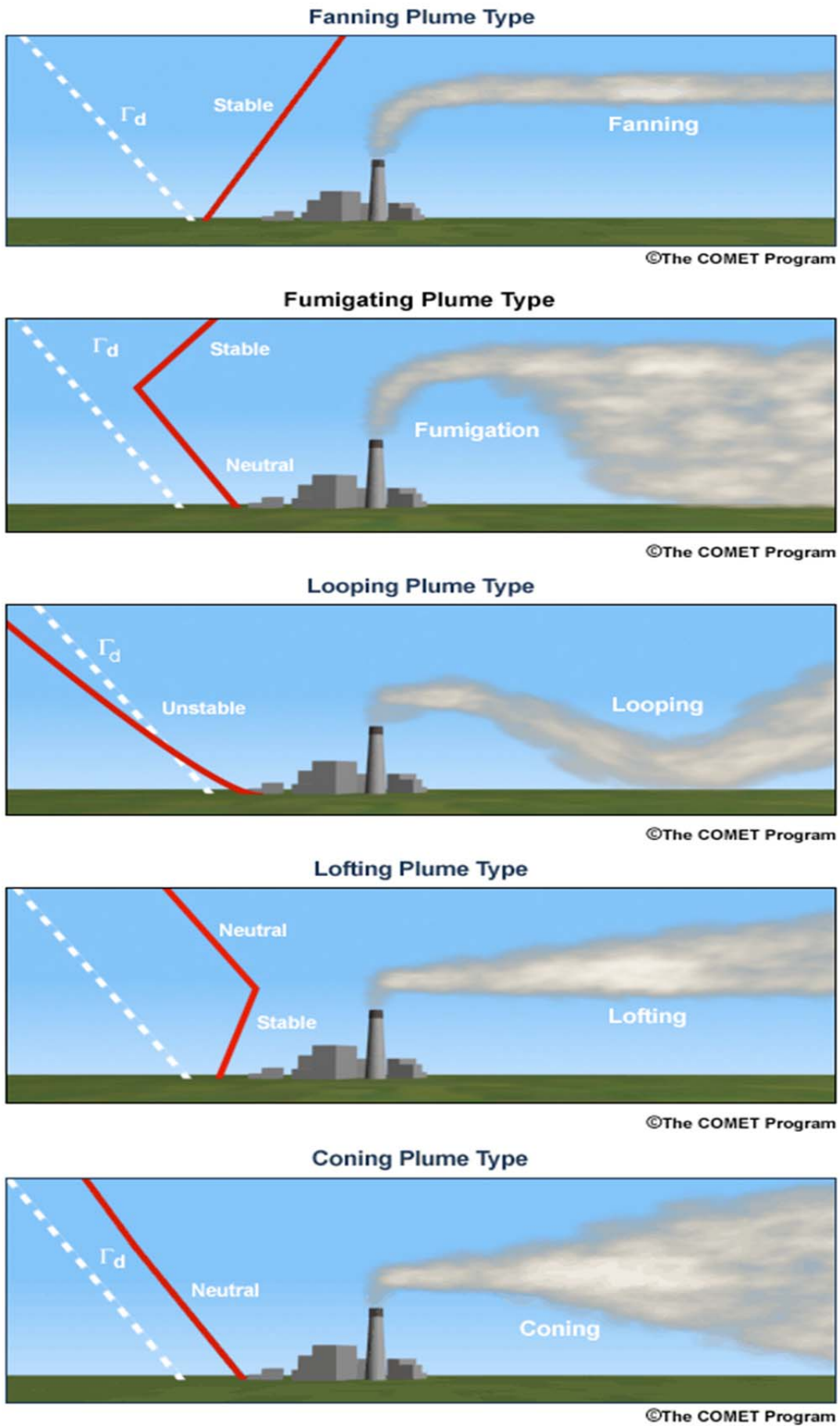
Í hægum vindi þar sem niðursláttur á sér ekki stað ræður lóðréttur stöðugleiki loftsins mestu um dreifingu reyks frá háfi. Stöðugleiki lofts markast af hitafalli með hæð. Þegar hitafall er um 1°C/100 m. er loft sagt óstöðugt, en mjög stöðugt þegar hitafall er ekkert eða hiti jafnvel vex með hæð. Greint er á milli fimm megingerða dreifingar um loftið og eru helstu einkenni þeirra sýnd á mynd 7.

- a. **Borðadreifing** (e. fanning) þegar loft yfir reykháfi er mjög stöðugt.
- b. **Svæling** (e. fumigation) á sér stað við lagskiptingu lofts, þegar stöðugt loft liggur ofan á minna stöðugu við yfirborð.
- c. **Lykkjudreifing** (e. looping), en hún á sér stað í óstöðugu lofti.
- d. **Keiludreifing** (e. coning) þegar loft er millistöðugt.
- e. **Lyftidreifing** (e. lofting) á við þegar hitahvarf, þ.e. stöðugt loftlag myndast næst jörðu og í raun neðan hæðar skorsteinsins.

Það er helst í lokuðum fjörðum að borðadreifing er ríkjandi. Hún kemur einkum við sögu við Vestmannaeyjar í þokulofti í S- og SV-átt. Svæling er vel þekkt yfir meginlöndum að vetrarlagi, en erfitt að ímynda sér slíkar veðuraðstæður í Eyjum. Ætla má að lykkjudreifing og keiludreifing séu nokkuð algengar frá bræðslu Ísfélagsins og lyftidreifing er ekki óþekkt í hreinviðri að vetrar- og vorlagi.

Loft yfir Heimaey er yfirleitt nokkuð vel blandað og hitafall með hæð sem ákveður síðan stöðugleikann. Hitahvörf við jörðu eru fátíðari á eyjum á hafi úti, heldur en á víðfemum landsvæðum.

Stöðugleiki loftsins yfir Heimaey er metinn með því að greina saman hitamælingu á veðurstöðinni Vestmannaeyjabær í 40 m. saman við Stórhöfða í 118 m. hæð yfir sjávarmáli. Æskilegt hefði verið að hafa þriðju stöðina t.d. við höfnina, en því er ekki til að dreifa. Engu að síður má fá ágætt mat á hitafalli með hæð með samanburði þessara tveggja stöðva og þar með ætlaða dreifingu á reyknunum. Lykkjudreifing er sérlega áhugaverð því hún beinir aftur verksmiðjureyk niður í nokkurri fjarlægð frá reykháfnum.



**Mynd 7.** Megingerðir dreifingar reyks frá reykháfi og tengsl þeirra við lóðréttan stöðugleika loftsins. Talið að ofan: borðadreifing, svæling, lykkjudreifing, lyftidreifing og keiludreifing.



### **Hitafall með hæð yfir Heimaey**

Sjórinn umhverfis Eyjar mótur bæði hitafar og hitafall með hæð á afgerandi hátt. Upphitun sólar að sumarlagi nær aðeins til Heimaeyjar, en sjórinn bregst ekki við sólgeislun nema til langs tíma. Að sama skapi er kólnun yfirborðs vegna útgeislunar einkum merkjanleg í stilltri og kaldri veðráttu á vetrar- og vorlagi. Vindblástur sér oftast til þess að loft er nokkuð vel blandað, en á því eru vitanlega undantekningar.

Að jafnaði yfir árið er hitafall á milli þessara tveggja stöðva  $0,65^{\circ}\text{C}$  sem jafngildir um  $0,83^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . Slíkt hitafall í neðstu loftlögunum er til marks um vel blandað loft að jafnaði og dæmigert fyrir keiludreifingu. Í júní og júlí þegar sólin hefur mest áhrif er hitafallið heldur meira eða  $0,77^{\circ}\text{C}$  (í stað  $0,65^{\circ}\text{C}$ ).

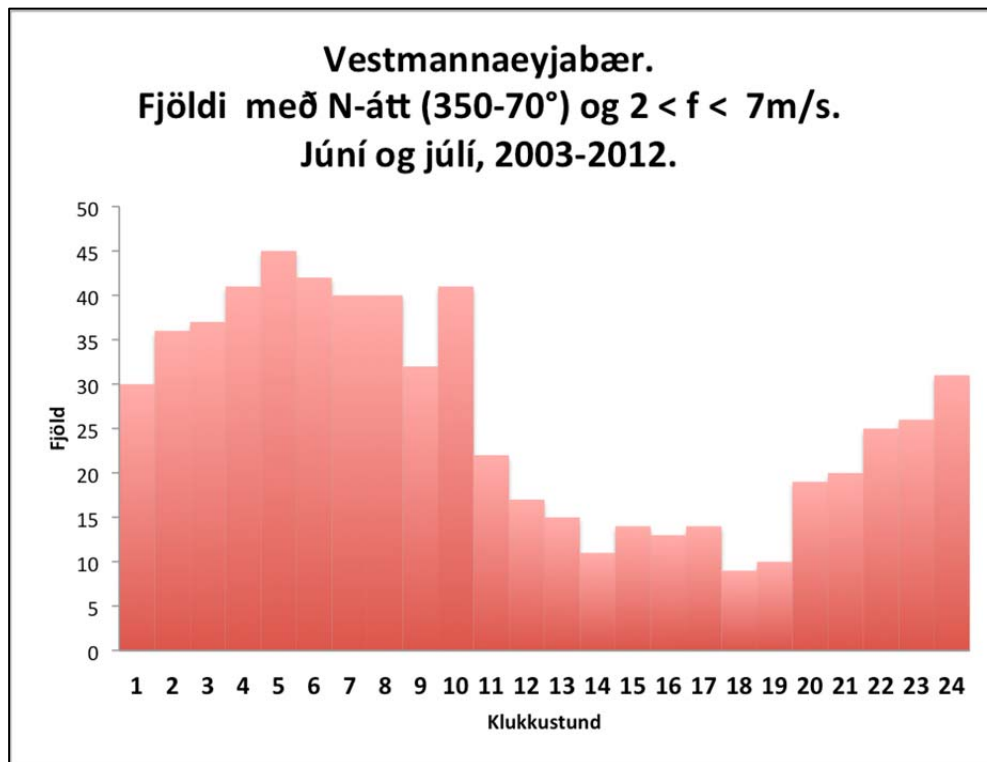
Mikið hitafall (óstöðugt loft) leiðir til lykkjudreifingar. Þá getur lyktin borist aftur niður nokkuð fjarri reykháfum. Áhugavert er að skoða þær veðuraðstæður og algengi þegar Lykkjudreifing verður. Einkum þegar vindur stendur af fiskmjölsverkmiðjunni og upp á Heimaey og yfir íbúðabyggð með N-lægri vindátt.

### **Óstöðgt loft að sumarlagi sem leiðir til lykkjudreifingar reyks**

Þegar sólin hitar upp Heimaey að sumarlagi verður hitafallið hvað mest með hæð. Í mjög hægum vindi liðast þá bræðslureykurinn til himins, en í dálftilli golu berst reykur í burtu. Í strekkingsvindi sem þó er ekki nægjanlegur til að valda niðurslætti þynnist reykurinn fljótt út vegna iðustrauma í lofti.

Skoðuð voru sérstaklega tilvik í júní og júlí þegar áhrif sólar eru mest og vindhraði er frá 2 – 7 m/s. Fyrir þessi tilvik er hitmunur Stórhöfða og Vestmannaeyjabæjar að jafnaði mestur í NV-átt ( $280\text{-}340^{\circ}$ ) eða  $1,20^{\circ}\text{C}$ . Við svo mikið hitafall má alla jafna gera ráð fyrir lykkjudreifingu bræðslureyksins. Þessi tilvik eru alls ekki óalgeng að sumarlagi enda NV-átt einskonar sólfarsvindur í Eyjum, veður oftast bjart með sterku sólskini. Minnstur er munurinn í suðlægum vindi eða frá  $150\text{-}220^{\circ}$ . Þá er hitafallið á milli stöðvanna gjarnan um 0,1 til  $0,3^{\circ}\text{C}$ . Þetta eru einmitt þokuvindáttirnar þegar loftið er stöðugast og sól nær síst í gegn. Borðadreifing til norðurs eða norðausturs væri þá reglan. Í hinni tíðu ASA-átt ( $110\text{-}140^{\circ}$ ) er hitafallið nálægt meðaltali eða um  $0,75\text{-}0,80^{\circ}\text{C}$ . Það samsvarar millistöðugu lofti ( $\sim 0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ) og með keiludreifingu.

Þegar skoðuð er N- og NA-átt ( $350$  til  $70^{\circ}$ ) sérstaklega í júní og júlí og þegar vindhraði mælist jafnframt 2 – 7 m/s kemur í ljós að slík tilvik koma fyrir í tæplega 5% alls tíma. Samtals eru þetta á 10 ára tímabili 630 tilvik og athyglisvert er að sjá hvernig þau dreifast innan sólarhringsins.



**Mynd 8.** N- og reyndar einnig NA-átt er mun tíðari á nóttinni og snemma morguns en yfir miðjan daginn (sjá skýringar í meginmáli).

Vindur af N (eða NA-átt) sem mælist á nóttinni og snemma morguns snýst gjarnan út í NV þegar líður á daginn. Það eru dæmigerð áhrif sólgeislunar, eins konar hafgoluáhrif. NV-áttin sem sólfarsvindur er um þrisvar sinnum tíðari en N- og NA-átt á sumrin eins og sjá má á vindrósinni á mynd 4. Þetta skiptir miklu máli því í NV- og V-átt berst reykur bræðslunar yfir hraunið en ekki yfir byggð eins og í N- og NA-átt. Greining á hitamun Stórhöfða og Vestmannaeyja sýnir að loft er óstöðugt frá því um kl. 08 til 18. Slík tilvik eru tiltölulega fá (N=122) og aðallega á morgnanna fram undir kl. 10.

Lykkjudreifingar yfir byggðina með N- eða NA-átt má ætla að verði í um 1% tilvika í júní og júlí eða í samtals um 16-20 klst. hvert sumar að jafnaði.

Nokkuð breytilegt er hvernig hitafallandinn er í A-lægri vindátt. Stundum skín sólin í A-átt, þó mun oftast sé dumbungur í lofti og með úrkomu. Lykkjudreifing með A-lægum vindi yfir hafnarsvæðið getur átt við í um 0,5% tilvika.

Til samans má því ætla að lykt berist niður úr hæð reykháfsins yfir hafnarsvæðið eða íbúðabyggð í um 1 til 2% tilvika að sumarlagi. Slík dreifing er nær óhugsandi utan sumarmánaðanna þegar sól nær ekki að verma upp yfirborð Heimaeyjar nægjanlega<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Á veturna með útsynningséljum (S- eða SV-átt) er loft óstöðugt og má þá reyndar gera ráð fyrir Lykkjudreifingu, en vindurinn ber þá reykinn út á haf.

## Algengasta veðurlag og dreifing reyks

Með samanburði almennrar vitneskju um dreifingu reyks, stöðugleika lofts og veðurfar má ætla að tengsl algengs veðurlags og dreifingar reyks frá fiskimjölsverkmiðju Ísfélagsins sé eftirfarandi:

### Sumar

- a. A- og SA-átt, fremur hæg. -> *Keiludreifing* yfir hafnarsvæðið. Algengt og verskmiðjureykur berst yfir Hána og Stóráklif, en sjaldnast niður að bryggjunum.
- b. A- og SA-átt, blástur og oftast úrkoma. Niðurdráttur reyks. Nokkuð algeng að sumrinu og áætluð tíðni um 4% jafnt að nóttu sem degi.
- c. Hægviðri, eða hæg NA-átt. Algengt veður að morgni sólríkra daga og eins að kvöld- og næturlagi. Reykur liðast upp eða þá -> *Keiludreifing* við meiri golu.
- d. V- og NV-átt. Sólfarsvindur -> *Lykkjudreifing* austur yfir Skansinn og hraunið. Nokkuð algengt eftir miðjan daginn fram á kvöld.
- e. N- og NA-átt. -> *Keiludreifing* að kvöldlagi og næturlagi og reykur berst yfir bæinn, aðallega með N-átt yfir austastasta hlutann og með lykt. -> *Lykkjudreifing* frekar á morgnanna og fram yfir miðjan dag, en hún er fátíð.
- f. S- og SV-átt. Nokkuð algengt, þoka eða lágskýjað og loft stöðugt. Reyk ber yfir Heimaklett og Ystaklett. -> *Borðadreifing*.

### Vetur

- g. Nokkuð hvöss A- og SA-átt. Niðurdráttur reyks yfir hafnarsvæðið, en þynning mikil vegna vinds. Fremur algengt veðurlag.
- h. Blástur af N. -> *Keiludreifing* með lykt frá verksmiðjureyk yfir austurhluta Vestmanneyjakaupstaðar.
- i. S- eða SV-átt. Reykur yfir Ystaklett og Heimaklett. -> *Keiludreifing*- eða *lyftidreifing*.
- j. Hægviðri eða fremur hæg A-átt. -> *Keiludreifing* út frá reykháfi eða *lyftidreifing* oftast án þess að reykur nái til íbúðabyggðar.

## Samantekt

- Vindmælingar í Heimaey gefa til kynna ríkjandi ASA-átt á öllum árstímum sem jafnframt er helsta hvassvirðisáttin. Þá berst bræðslureykur frá Ísfélaginu út yfir hafnarsvæðið.
- Þar sem loft er oftast vel blandað og að mestu laust við lagskiptingu þá berst það hlutfallslega oft aftur niður til sjávarmáls. Algengi hvassviðra á þar líka hlut að málið jafnvel þó svo að þynning reyksins sé þá umtalsverð.
- Það er helst í NA-átt sem reykur berst yfir byggðina í Heimaey. Sú vindátt er hins vegar fátíð vegna skjóláhrifa frá Eyjafjöllum. N-átt er tíðari og þá má ætla að lykt finnist í austustu hverfum Vestmannaeyjakaupstaðar, ekki síst þegar horft er til þess að efstu hús þar standa mun hærra en op reykháfsins í 25 metra hæð.
- Á sólríkum sumardögum þegar blæs jafnframt af N eða NA dreifist reykurinn með lykkjudreifingu yfir byggðina, einkum á morgnanna. Að jafnaði ríkir slíkt veðurlag í um 15-20 klst samtals á hverju sumri.
- NV-átt og jafnvel V-átt er ríkjandi sólfarvindur á góðviðrisdögum í Eyjum. Þá berst reykur austur yfir hraunið.
- Við um 11,5 m/s má ætla að vindurinn slái bræðslureyknum niður vegna yfir hafnarsvæðið, en ASA- og A-átt mælist í yfirgnæfandi tilvika þegar svo háttar til og nær alfarið að sumarlagi. Tíðni þessa gæti verið allt að 6%, en heldur lægri yfir sumarmánuðina.
- Sú borðadreifing reyks sem ríkjandi er á Austfjörðum, er fátíð í Eyjum nema þegar er þokuloft með S-átt á sumrin. Því hefur það litla þýðingu að hækka reykháfinn til að fækka þeim tilvikum sem bræðslureykur nær aftur niður. Landhækkun til suðurs og suðvesturs frá fiskimjölsverkmiðjunni setur líka skorður á því hvort gagnist yfir höfuð að hækka reykháfinn.
- Aukinn kraftur útblásturs eða hækkaður hiti hans fækkar samsvarandi tilvikum niðursláttar reyksins. Einkum á það við yfir hafnarsvæðið undan ríkjandi hvassviðrisátt, þ.e. ASA-átt.
- Almenn séð er fiskimjölsverkmiðja Ísfélagsins nokkuð vel staðsett m.t.t. til helstu vindátta og óhagstæðra veður- og dreifingaskilyrða reyksins.