



Orkuöflun mælistöðva Vegagerðarinnar með vindrafstöðvum



Unnið fyrir þjónustudeild með
styrk frá Rannsóknasjóði
Vegagerðarinnar

26. september 2013
Einar Sveinbjörnsson
Sveinn Gauti Einarsson

Titill: Orkuöflun mælistöðva Vegagerðarinnar með vindrafstöðvum

Verkefnisstjóri: Nicolai Jónasson, Vegagerðinni.

Höfundar:

Einar Sveinbjörnsson, veðurfræðingur

Veðurvaktin ehf.

Sveinn Gauti Einarsson, meistaranemi í umhverfisverkfræði.

Veðurvaktin ehf.

Samantekt

Helsti kostur við 600 W Kestrel vindrafstöðvarnar er að framleiðsla þeirra hefst við lítinn vind eða 2,5 m/s. Það gerir að verkum að þær virðast henta mjög vel á þeim stöðum sem einkennast af löngum hægviðraköflum. Þó þarf að gæta vel orkunotkuninni á slíkum stöðum og stilla henni í hóf eins og kostur er. Greindar voru vindmælingar á 15 nokkuð ólíkum veðurstöðvum og má segja að vindrafstöðvar af þessari gerð séu mjög öruggur kostur fyrir flestar veðurstöðvar á heiðum og fjallvegum þar sem meðalvindhraði yfir vetrarhelming ársins er 7 m/s eða meiri. Því gildi nær hann víðast hvar. Á slíkum stöðum er óhætt með hæfilegri rýmd rafgeyma að auka aflúttakið talsvert frá því sem það er í dag án þess að það bitni á rekstraröryggi. Hafa verður í huga að samrekstur með sólarsellum hjálpar líka mikið upp á öryggi, en treysta verður alfarið á vindorku í 10 til 12 vikur í svartasta skammdeginu. Þessi greining gerir auðveldara að ákvarða geymarýmd á hverjum stað og takmarkanir á afli hvernar mælistöðvar þar sem settar verða upp 600 W Kestrel vindrellur.

Efnisyfirlit

Samantekt	3
1 Inngangur	5
1.1 Kestrel e160 vindrafstöðvar	6
1.2 Veðurstöðvar til skoðunar	6
2.0 Aðferðarfræði	7
2.1 Dæmi um Weibulldreifingu vinds	7
2.3 Tengsl við sólarorku	9
3 Niðurstöður greiningar	10
3.1 Þrep 1 - 80 W	10
3.1.1 Samanburður eftir sviðsmyndum 1,2 og 3	10
3.1.2 Annmarkar greiningar fyrir 80 W afl	11
3.2 Þrep II – 17 W	13
3.3 Þrep III – 21 W	15
4 Umræður og niðurstöður	16

1 Inngangur

Vegagerðin hefur hug á að beita vindafli saman með sólarrafhlöðum við rekstur orkufrekari mælitækja eins og myndavéla með innrauðu ljósi til næturmyndatöku. Hingað til hefur þessi búnaður verið orkufæddur með veiturafmagni eða efnarafala og sólarrafhlöðum. Vegna fjölbreyttra aðstæðna hér á landi og nýjungum í gerð vindrafstöðva er nú að opnast sá möguleiki að orkufæða þessar stöðvar með vindrafstöð saman með sólarrafhlöðum. Eldri vindrafstöðvar í rekstri Vegagerðarinnar hafa verið aflitlar eða 100 W og þurfa nokkurn vind þ.e. um 6 m/sek til að hefja framleiðslu. Sú vindrafstöð sem hér er skoðuð er 600 W og byrjar orkuframleiðslu við 2,5 m/sek.

Ætlunin er að styðjast við blandaða orkuöflun, sólarorku yfir sumarhelming ársins, en vindorku þegar sól er lágt á lofti. Rannsóknin gengur út á að greina vindhraðagögn vetrarhelming ársins, frá 1. október til 31. mars og ganga úr skugga um að 600 W vindrafstöð nái að halda uppi nægjanlegri spennu á rafgeymum.

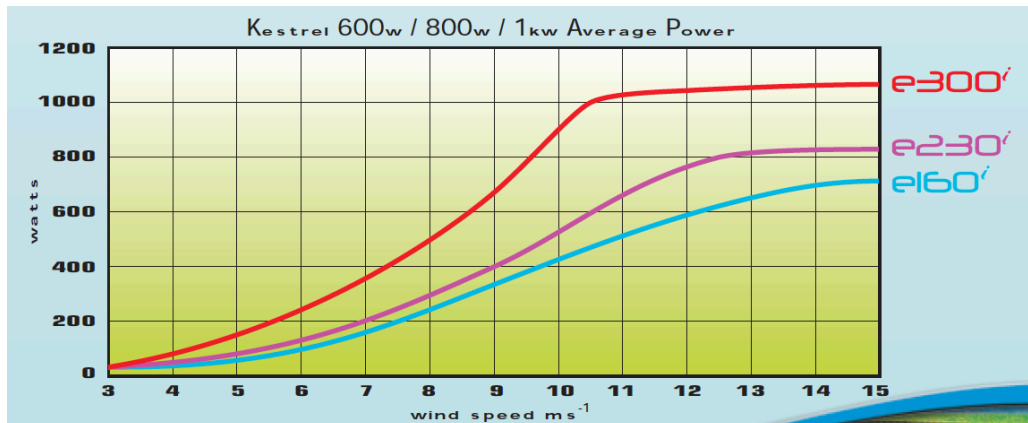
Út frá fyrirliggjandi vindgögnum er gerð greining á 15 veðurstöðvum Vegagerðarinnar yfir 10 ára tímabil. Sumar stöðvarnar hafa þó verið skemur í rekstri.

Greininging gefur ágæta vísbendingu um hvaða kröfur verður að gera um vindgæði til öflunar nægilegrar orku með 600 W vindrafstöð í svartasta skammdeginu þegar ekki er hægt að reiða sig á rekstrarafli þáðan. Með vindgæðum er m.a. átt við meðalvind, dreifingu vindhraðabila og lengd hægviðrakafla.

Við greininguna var teiknaður upp fjöldinn allur af orkuferlum og vindarófi. Aðeins eru birt nokkur sýnishorn en gagnaskrár, töflur og myndir eru varðveittar rafrænt hjá verkefnastjóra.

1.1 Kestrel e160 vindrafstöðvar

Aflgeta Kestrel e160 er 600 W. Það afl næst þegar vindhraðinn nær rúmlega 12 m/s. Vindrafstöð af þessari gerð þykir m.a. álitleg þar sem hún byrjar að snúast og framleiða við tiltölulega lágan vind eða 2,5 m/s. Eins þolir hún vindálag og storma betur en ýmsar aðrar sambærilegar smávindrafstöðvar. Mynd 1 sýnir orkuróf (e. power curve) fyrir þrjár gerðir Kestrel vindrafstöva. Bláa línan er róf 600 W gerðarinnar. Við 7,5 m/s nær framleiðslan 200 W, 400 W í tæplega 10 m/s og 600 W við rúmlega 12 m/s eins og áður er getið.



Mynd 1. Orkuróf þriggja ólíkra vindrafstöðva frá framleiðandum Kestrel. Blái ferillin nær fyrir þá gerð sem hér er til skoðunar.

Vindrafstöðvarnar verða á staur í um 12 metra hæð, en vindmælingarnar eru gerðar í 6 m hæð. Þarna á milli er munur á styrk meðalvindsins. Við úrvinnslu er mældur vindur í 6 metra hæð uppreiknaður til 12 metra hæðar með viðurkenndum aðferðum.

1.2 Veðurstöðvar til skoðunar

Í samráði við verkefnastjóra voru valdar 15 veðurstöðvar til orkugreiningar. M.a. út frá rekstrarreynslu og orkuöflun þeirra til þessa. Þær eru dreifðar um landið. 9 eru á fjallvegum. Af þeim er hægt að skilgreina 2 sem stöðvar inn til landins þar sem vindur er oft hægari að jafnaði en úti við sjávarsíðuna. Af þeim 6 veðurstöðvum sem flokkast til láglandis eru 3 í innsveitum en hinar nærri sjávarsíðunni.

Veðurstöðvarnar er taldar upp töflu í 1 ásamt upphafsári mælinga þeirra sem settar voru upp eftir 2002. Fjöldi allra 10 mínútna mæligilda í röð hveir stöðvar er tilgreindur. Gagnaskil eru yfirleitt mjög góð, þó hvergi náí þau 100%. Skilin eru yfir 99,5% á Hálfðán, í Þrengslum, við Lómagnúp og í Skálholti, þar sem aðeins vantar örfáar mælingar.

Tafla 1. Fjöldi mælinga hvernar stöðvar.

Stöð	Gögn frá	Fjöldi mælinga
Fróðárheiði	2002	264,153
Holtavörðurheiði	2002	274,192
Þróskuldar	2009 (26. nóv)	83,579
Hálfván	2002	275,445
Ennisháls	2002	274,496
Gauksmýri	2006	170,768
Siglufjarðarvegur	2002	269,387
Hámundastaðaháls	2008	118,208
Mývatnsöræfi	2002	270,413
Hófaskarð	2010 (22. des)	53,688
Möðrudalsöræfi	2002	271,706
Fagridalur	2002	272,334
Lómagnúpur	2002	275,315
Skálholt	2002	275,560
Þrengsli	2002	275,408

2.0 Aðferðarfræði

Úrvinnslan var í þremur þrepum. Skoðuð var mikil notkun allt að 80 W að jafnaði þar sem mögulega væru samtengd ólík mælitæki upplýsingaþjónustu Vegagerðarinnar, s.s. eins og vefmyndavél og veðurstöð. Mælitæki og vefmyndavélar einar og sér nota nota mun minna afl.

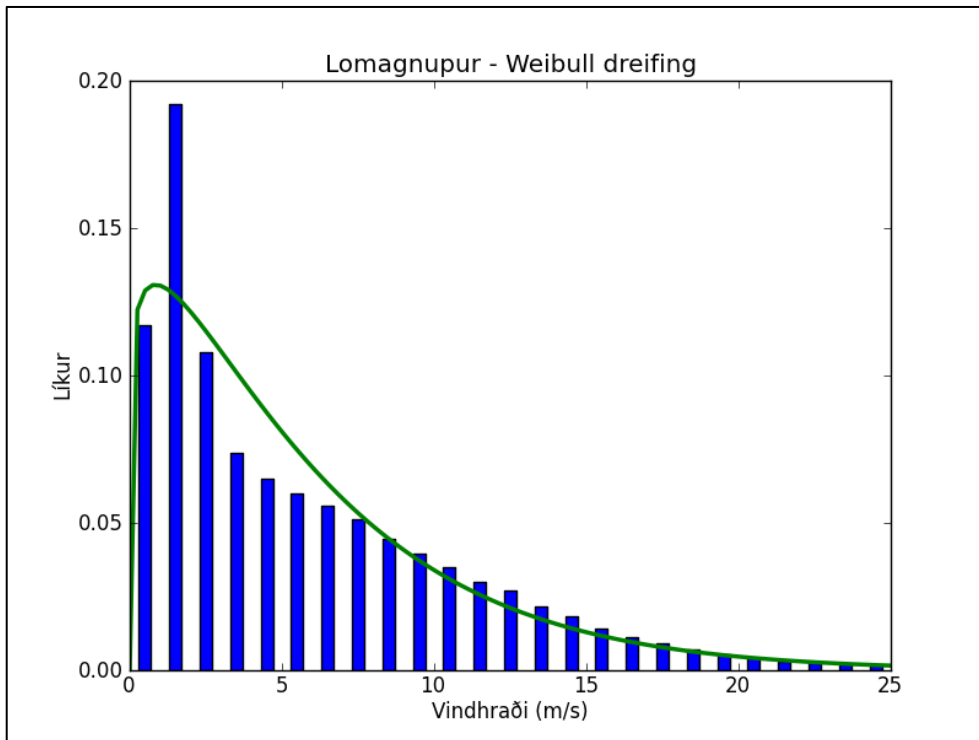
Seinni tvö þrep úrvinnslunar gerðu ráð fyrir annars vegar 17 W og hins vegar 21 W. Það afl er mjög nærri því sem þarf til rekstrar á einni vefmyndavél.

Vindhraðagögn gefa kost á að reikna svokallaða Weibull ferla fyrir hverja stöð. Fundnir eru stuðlarnir k og c sem segja til um lögun vindhraðadreifingarinnar. Weibull dreifing vindsins gefur kost á að reikna hann til afis nokkuð nákvæmlega með þeirri vindrafstöð sem um ræðir. Lágt gildi k er til marks um litla dreifni vindhraðans. Stuðullinn c er nátengdur meðalvindhraðanum. Fyrir hverja stöð er reiknað meðalafli og hlutfall nýtanlegrar orku sem er vitanlega tengt meðalvindhraðanum.

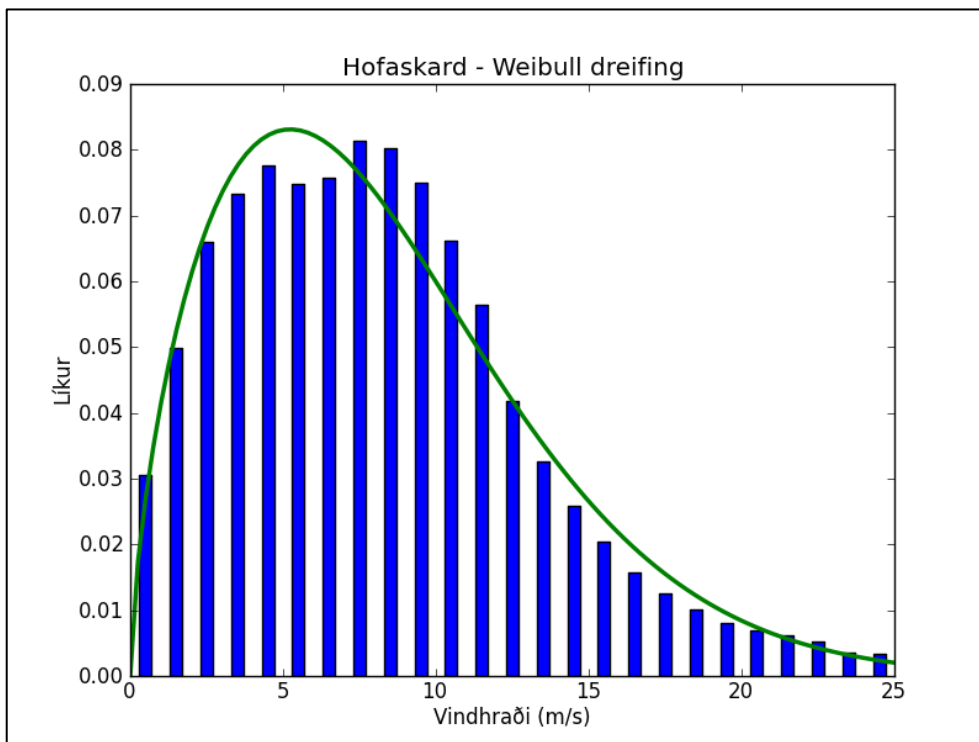
2.1 Dæmi um Weibulldreifingu vinds

Sýnd er dreifing vindhraðabíla fyrir annars vegar Lómagnúp þar sem k -gildi Weibull ferilsins er lágt. Það þýðir að í algengasta vindhraðabilinu er markvert hægari vindur en meðalvindurinn segir til um. Hin stöðin er Hófaskarð þar sem k -gildið er hátt og algengasta vindhraðabilið og meðalvindurinn haldast nokkuð vel í hendur.

Langir og margir hægvíðrakaflar við Lómagnúp eru þess valdandi að illa gengur að fullhlaða geymana á meðan vindhraðadreifingin í Hófaskarði gefur til kynna að geymar hlaðist fljótt og að þeir haldi hárrí hleðslu meira og minna.



Mynd 2. Lómagnúpur. Meðalvindur: 5,4 m/s. Algengasti vindhraði: 1,5 m/s.



Mynd 3. Hófaskarð. Meðalvindur: 7,7 m/s. Algengasti vindhraði: 7,5 m/s.

2.3 Tengsl við sólarorku

Raforkufæðing mælitækja Vegagerðarinnar verður blönduð þar sem sólarorku verður aflað yfir sumarmhelming ársins, en stóla verður á vindorku þegar sól er lágt á lofti. Tímabilið sem hér er skoðað er vetrarhelmingur ársins eða frá 1. október til 31. mars. Reynslan sýnir að utan um 10 til 12 vikna tímils í svartasta skammdeginu ná sólarcellurnar að framleiða dálítla orku yfir miðjan daginn og jafnvel hlaða inn á geymana. Í október og mars er sólin það hátt á lofti að það munar verulega um hana. Á mótí kemur að gott getur að eiga vindinn að þegar skýjað er og þungbúið svo dögum skiptir og sólarljós af skornum skammti. Tafla 2 sýnir sólarhæð á hádegi, annars vegar í Reykjavík og hins vegar á Akureyri.

Tafla 2. Sólarhæð.

Sólarhæð á veturna		
	Reykjavík	Akureyri
8. okt	19.8	18.3
22. okt	14.7	13.2
5. nóv	10.1	8.6
19. nóv	6.4	4.9
3. des	3.9	2.4
21. des	2.7	1.3
22. jan	6.4	4.9
5. feb	10.2	8.7
19. feb	14.8	13.3
5. mars	20.1	18.5

Við getum sagt til einföldunar að þegar sólarhæð er 10° eða minni megi ætla að sólarcellurnar detti alfarið út eða við gerum ekki ráð fyrir neinni nothæfri hleðslu¹. Í Reykjavík (Suðurlandi) er sá kafli frá 6. nóvember – 3. febrúar (90 dagar). Á Akureyri (Norðurlandi) er hann lengri eða frá um 31. október til 10. febrúar (103 dagar). Þegar ekki er nægur vindur má reikna má með að fæðing með sólarcellum geti komið að notum þegar sólarhæðin er $10 - 15^\circ$. Á Norðurlandi er um að ræða síðari hluta október sem og seinni part febrúar. Engu að síður er sá tími sem sól er nægjanlega hátt á lofti frekar skammur og eins getur komið við sögu skuggavarp frá nálægum fjöllum o.s.frv. Við lengri sólargang og hærri sólarhæð en 15° má oftast ætla að fæðing með sólarrafhlöðunum geti dugað ein og sér óháð vindinum. Á því eru þó undantekingar s.s. stöðvar í þröngum og skuggsælum dölum (dæmi: Fagridalur) eða stöðvar á heiðum þar sem þoka er tíð (dæmi: Þverárfjall).

¹ Upplýsingar frá Guðlaugi Jónassyni hjá Samrás.

3 Niðurstöður greiningar

3.1 Þrep 1 - 80 W

Skilgreindar voru þrjár sviðsmyndir fyrir 80 W notkun:

Sviðsmynd 1:

Gert er ráð fyrir 6 x 84Ah rafgeymum og miðað við að hleðsla fari ekki undir 10Ah.

Sviðsmynd 2:

Gert er ráð fyrir 6 x 100Ah rafgeymum og miðað við að hleðsla fari ekki undir 2 Ah.

Sviðsmynd 3:

Gert er ráð fyrir 6 x 120Ah rafgeymum og miðað við að þeir geti tæmst alveg og nýst stöðinni alveg að tæmingu.

Reiknað er í klukkustundaskrefum þar sem gengið er út frá því að geymar séu fullhlaðnir við upphaf hvers tímabils 1. október ár hvert. Gerð er talning á fjölda þeirra klukkustunda sem hleðsla geymanna fer undir skilgreind mörk og reiknað hlutfall af heildartíma. Fyrir sviðsmynd 1 er fundin út lágmarksstærð þess rafgeymis sem tryggir að hleðsla fari aldrei undir skilgreind mörk (10 Ah) miðað við notkun sem svarar mikilli notkun, þ.e. 80 W að jafnaði.

3.1.1 Samanburður eftir sviðsmyndum 1,2 og 3

Tafla 3 sýnir hlutfall þess tíma sem geymar fara niður fyrir skilgreind hleðslumörk sviðsmyndanna. Stöðvunum er raðað upp á við út frá sviðsmynd 1, en röðunin raskast lítt eftir sviðsmyndum.

Tiltölulega lítill munur er á milli sviðsmynda 1 og 2 þegar rýmdin eykst úr 84 í 100 Ah og hleðslan má fara niður í 2 Ah. Að jafnaði eykst nýtingin um 30% mest hjá þeim stöðum þar sem meðalvindur er hár, en síður fyrir lakari stöðvar. Vindur er að jafnaði það hægur hjá lakari stöðvunum að litlu skiptir að auka geymarýmdina þar sem hvort eð er gengur erfiðlega að hlaða þá fyllilega. Undantekningin frá þessari megin reglu er hið vindasama Hófaskarð þar sem nýtingin batnar aðeins um 15%. Tímabil mælinga er þar stutt og frávik geta því verið stærri.

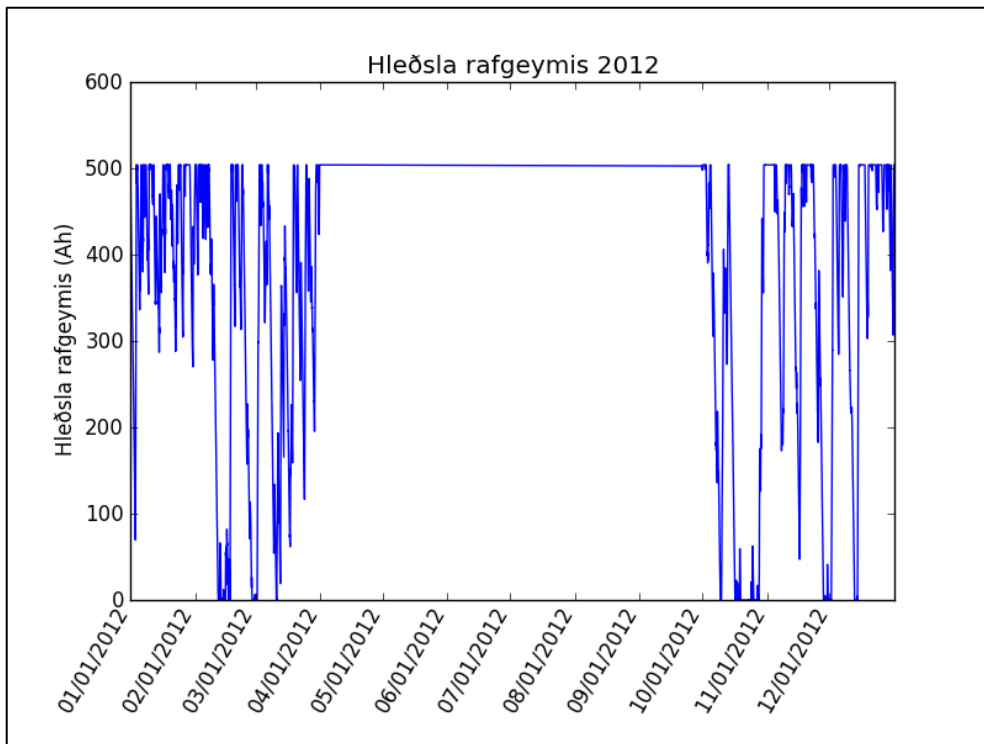
Tafla 3. Meðalvindur og tómir geymar eftir sviðsmyndum.

80 W		Sviðsmynd 1		Sviðsmynd 2		Sviðsmynd 3	
Stöð	Meðal- vindur	klst < 10Ah	Hlutf. < 10 Ah (%)	klst < 2Ah	Hlutf. < 2 Ah (%)	0 Ah	Hlutf. 0 Ah (%)
Fróðárheiði	8.5	558	1.3	277	0.6	144	0.3
Hófaskarð	7.7	122	1.4	104	1.2	83	0.9
Holtavörðurheiði	8.1	943	2.1	563	1.2	334	0.7
Ennisháls	8.4	1,010	2.2	614	1.3	333	0.7
Hálfván	8.6	1,320	2.9	897	2.0	559	1.2
Þrengsli	6.5	1,585	3.5	1,022	2.2	678	1.5
Þröskuldar	8.1	485	3.5	297	2.1	126	0.9
Möðrudalsöræfi	7.0	2,274	5.0	1,609	3.6	1103	2.4
Siglufjarðarvegur	6.4	4,197	9.3	3,212	7.2	2418	5.4
Mývatnsöræfi	6.2	4,825	10.7	3,651	8.1	2819	6.3
Lómagnúpur	5.4	5,347	11.7	3,881	8.5	2790	6.1
Skálholt	5.5	5,782	12.6	4,356	9.5	3281	7.1
Fagridalur	5.3	6,472	14.3	4,781	10.5	3502	7.7
Gauksmýri	5.9	4,505	15.8	3,552	12.5	2871	10.1
Hámundastaðaháls	4.9	6,076	30.8	5,282	26.8	4658	23.6

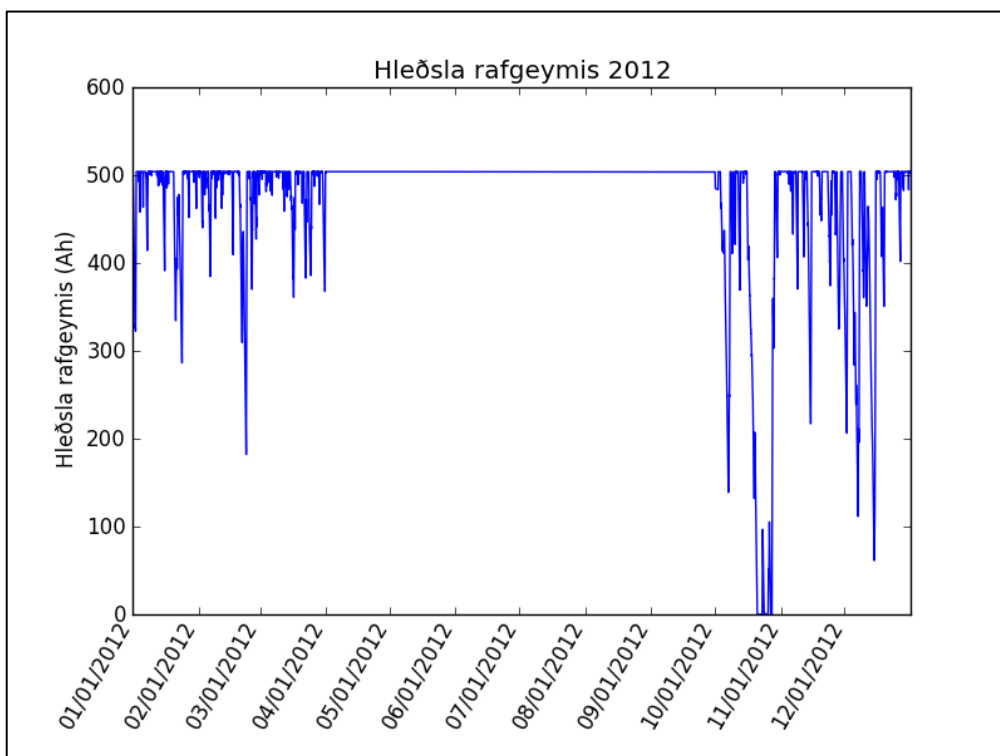
Þegar rýmdin er aukin úr 84 Ah í 120 Ah og geymarnir mega tæmast alfarið, þá fækkar “tómum” stundum að jafnaði um 50% (Hlutfall sviðsmynda 1 og 3). Eins og áður eykst nýtingin eftir því sem meðalvindurinn er meiri, en líka er greinileg tilhneiging í þá átt að bætt nýting er lakari eftir því sem k -gildi Weibull ferilsins er lægra. k -gildið er þeim mun lægra eftir því sem hægviðrakafarnir verða lengri og ríkjandi og minna er um storma. Skálholt er dæmi um veðurstöð þar sem k -gildið er hátt, en meðalvindur lágur. Með bættri rýmd eykst nýtingin um 44% á meðan nýtingin batnar um 34% á stöð eins og Gauksmýri þar sem k -gildið er lágt.

3.1.2 Anmarkar greiningar fyrir 80 W afl

Eins og áður er nefnt eru 80 W u.þ.b. fjórfalt það afl sem mælistöðvarnar nota í dag. Greiningin er því ekki raunhæf miðað við aðstæður. Hún sýnir hins vegar vel hvað beri að varast ef raforkunotkunin er aukin með meiri og þurftafrekari mælibúnaði. Á stöðum þar sem meðalvindur yfir vetrartímann reynist vera minni en 5,5 m/s bendir margt til þess að 600 W Kestrel vindrafstöðvar henti síður til orkufæðingar. Meðalvindurinn og þar með meðalaflið er þá á mörkum þess að fylla geymana að nýju eftir hægviðrakafli þegar notkunin samsvarar 80 W.



Mynd 4. Lómagnúpur 2012, hleðsla geyma miðað við 500 Ah rýmd og 80 W stöðugu úttaki (sviðsmynd 1). Ekki er reiknað yfir sumarhelming ársins. Sjá má að í nokkur skipti tæmast geymarnir alveg miðað við gefnar forsendur.



Mynd 5. Sama og mynd 4, nema fyrir Hófaskarð. Aðeins á einu tímabili í lok október tæmast geymarnir á löngum hægviðrakafli sem þá var um mest allt land. Lengst af hafa geymarnir hins vegar nálægt því fulla hleðslu.

3.2 Þrep II – 17 W

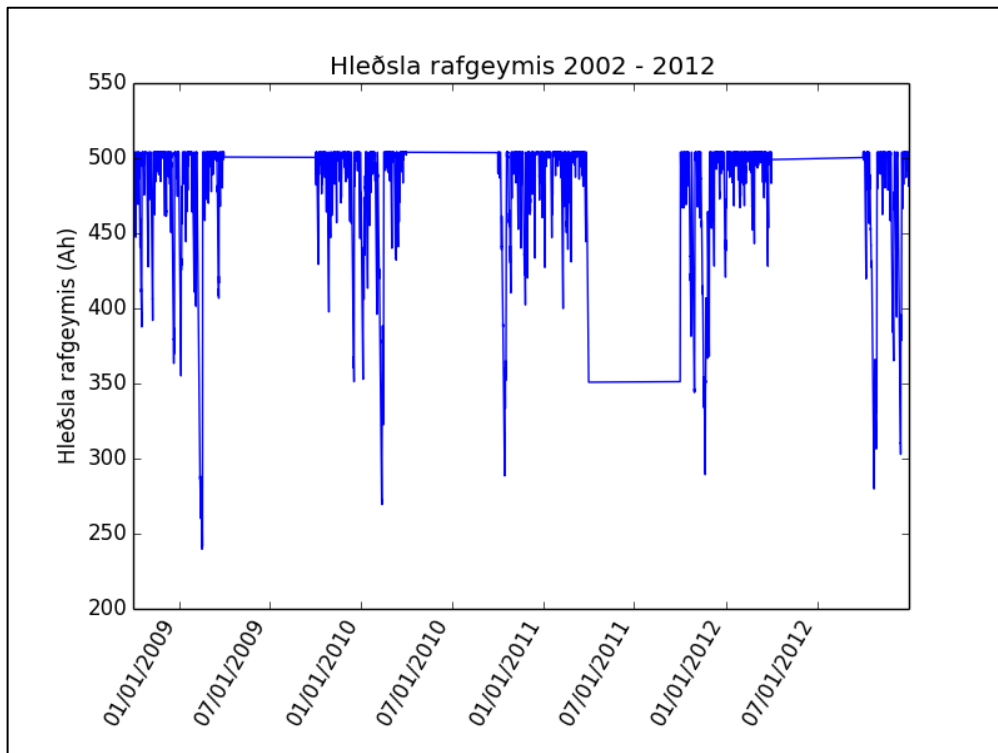
Hér er miðað við neðri mörk þess afls sem ætlað er að hver vefmyndavél þurfi. Ein sviðsmynd er hér látin nægja. Reiknaðar eru tómar stundir miðað við 6 x 84 Ah rafgeyma. Geymarnir mega tæmast alfarið (0 Ah).

Niðurstaðan fyrir veðurstöðvarnar er sýnd í töflu 4. Þegar notkunin er þetta lítil duga geymarnir á öllum stöðum og þeir tæmast aldrei. Ekki einu sinni á þeim veðurstöðum þar sem vindur er hvað hægastur s.s. á Hámundastaðahálsi.

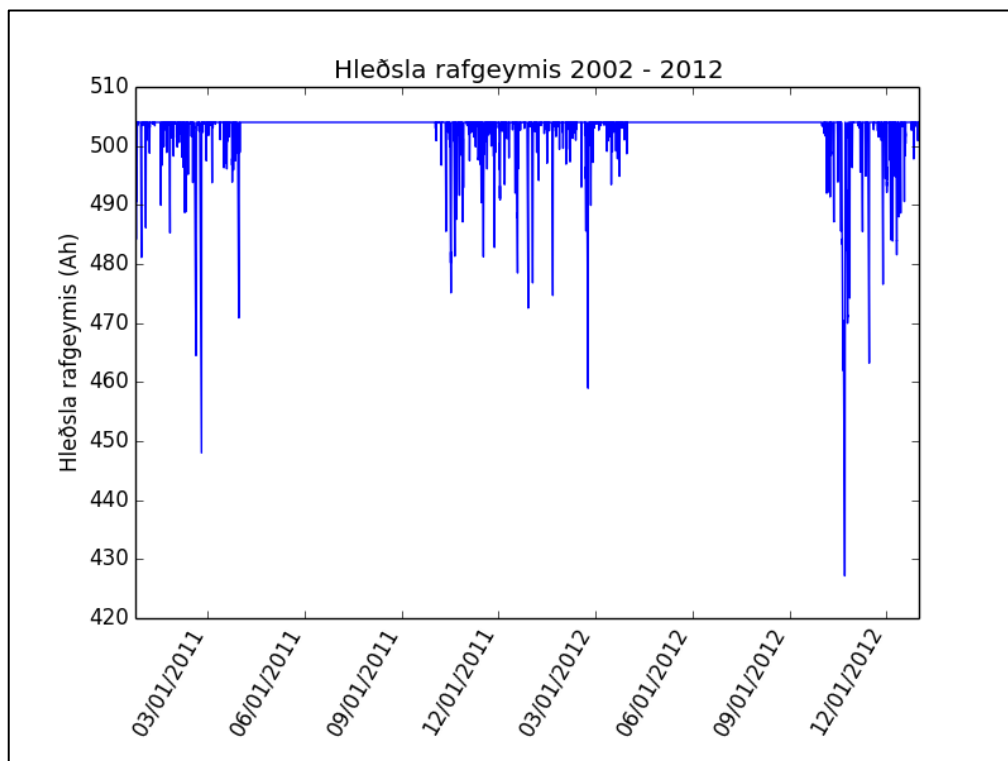
Tafla 4. Meðalframleiðsla og lágmarksstærð geyma við 17 W.

17 W			
Stöð	Meðalafi framleiðslu (W)	Hlutf. < 0 Ah (%)	Lágmarksstærð geymis (Ah)
Fróðárheiði	315	0	91
Hófaskarð	282	0	76
Holtavörðurheiði	303	0	128
Ennisháls	313	0	106
Hálfván	318	0	110
Þrengsli	215	0	116
Þröskuldar	293	0	121
Möðrudalsöræfi	243	0	185
Siglufjarðarvegur	210	0	273
Mývatnsöræfi	199	0	189
Lómagnúpur	164	0	277
Skálholt	159	0	154
Fagridalur	156	0	200
Gauksmýri	159	0	218
Hámundastaðaháls	110	0	264

Geymahleðsla fyrir öll árin er sýnd á mynd 6. Geymarnir hefðu aldri verið nálægt því að tæmast og reiknuð hleðsla hefði farið lægst í 240 Ah. Miðað við gefnar forsendur hefði verið hægt að komast af með fjóra 84 Ah geyma í stað sex. Til samanburðar er Hófaskarð þar sem meðalvindur er hvað hæstur og orkunýting vindrellunar um 47% yfir vetrarhelming ársins, en það þykir mjög gott (mynd 7). Hleðsluhlutfallið er lengst af yfir 95%. Lægst hefði það orðið tæplega 430 Ah sem samsvarar um 85% hleðslu. Lágmarks stærð geymis miðað við þessar forsendur væri 76 Ah. Miðað við það myndi einn 84 Ah rafgeymir duga miðað við þá raforkuframleiðslu sem vindmælingar gefa til kynna í Hófaskarði.



Mynd 6. Reiknuð hleðsla 6 x 84 Ah geyma á Hámundastaðahálsi og við 17 W afl veðurstöðvar. Tímabilið nær frá upphafi mælinga þar haustið 2008. Vindorkan nægir vel til hleðslu ein og sér og hleðsla geymanna er langt því frá að klárast.



Mynd 7. Sama og mynd 6, nema hér fyrir Hófaskarð frá haustinu 2010. Geymarnir reiknast lengst af næstum fullir (504 Ah) og lægst hefði hleðslan orðið um 425 Ah.

3.3 Þrep III – 21 W

Hér er miðað við efri mörk þess afls sem ætlað er að hver myndavél muni þurfa. Ein sviðsmynd er hér einnig látin nægja. Eins og í þrepi II eru reiknaðar tómar stundir miðað við 6 x 84 Ah rafgeyma. Hleðslan má tæmast alfarið og fara niður í 0 Ah.

Óþarfi er að greina betur þær stöðvar þar sem meðalaflið er 200 W eða meira frá október til mars. 200 W samsvarar til 40% orkunýtingar. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflu 5.

Tafla 5. Meðalframleiðsla og lágmarksstærð geyma við 21 W.

21 W		
Stöð	Hlutf. < 0 Ah (%)	Lágmarksstærð geymis (Ah)
Fróðárheiði	0	ekki reikn.
Hófaskarð	0	ekki reikn.
Holtavörðurheiði	0	ekki reikn.
Ennisháls	0	ekki reikn.
Hálfván	0	ekki reikn.
Þrengsli	0	ekki reikn.
Þröskuldar	0	ekki reikn.
Möðrudalsöræfi	0	ekki reikn.
Siglufjarðarvegur	0	ekki reikn.
Mývatnsöræfi	0	195
Lómagnúpur	0	296
Skálholt	0	158
Fagridalur	0	288
Gauksmýri	0	226
Hámundastaðaháls	0	274

Þó svo að aflið sé aukið úr 17 í 21 W ná geymar ekki að tæmast nokkru sinni á þeim stöðum þar sem vindur er hvað minnstur. Mjög mismunandi er á milli þeirra sex veðurstöðva sem skoðaðar voru í þrepi III hvort þörf sé á aukinni geymarýmd þegar við bætist meiri orkunotkun.

4 Umræður og niðurstöður

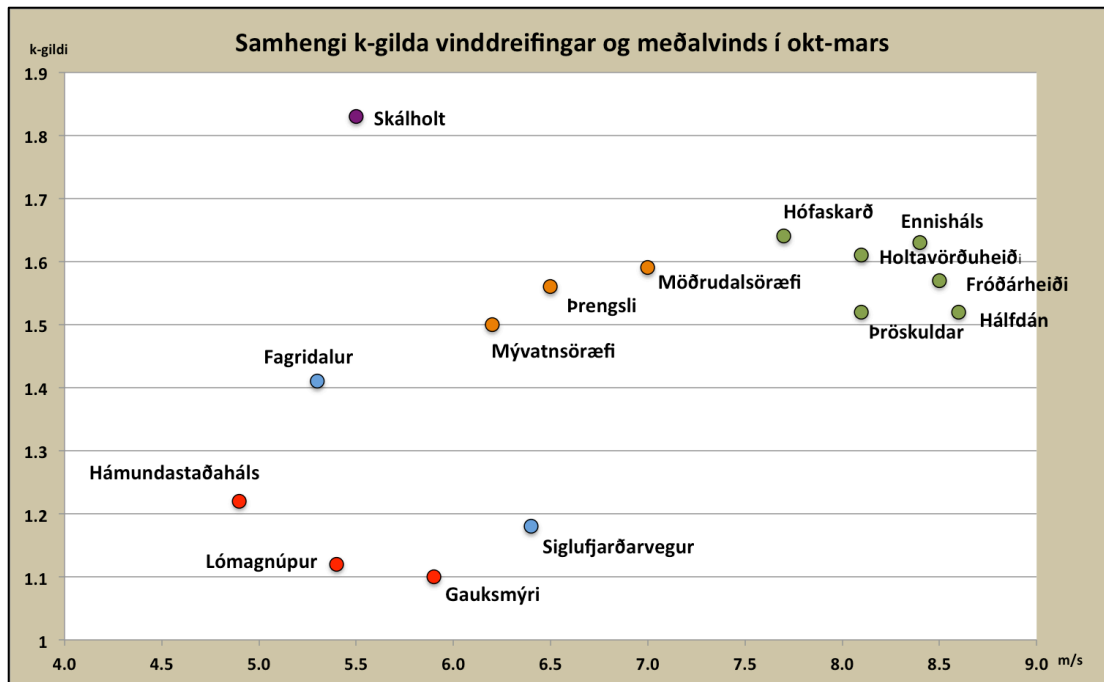
Rafmagnsframleiðsla vindrafstöðva ein og sér ætti að duga fyrir langflestar vefmyndavélar Vegagerðarinnar þar sem aflið er að jafnaði ekki meira 21 W. Þá er ekki horft til sólarorku sem ævinlega er mælanleg og munar um í jöðrum tímabilsins, einkum í október og mars. Vindasömustu staðirnir ættu að komast af með minni geymarýmd en sem nemur 6 x 84 Ah samtengdum rafgeymum.

Lengd hægviðrakafla segir meira til um lágmarksgeymarýmd heldur en meðalvindurinn. Orkunýtingin hníkast einnig þegar aflið er látið taka breytingum. Því sveiflast reiknuð lágmarksrýmd til og horfa þarf frekar á k -gildi Weibull dreifingarinnar en meðalvindhraðann einan.

Lómagnúpur er sú stöð þar sem þörf er fyrir mestu lágmarksgeymarýmdina og hún má ekki vera minni en 300 Ah eigi raforkufæðing með vindorku að duga ein og sér. Lágt k -gildi veldur því að að Lómagnúpur þarf mestu rýmdina en ekki Hámundastaðaháls þar sem meðalvindurinn er lægstur þeirra stöðva sem skoðaðar eru. Lágt k -gildi er vísbending um algengi hægviðris, þó svo að stormakaflar geti hækkað meðalvindinn fyrir viðkomandi stöð. Tafla 6 sýnir meðalvind í október til mars saman með reiknuðu k -gildi hversrar stöðvar. Fróðlegt er að teikna meðalvindinn á móti k -gildinu sem sjá má á mynd 8.

Tafla 6. Meðalvindur og K -gildi stöðva.

	Meðal- vindur	k - gildi
Fróðárheiði	8.5	1.57
Hófaskarð	7.7	1.64
Holtavörðuheiði	8.1	1.61
Ennisháls	8.4	1.63
Hálfván	8.6	1.52
Þrengsli	6.5	1.56
Þröskuldar	8.1	1.52
Möðrudalsöræfi	7.0	1.59
Siglufjarðarvegur	6.4	1.18
Mývatnsöræfi	6.2	1.50
Lómagnúpur	5.4	1.12
Skálholt	5.5	1.83
Fagridalur	5.3	1.41
Gauksmýri	5.9	1.10
Hámundastaðaháls	4.9	1.22

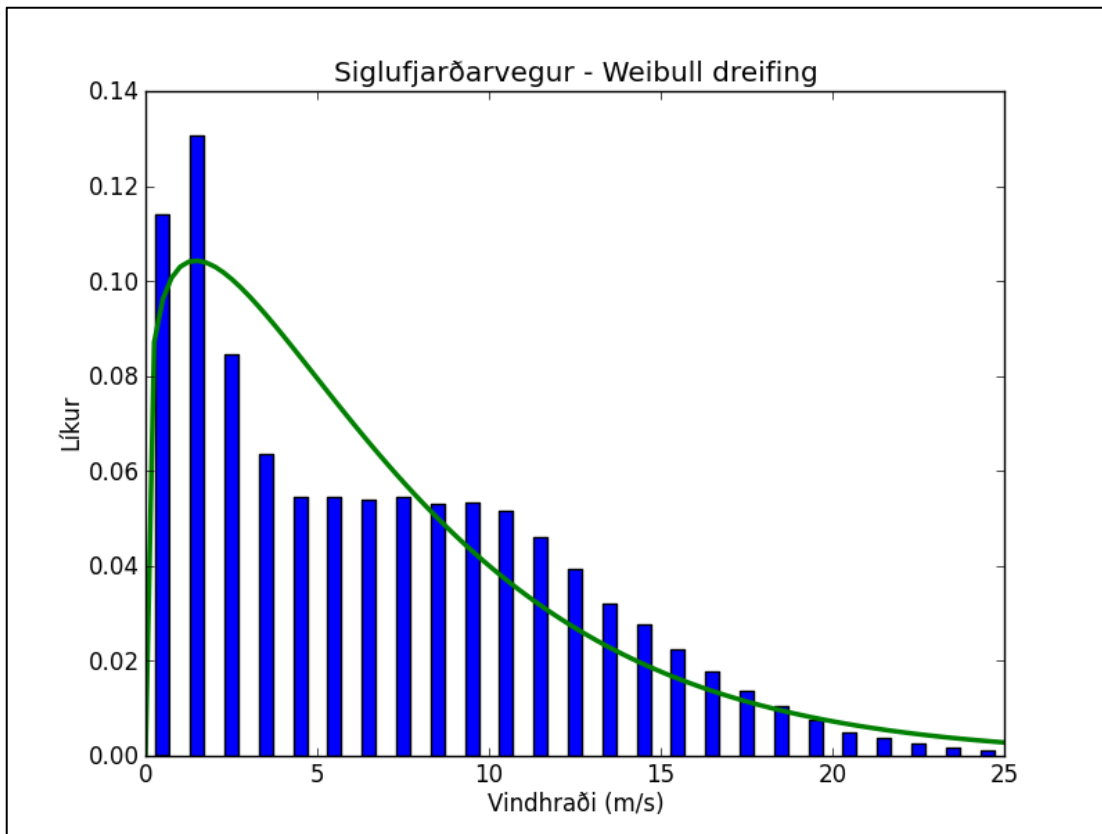


Mynd 8. Veðurstöðvar hafa verið flokkaðar eftir meðalvindhraða og *k*-gildum vindhraðadreifingar.

Skipta má veðurstöðvunum 15 gróft séð upp í fjóra flokka:

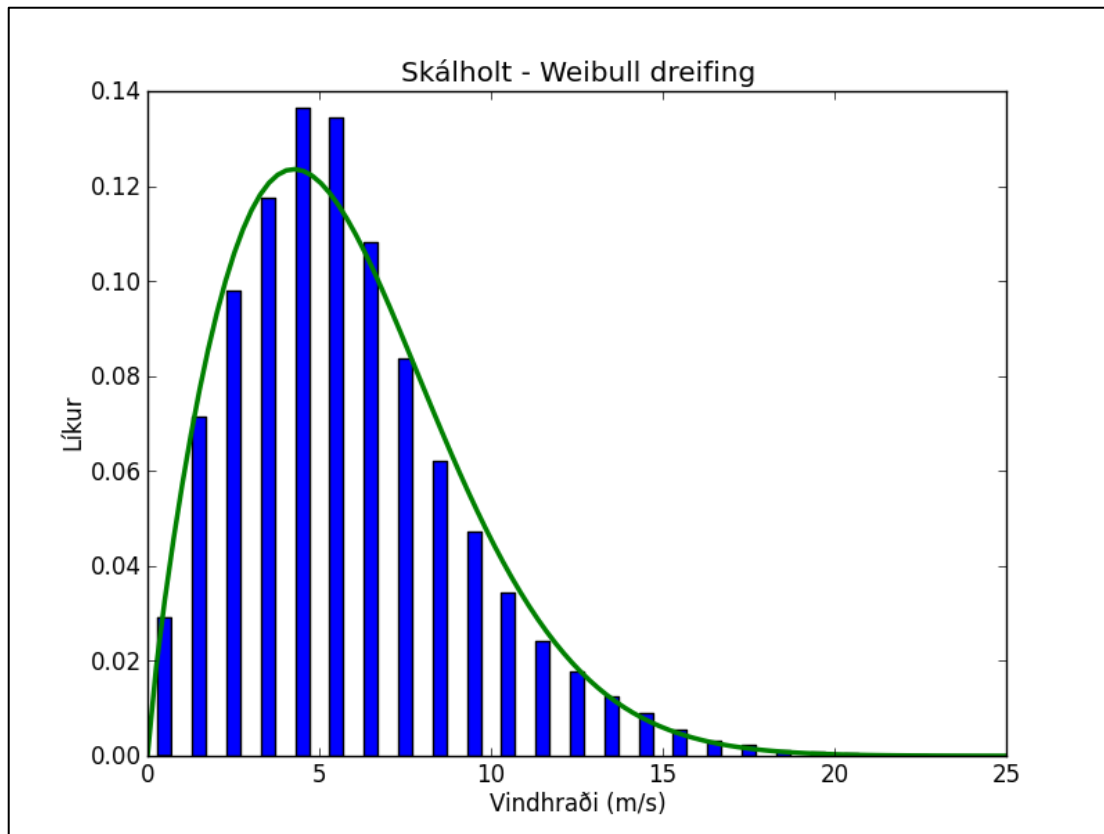
- a. (grænt) Stöðvar með mjög háan meðalvindhraða og há *k*-gildi.
- b. (appelsínugult) Stöðvar með háan meðalvindhraða og há *k*-gildi.
- c. (rautt) Stöðvar með lítinn meðalvindhraða og lág *k*-gildi.
- d. (fjólublátt) Stöðvar (ein) með hátt *k*-gildi, en lágan vindhraða.

Tvær veðurstöðvar lenda á milli í þessari flokkun, þ.e. Fagridalur og Síglufjarðarvegur. Fagridalur fylgir eðlilegri Weibull dreifingu, en það gerir Síglufjarðarvegur ekki (mynd 9). Toppur eru tveir í stað eins nærri vel skilgreindu miðgildi vindsins. Aðstæður eins og á Síglufjarðarvegi eru vafalítið víðar á láglendi nærri bröttum fjöllum, svo ekki sé talað um þar sem er sviptivindsamt s.s. undir Hafnarfjalli, Hvalnesi og víðar.



Mynd 9. Vindhraðadreifing fyrir Siglufjarðarveg. k -gildi = 1.50.

Skálholt er sér á parti með hátt k -gildi en tiltölulga lágan meðalvind (mynd 10). Einkenni vindafars er að góla eða 4-6 m/s er algengur vindur og tiltölulega sjaldan er hægviðri. Ekki er heldur mikið um allhvassan vind (13-15 m/s). Fyrir vikið framleiddi vindrafstöðin ekki mikla orku eða 159 W að jafnaði sem samsvara ekki nema 26,5% nýtingu. Samt sem áður dugar það ágætlega fyrir orkufæðingu og rekstraröryggi mælitækja, fyrir 21 W meðalnotkun. Gera má ráð fyrir að svipuð einkenni séu víða á Suðurlandsundirlendinu þar sem áhrif fjalla á vind eru lítil og NA gjóla ríkjandi ofan af hálendinu.



Mynd 10. Vindhraðadreifing fyrir Skálholt. K -gildi= 1.83.

Allar stöðvarnar í flokki a (grænar) og b (appelsínugular) hafa yfir 33% nýtingu á vindrellunum. Rekstraröryggi þeirra við orkufæðingu verður að teljast mjög gott og við 21 W ætti auðveldlega að vera hægt að komast af með færri en 6 geyma með rýmdina 84 Ah. Í flokki a. dygðu meira að segja 3 geymar og mætti auka eitthvað aflíð (21 W) án þess að hætta væri á að þeir tæmdust. Við 80 W þyrftu þeir þó að vera 6 samtengdir, af stærustu gerð (120 Ah) til að ná allt að því 100% rekstrarörggi. Gera má ráð fyrir að flestar stöðvar á heiðum eða fjallvegum myndu annað hvort falla í flokk a. (rautt) eða b. (appelsínugult). Undantekningin væru þær þar sem er mögulega skjól frá hærri fjöllum eða þar sem vegur liggur um þöngan dal, t.d. Gemlufallsheiði.

Það sem einkennir stöðvar í flokki c. (rauðar) umfram annað er að þar er meðalvindhraðinn lítil vegna langra og ríkjandi hægviðrakafla. Jafnvel þó svo sé dagar orkufæðing inn á 6 geyma af stærðinni 84 Ah. Þeir eiga að tryggja nánast fullt rekstraröryggi yfir lengri hægviðrakafla við 22 W meðal afl. Geymarnir myndu þá endast í um 280 klst án framleiðslu. Þá er ekki tekið tillit til þess að frost og kuldi dragi í einhverjum mæli úr geymslurýmdinni. Þessar veðurstöðvar eru flestar á láglendi, oft inn til landsins eða í skjóli hárra fjalla fyrir ríkjandi vindáttum. Segja má að þegar meðalvindhraði yfir vetrarhelming ársins er minni en 6 m/s og k -gildi vinddreifingarinnar (Weibulldreifing) er jafnframt minni en 1.5, verði að velja vöngum yfir raforkunotkuninni og gera ráð fyrir að rekstraröryggi verði ekki alltaf 100%. Í þeim tilvikum dagar oftast að auka geymarýmdina. Þegar meðalvindhraðinn er við 5 m/s eða jafnvel lítið eitt minni eins og á Hámundastaðahálsi þarf umfram allt að gæta að því að halda raforkunotkuninni eins lítilli og kostur er og setja frekar upp tvær vindrellur við aukna notkun frekar en að treysta á aukna geymarýmd.