



MÓAHVERFI VINDGREINING

MAT Á VINDVIST

11.02.2022



UPPLÝSINGAR

SKJALALYKILL

370-005-SKY-001

SKÝRSLUNÚMÉR

V01

VERKEFNASTJÓRI / FULLTR. VERKKAUÐA

Pétur Ingi Haraldsson / Akureyrarbær

VEKREFNASTJÓRI ÖRUGG

Hörður Páll Steinarsson

LYKILORÐ

Vindafar, vindgreining, deiliskipulag, vindvist

STAÐA

- Drög
- Drög til yfirlstrar
- Lokið

TITILL

Mat á vindvist

VERKEFNI

Móahverfi vindgreining

VERKKAUÐI

Akureyrarbær

HÖFUNDUR

Hörður Páll Steinarsson

ÚTDRÁTTUR

Vindgreining á deiliskipulagi fyrir Móahverfi, Akureyri. Hermun á vindi gerð með CFD líkönum og vindvist metin skv. LDDC.

DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

ÚTGÁFUSAGA OG SKILMÁLAR

Útgáfa	Höfundur	Dags.	Rýnt	Dags.	Samþykkt	Dags.
V01	Hörður Páll Steinarsson	07.02.22	Böðvar Tómasson	10.02.22	Böðvar Tómasson	11.02.22
Skýrsla til verkkaupa						

© ÖRUGG verkfræðistofa ehf.

Allur réttur áskilinn. Skýrslu þessa má ekki afrita með neinum hætti, svo sem með ljósmyndun, prentun, hljóðritun eða á annan sambærilegan hátt, að hluta eða í heild, án skriflegs leyfis frá ÖRUGG.

EFNISYFIRLIT

1	VERKEFNALÝSING	5
1.1	Inngangur	5
1.2	Skipulagið	5
2	AÐFERÐAFRÆÐI	7
2.1	Mat á staðbundnu vindafari	7
2.2	Svæði til skoðunar	7
2.3	Viðmið vegna vindafars	7
2.4	Markmið um vindaðstæður	8
2.5	Greining á veðurgögnum	9
2.6	Hermun á vindi og túlkun gagna	13
2.7	Forsendur, ályktanir og takmarkanir	15
3	STAÐBUNDIÐ VINDAFAR	16
3.1	Deiliskipulagstillaga	16
3.2	Niðurstöður árstíða fyrir deiliskipulagstillögu	30
4	MÓTVÆGISAÐGERÐIR	31
4.1	Almennt um mótvægisáðgerðir	31
4.2	Svæði þar sem vindaðstæður eru ekki skv. væntingum	31
4.3	Tegundir mótvægisáðgerða	32
5	SAMANTEKT	34
6	HEIMILDIR	36
7	VIÐAUKI 1 – TÍÐNI OG MEÐALVINDHRAÐI VINDÁTTA	37
8	VIÐAUKI 2 – VINDRÓSIR VEÐURGAGNA	38
9	VIÐAUKI 3 – VINDRÓSIR Á SKIPULAGSSVÆÐINU	39
10	VIÐAUKI 4 – WEIBULL STUÐLAR HLIÐRAÐRA VEÐURGAGNA	41
11	VIÐAUKI 5 – VINDSNIÐ FYRIR HVERJA VINDÁTT Í HERMUN	44
12	VIÐAUKI 6 – HERMUN Á VINDI	45

1 VERKEFNALÝSING

1.1 INNGANGUR

ÖRUGG verkfræðistofa hefur verið fengin af Akureyrarbæ til að gera vindgreiningu og leggja mat á vindvist í deiliskipulagi Móahverfi, sem er nýtt hverfi vestan við Borgarbraut, Akureyri.

Vinna ÖRUGG verkfræðistofu snýst um að meta vindvist innan deiliskipulagsins sem segir til um gæði umhverfisins m.t.t. áhrifa staðbundins vindafars á þægindi og öryggi fólks.

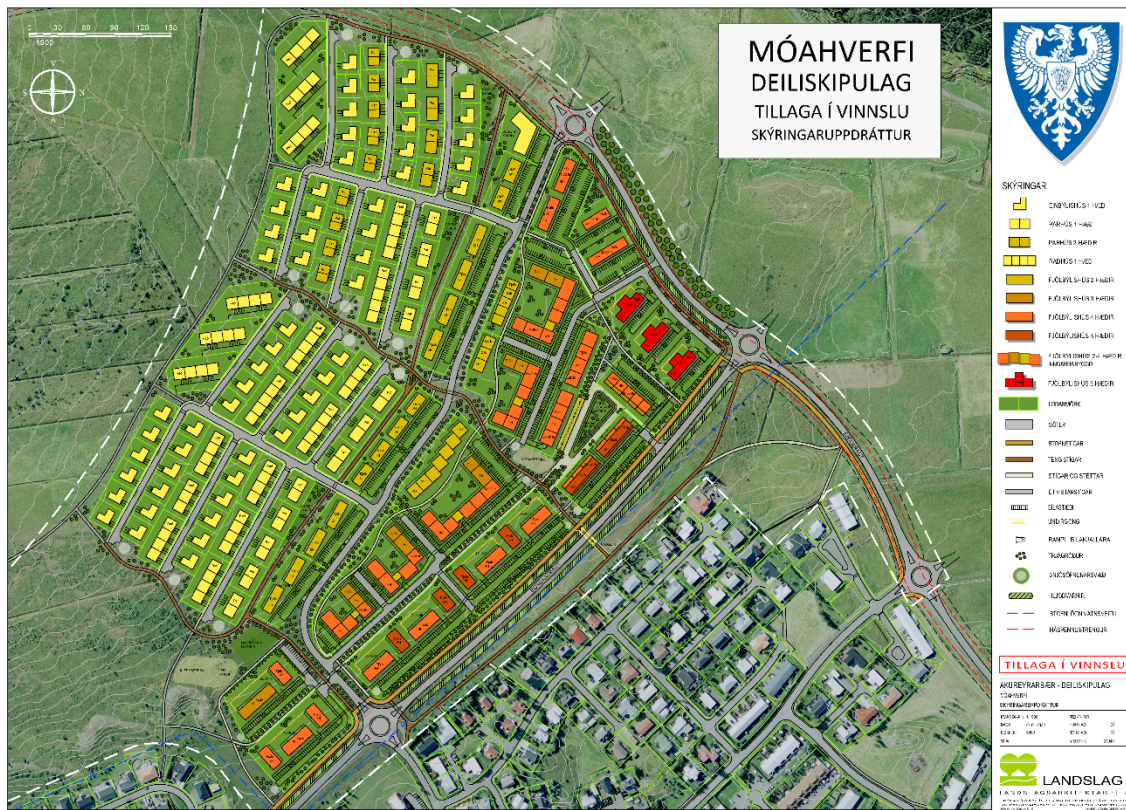
Vindgreiningin felur í sér hermun á 12 vindáttum með tölulegum straumfræðilíkönum (CFD) fyrir deiliskipulagið, ásamt tölfræðiúrvinnslu á veðurgögnum, mati á bæði staðbundnum vindhraða innan hverfisins og áhrifum vinds á þægindi og öryggi fólks.

Svæði verða flokkuð eftir því hvaða athafnir þykja hentugar miðað við staðbundið vindafar þar sem athafnir eru taldar vera þægilega ef vindhraði er nægilega lágur fyrir fjölda stunda á hverri árstíð.

Upplýst verður um skjólgóð svæði innan hverfisins, hvort að möguleg nýting svæða sé að uppfylla væntingar og svo önnur svæði þar sem vindaðstæður eru ekki ákjósanlegar.

1.2 SKIPULAGIÐ

Um er að ræða deiliskipulag fyrir nýtt íbúðahverfi vestan Borgarbrautar á Akureyri unnið af Landslagi fyrir skipulagssvið Akureyrarbæjar. Íbúðahverfið er um 30 ha að stærð og inniheldur ca. 150 byggingar með um 1000 íbúðum í fjölbýli og sérþýli. Gert er ráð fyrir 9-13 fjölbýlishúsum sem eru 5-6 hæðir og 5 inngarðabyggðum með 2-4 hæða byggingum.



MYND 1. Deiliskipulag að Móahverfi, Akureyri.

Í tillögunni er gert ráð fyrir torgsvæði sem er lykilsvæði í tillögunni ásamt nærliggjandi byggingum. Norðan við torgsvæðið er gert ráð fyrir verslun og þjónustu á jarðhæð sem hefur aðgengi að torgsvæðinu. Í deiliskipulaginu er einnig inngarða byggð þar sem garðsvæðin eru lykilsvæði. Auk þess er stígakerfi með stofn- og tengistígum þar sem spila lykilhlutverk í deiliskipulaginu.

Því eru lykilsvæði innan deiliskipulagsins sem til skoðunar eru í vindgreiningu eftirfarandi:

- torgsvæði í skipulaginu
- garðsvæði í inngarðabyggð
- gönguleiðir um stígakerfi með stofn- og tengistígum
- inngangar að byggingum – almennt í kringum byggingar
- jarðhæðir bygginga við torgsvæði þar sem möguleikar eru fyrir atvinnustarfsemi

2 AÐFERÐAFRÆÐI

2.1 MAT Á STAÐBUNDNU VINDAFARI

Hermun á vindi er gerð í tölulegu straumfræðilíkani (CFD) fyrir tilfellin að ofan. Niðurstöður CFD hermana á vindi eru svo tengdar saman við gögn frá veðurstöð og vindaðstæður á hverju svæði fyrir sig eru borin saman við hönnunarviðmið LDDC [1].

CFD greining inniheldur hermanir á a.m.k. 12 vindáttum og skilar niðurstöðum þar sem hægt er að skoða niðurstöður í hverri reiknisellu í þrívíðu reikninetinu. Vindhraði er dreginn út í mannhæð (1,5 m) í kringum áhugasvæðið og er reiknað hröðunarhlutfall sem gefur til kynna hvaða áhrif byggingarnar hafa á vindflæðið í kring. Hröðunarhlutfall aðstoðar við að greina hvar vindhraði eykst og hvar dregur úr vegna bygginganna.

Vindgögnin sem fengin eru frá veðurstöð eru 10-mínútna meðalgildi fyrir vindhraða og vindátta sem spannar a.m.k. nýleg 10 ára tímabil. Gögnunum er skipt niður í 12 vindáttir með 30° geirum og eftir árstíðum. Gögnin eru færð frá staðsetningu veðurstöðvarinnar og að skipulagssvæðinu skv. aðferðum ESDU [2] þar sem tekið verður tillit til áhrifa yfirborðshrýfis á vindhraða. Í framhaldinu eru Weibull-stuðlar fengnir fyrir hverja vindátt og fyrir hverja árstíð.

Í hönnunarviðmiði er svæðum skipt niður í notkunarflokkka sem gjarnan eru: *Seta í lengri tíma, staldra við, róleg ganga, rösk ganga og óþægilegt*. Hver notkunarflokkur hefur skilgreind þröskuldsgildi fyrir vindhraða og tíðni þannig að ef vindhraði verður of oft hærri en vindhraði notkunarflokksins þá hentar svæðið ekki lengur til þeirra nota. Líkur á því að vindhraði á hverju svæði verði meiri en þröskuldsgildið er reiknað skv. Weibull-dreifingu með stuðlum fengnum frá veðurgögnum.

2.2 SVÆÐI TIL SKOÐUNAR

Heildstætt þrívíddarlíkan var sett saman og undirbúið með einföldunum og þeim gæðum sem þarf til hermana á vindi með CFD straumfræðilíkönunum. Þrívíddarlíkanið inniheldur allar byggingar í deiliskipulaginu ásamt nærliggjandi byggingum og yfirborði jarðar í 620 m radíus frá lykilsvæði í skipulaginu.

Í kringum skipulagssvæðið er nákvæmni líkansins hvað mest en þar eru minniháttar einkenni bygginga almennt innifalin í líkaninu. Eftir því sem ytra er farið er slíkum einkennum sleppt og eru byggingar þar fyrir utan eingöngu þéttir massar.

Landslag og byggingar innan 620 m radíus eru í líkaninu og þar með hrýfi yfirborðsins en ytra í líkaninu er tekið tillit til hrýfi yfirborðsins með stærðfræðilegum líkönunum í hermun.

Þrívíddarlíkanið inniheldur ekki tré eða götumuni eins og ljósastaura, bekki o.þ.h.

Landnotkun í kringum skipulagssvæðið er metin af kortum Corine Land Cover [3]. Yfirborðshrýfi (e. aerodynamic roughness length) sem hefur áhrif á vindsniðið er skv. NEWA [4] fyrir hverja landnotkun.

2.3 VIÐMIÐ VEGNA VINDAFARS

Gæði svæða innan skipulagsins verða flokkuð skv. hönnunarviðmiðum Lawson LDDC sem hafa verið notuð alþjóðlega, t.a.m. í Bretlandi, Noregi og víðar. Lawson LDDC kvarðinn var búinn til af T. V. Lawson (University of Bristol) í samráði við N. Isumov (University of Western Ontario) fyrir London Dockland Development Corporation (LDDC) [1].

Skv. hönnunarviðmiði Lawson LDDC er svæði talið vera óhentugt fyrir tiltekna notkun ef 5% líkur eru á að vindhraði verður meiri en þröskuldsgildi notkunarflokks fyrir hverja árstíð. Ennfremur er svæði talið óöruggt ef 0,025% líkur eða hærra eru á að vindhraði verði meiri en þröskuldsgildi öryggisflokksins fyrir allt árið, þ.e.a.s. 2 tímar á ári. Notkunarflokkar, öryggisflokkar og þröskuldsgildi fyrir vindhraða eru sýnd í töflunum hér að neðan.

TAFLA 1 Notkunarflokkar / öryggisflokkar skv. Lawson LDDC kvarðanum.

Notkunarflokkur	Vindhraði	Lýsing á Lawson LDDC [5]	Lýsing á City Lawson f. verstu vindskilyrði [6]
Sitja í lengri stund	4 m/s	Hentar fyrir að lesa dagblað, borða og drekka	(2,5 m/s) Hentugt fyrir svæði sem eiga að nýtast til að sitja oft úti, t.d. kaffihús, veitingahús o.þ.h. (4 m/s) Hentugt fyrir svæði sem eiga að nýtast til að sitja einstaka sinnum úti, t.d. almenningsvæði, svalir, verandir o.þ.h.
Standa / sitja í lengri stund	6 m/s	Hentar fyrir strætóstoppistöðvar, að skoða í búðarglugga, innganga fyrir byggingar	Hentar fyrir strætóstoppistöðvar, innganga að byggingum, gönguleiðir í súlnagöngum og undir byggingar
Róleg ganga	8 m/s	Hentar fyrir almennar gönguleiðir og skoðunarferðir	Hentar fyrir almennar gönguleiðir.
Rösk ganga (A til B)	10 m/s	Hentar fyrir svæði þar sem ekki er gert ráð fyrir að fólk muni staldra við	Óþægilegt fyrir almennt aðgengi
Óþægilegt	> 10 m/s	Óþægileg svæði fyrir alla notkun m.t.t gangandi vegfarenda	Óþægilegt fyrir almennt aðgengi
Öryggisflokkur	Vindhraði	Skýringar / dæmi um notkun	
Óöruggt fyrir almennan borgara	15 m/s	Vindaðstæður erfiðar fyrir viðkvæma hópa og hjólræiðafólk	Áhætta fyrir gangandi vegfarendur, sérstaklega viðkvæma hópa.
Óöruggt fyrir hraustan borgara	20 m/s	Vindaðstæður erfiðar fyrir hraust fólk. Nær ómögulegt að standa í vindhviðu.	

Gæði svæða verða metin eftir árstíðum skv. Lawson LDDC hönnunarviðmiðum þar sem notkun svæða byggist á því hvernig fólk upplifir svæðið m.t.t. vindaðstæðna. Svæði verður talið óheppilegt til tiltekinnar notkunar ef vindhraði notkunarflokksins verður of tíður. Þannig er svæði talið heppilegt til setu ef vindhraði verður innan 4 m/s í 95% stunda árstíðar.

Öryggi svæða verður metið á annan hátt til að taka tillit til íslensks veðurfars. Það verður ekki ætlast til þess að staðbundinn vindhraði í skipulaginu verði undir öryggismörkum þegar mældur vindhraði á veðurstöð (eftir hliðrun á skipulagssvæði) er yfir öryggismörkum. Heldur verða þau svæði til skoðunar þar sem byggðin hefur þau áhrif að vindhraði eykst staðbundið. Heildarlíkur á því að staðbundinn vindhraði fari yfir öryggismörk vegna byggðarinnar verða bornar saman við viðmið Hollenska staðalsins NEN 8100 þar sem miðað er við að hætta gæti verið til staðar ef staðbundinn vindhraði verður hærra en 15 m/s oftar en 0,05% ársins [7].

2.4 MARKMIÐ UM VINDAÐSTÆÐUR

Lawson LDDC verður notaður til að flokka svæði niður skv. hentugri athöfn. Eftirfarandi væntingar um athafnir eru gerðar á þessum svæðum:

- **Inngarðar og dvalarsvæði**, hægt sé að sitja löngum stundum að sumri til og staldra við að vori og hausti
- **Inngangar að byggingum**, hægt sé að staldra við á öllum árstíðum
- **Atvinnuhúsnæði á jarðhæð**, hægt sé að sitja löngum stundum að sumri og staldra við að vetri
- **Almennar gönguleiðir**, hægt sé að staldra við að sumri og ganga rólega að vetri

2.5 GREINING Á VEÐURGÖGNUM

Veðurgögn voru fengin frá veðurstöðinni við Akureyri – Krossanesbraut (3471). Veðurgögnin innihalda 10-mín meðaltalsgildi fyrir vindhraða og vindáttir og spanna tímabilið 2005-2020. Vindgögnin voru flokkuð í 12 vindáttir.

Veðurgögn eru almennt undir áhrifum frá nærumhverfi sínu og því þarf að leiðrétta veðurgögnin með því að fjarlægja áhrif nærumhverfisins – bæði fyrir veðurstöðina og skipulagssvæðið. Veðurgögnin voru þannig færð frá veðurstöðinni að skipulagssvæðinu skv. aðferðum ESDU [2] þar sem tekið var tillit til áhrifa yfirborðshryfis og lengd hvers yfirborðshryfis (e. fetch) á vindhraða hvers vindáttar.

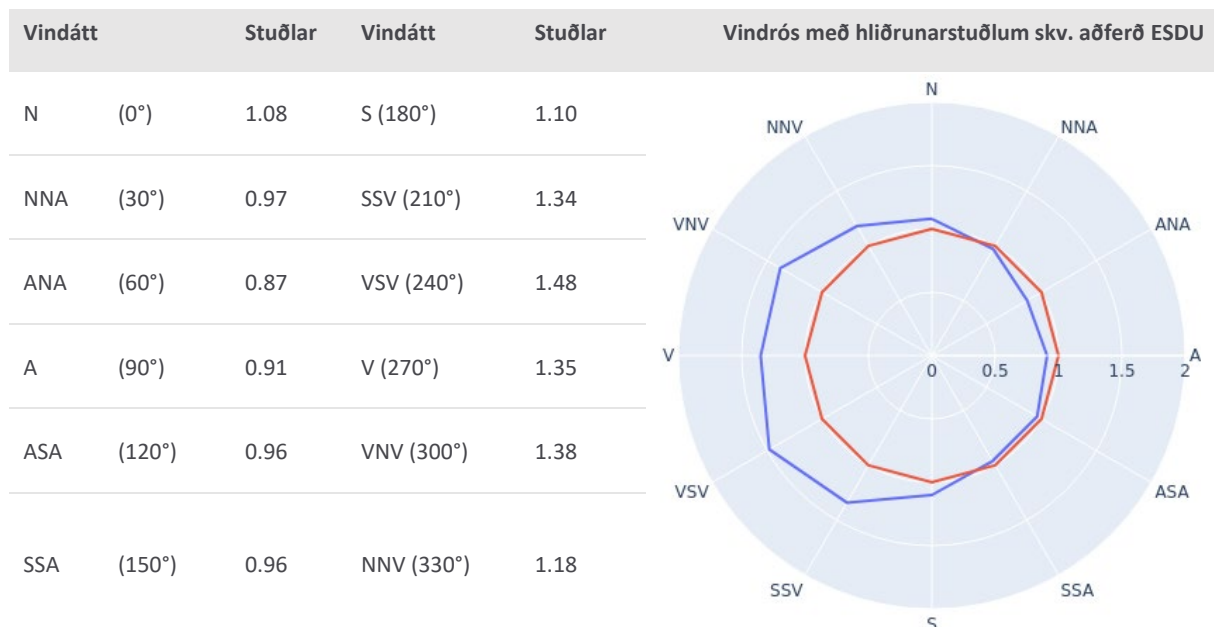
Landnotkun svæða í kringum bæði veðurstöðina og skipulagssvæðið er metið skv. landgerðaflokkun CORINE Land Cover [3]. Geiri fyrir hverja vindátt, sem nemur 30°, er lagður yfir landgerðaflokkunarkort CORINE með upphaf hjá veðurstöðinni annars vegar og skipulagssvæðisins hins vegar.

Vegið yfirborðshryfi hvers geira er metin út frá bæði landnotkunargerð og stærð landnotkunarsvæða þar sem yfirborðshryfi er skilgreint fyrir hverja landnotkun skv. NEWA [4]. Geirinn stækkar þar til breyting verður á yfirborðshryfi geirans. Þá er annar geiri lagður fyrir sömu vindátt til að finna fjarlægðina í næstu breytingu á yfirborðshryfi. Nýr geiri er lagður þar til fjarlægð í næstu breytingu á yfirborðshryfi er orðið 30 km. Þá er ferlið endurtekið fyrir næstu vindátt.

2.5.1 HLIÐRUNARSTUÐLAR

Eftir að tekið hefur verið tillit til áhrifa nærumhverfisins á veðurstöð og á skipulagssvæðinu fást hliðrunarstuðlar sem eru í hlutfall vindhraða á skipulagssvæðinu og vindhraða á veðurstöð. **TAFLA 2** bæði birtir hliðrunarstuðla fyrir hverja vindátt og sýnir þá myndrænt með vindrós.

TAFLA 2. Hliðrunarstuðull veðurgagna frá veðurstöð að skipulagssvæðinu ásamt vindrós með stuðlunum.

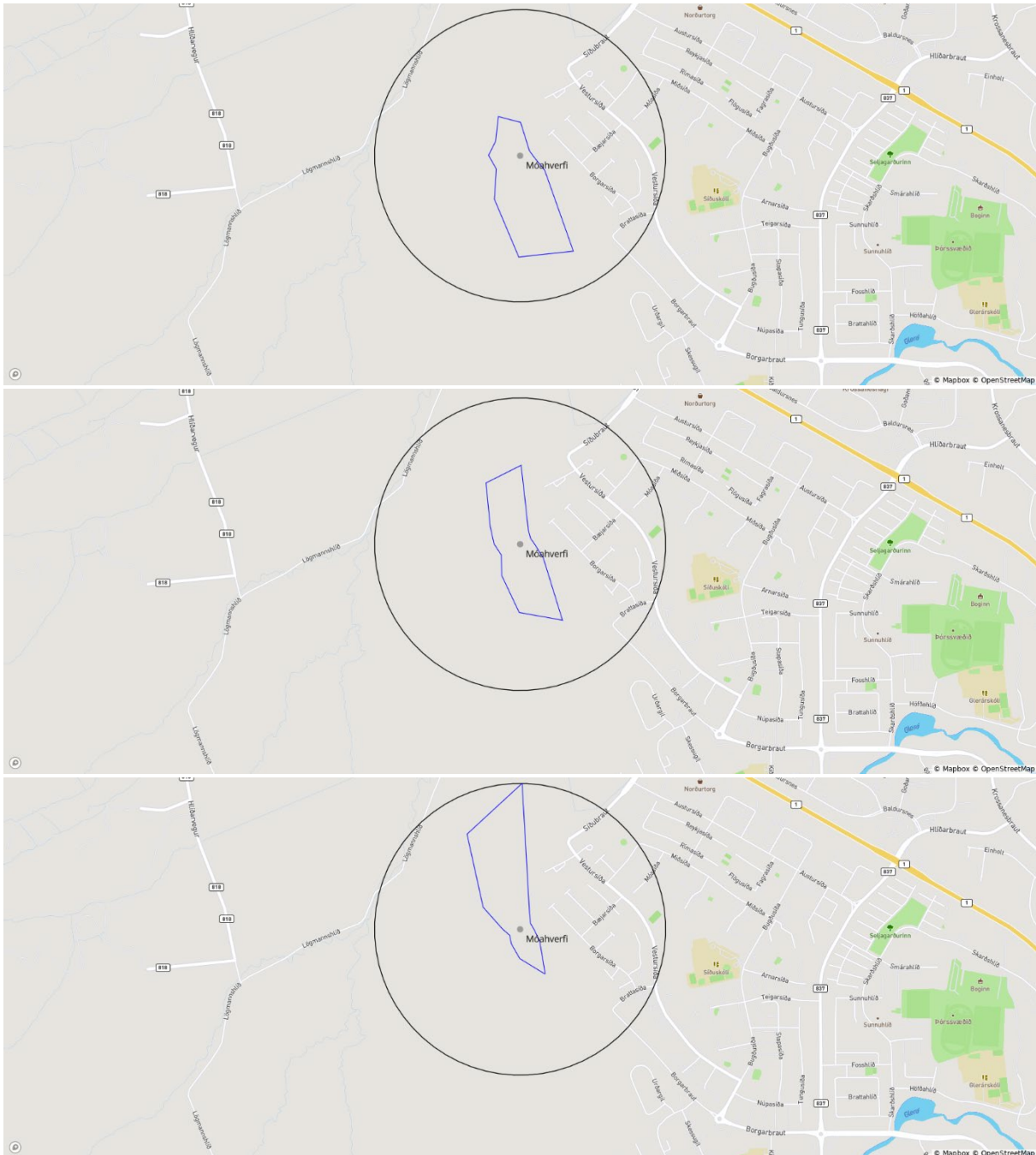


Veðurstöðin er í um 1,9 km fjarlægð frá skipulagssvæðinu. Veðurstöðin er opin fyrir vindum úr norðanátt og allt til austanáttar en skipulagssvæðið er opið fyrir vindum úr sunnanátt og allt að norðanátt. Því eru þær vindáttir fyrir skipulagssvæðið ýktar (hliðrunarstuðull > 1.0) en aðrar vindáttir dempaðar (hliðrunarstuðull < 1.0). Þótt veðurstöðin er að mestu opin fyrir vindi úr norðanátt þá gætir áhrifa frá hafnarvæði í Krossanesi á mæld veðurgögn úr þeirri vindátt.

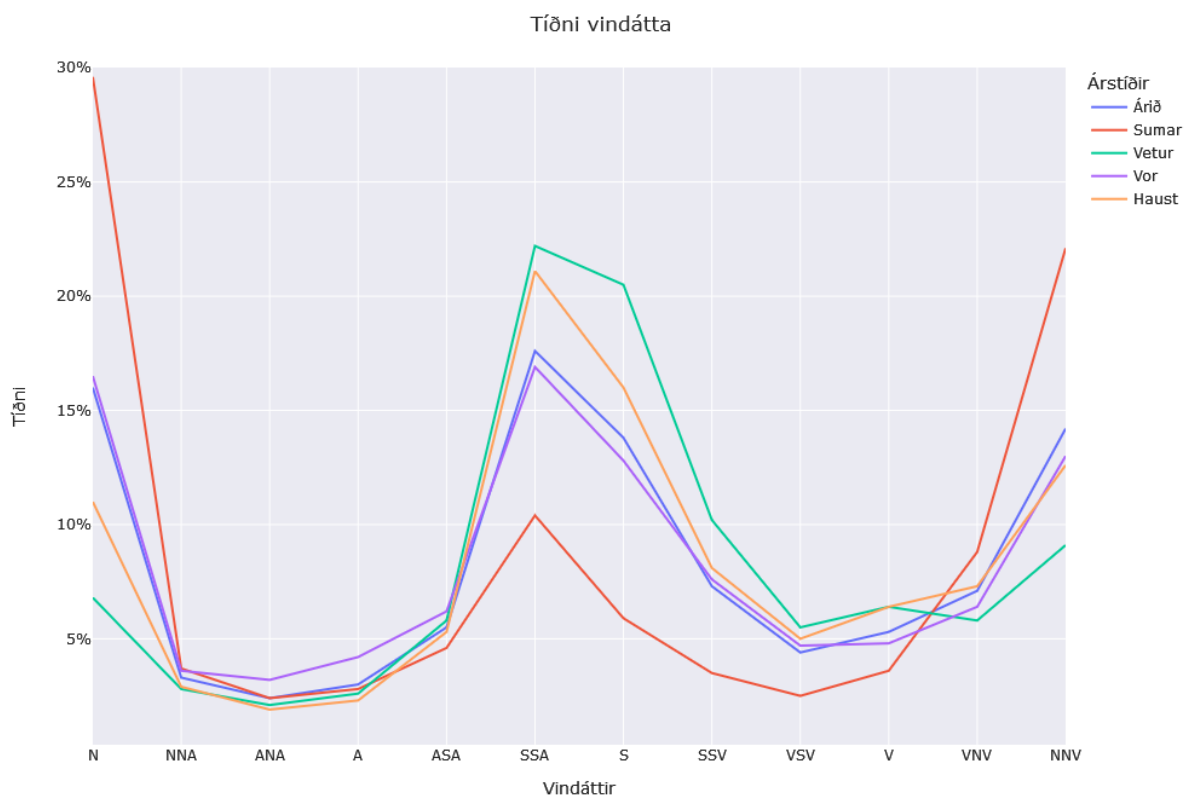
2.5.2 TÍÐNI VINDÁTTA

Vindrósir geta aðstoðað við að greina hvaða vindátt er tíðust og jafnvel hvaða vindáttir innihalda mikla vindhraða fyrir hverja árstíð. Vindrósir fyrir vindgögn frá veðurstöð eru sýndar í Viðauki 2 – Vindrósir veðurgagna.

Vindrósir sem sýna eingöngu tíðni vindáttanna voru gerðar fyrir hliðruð vindgögn og lagðar yfir kort af skipulagssvæðinu til að sýna betur hvaða vindáttir gætu haft mestu áhrif á skipulagssvæðið. Vindrósirnar eru sýndar á **MYND 2** fyrir allt árið, sumar og vetur en stærri myndir og fyrir allar árstíðir er að finna í Viðauki 3 – Vindrósir á skipulagssvæðinu.



MYND 2. Vindrós fyrir allt árið (efst), sumarið (fyrir miðju) og vetur (neðst).



MYND 3. Tíðni vindáttá á hverri árstíð.

Tíðni vindáttá eftir árstíðum er einnig sýnd á **MYND 3** að ofan. **TAFLA 10** geymir tölugildi fyrir tíðni og meðalvindhraða hvers vindáttá fyrir hverja árstíð og er að finna í Viðauki 1 – Tíðni og meðalvindhraði vindáttá en **TAFLA 3** tekur saman tíðustu vindáttirnar á hverri árstíð.

TAFLA 3. Tíðustu vindáttir eftir árstíðum – tíðari en 10%.

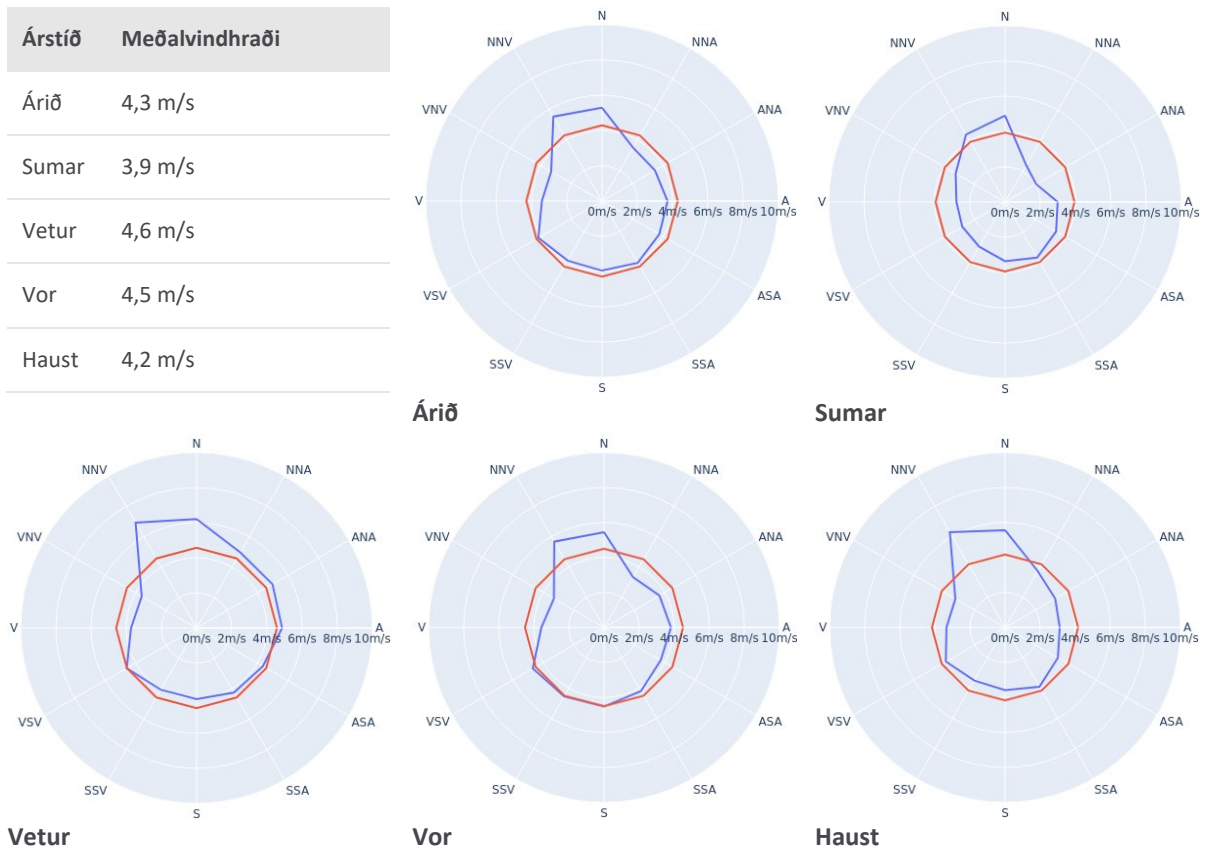
Tíðustu vindáttir	Árið	Sumar	Vetur	Vor	Haust
Tíðust	SSA (17.6%)	N (29.6%)	SSA (22.2%)	SSA (16.9%)	SSA (21.1%)
Næst tíðust	N (16.0%)	NNV (22.1%)	S (20.5%)	N (16.5%)	S (16.0%)
Priðja tíðust	NNV (14.2%)	SSA (10.4%)	SSV (10.2%)	NNV (13.0%)	NNV (12.6%)
Fjórða tíðust	S (13.8%)	-	-	S (12.8%)	N (11.0%)

Allra helsta vindáttin er **SSA**-átt því hún eru tíðari en 10% á öllum tímabilum og tíðasta vindáttin á öllum tímabilum nema yfir sumarið. Næst mikilvægasta vindáttin er **N**-átt því hún er tíðari en 10% á öllum tímabilum nema að vetri og er tíðasta eða næst tíðasta vindáttin á þremur tímabilum. Þar á eftir koma vindáttirnar **NNV**-átt og **S**-átt, sem eru mjög sambærilegar nema að **S**-áttin er tíðari á vetri og að hausti þegar markmiðið er að reyna að tryggja að vindaðstæður verði ekki óþægilegar og **NNV**-áttin er tíðari á sumri og að vori þegar almennt er reynt að tryggja vindaðstæður þar sem hægt er að sitja úti í lengri eða skemmri tíma.

2.5.3 MEÐALVINDHRAÐI VINDÁTTA

MYND 4 sýnir meðalvindhraði fyrir hverja vindátt fyrir hverja árstíð (í bláu) auk meðaltals fyrir þá árstíð (í rauðu) fyrir veðurgögnin eftir að þau hafa verið hliðruð á skipulagssvæðið.

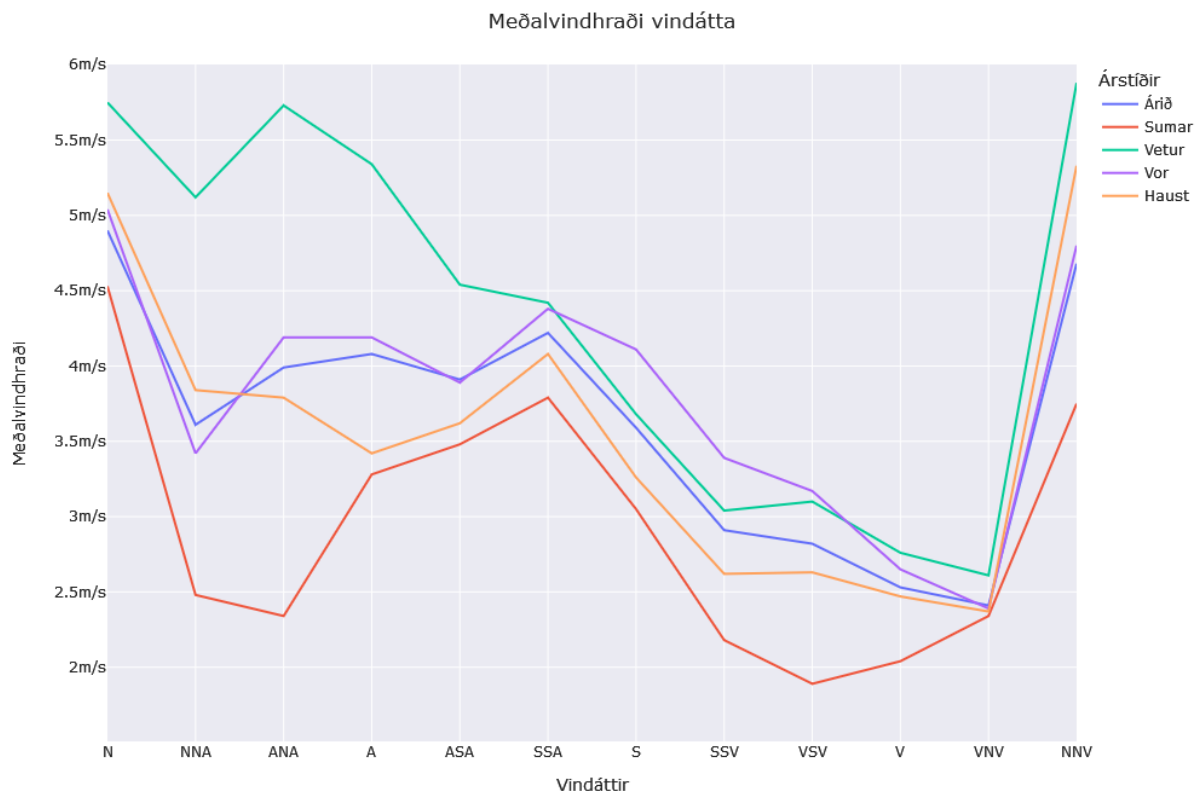
Árstíð	Meðalvindhraði
Árið	4,3 m/s
Sumar	3,9 m/s
Vetur	4,6 m/s
Vor	4,5 m/s
Haust	4,2 m/s



MYND 4. Meðalvindhraði hliðraðra veðurgagna eftir vindátta og eftir árstíðum.

Vindrósir með meðalvindhraða sýna að almennt er norðanáttirnar (NNV, N) sem eru hvassari en meðaltalið fyrir allar árstíðir. Að vetri til eru vindáttirnar NNA, ANA og A aðeins hvassari en meðaltalið. Þá eru vindáttirnar V og VNV hægari heldur en meðaltalið á öllum árstíðum en aðrar vindáttir eru breytilegar.

MYND 5 sýnir meðalvindhraða vindáttanna fyrir hverja árstíð. Myndin sýnir að N-átt, SSA-átt og NNV-átt eru almennt hvassari en aðrar vindáttir fyrir allar árstíðir nema veturna. Um vetur eru NNA, ANA, A og ASA-átt einnig hvassar.



MYND 5. Meðalvindhraði vindáttá eftir árstíðum úr veðurgögnum frá veðurstöð 3471.

Helstu vindáttirnar hvað varðar meðalvindhraða eru því **N**-átt, **SSA**-átt og **NNV**-átt, sem einnig reyndust vera mjög tíðar. Þar á eftir eru **ANA**-átt og **A**-átt og á eftir þeim eru það **ASA**-átt og **NNA**-átt, en engin þessarra vindáttá reyndust vera sérlega tíðar en gætu þó skapað erfiðar vindaðstæður sökum meðalvindhraða þeirra.

2.6 HERMUN Á VINDI OG TÚLKUN GAGNA

CFD hermanir eru gerðar fyrir 12 vindáttir í 30° geirum í CFD hugbúnaðinum HELYX-Core 3.1.0. frá Engys sem byggir á OpenFOAM®v1712 frá OpenCFD (ESI group).

Fyrir hverja vindátt er skilgreint vindsnið með viðmiðunarvindhraða í 10 m hæð og yfirborðshrýfi.

$$U(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z + z_0}{z_0}\right)$$

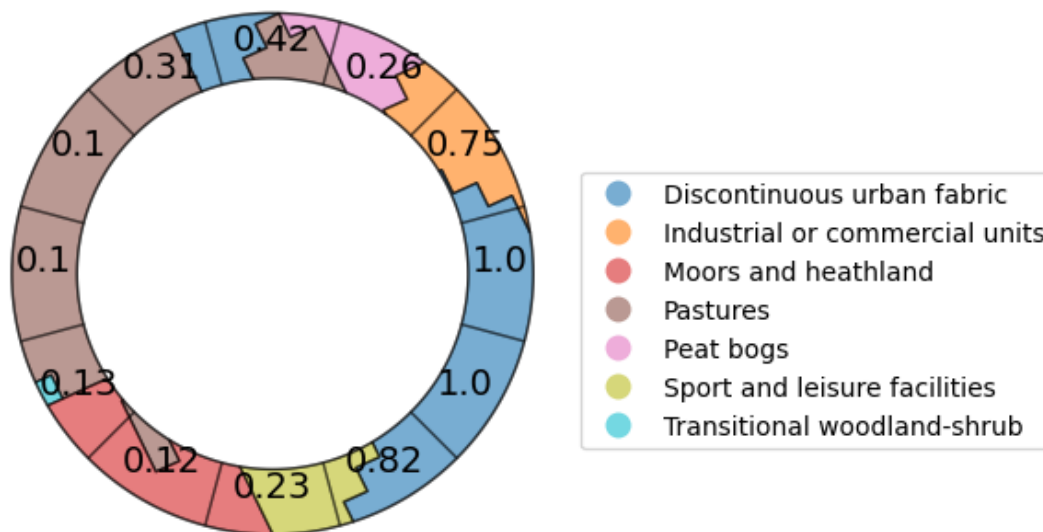
þar sem u_* er núningshraði við yfirborð, κ er von Kármán fasti, z_0 er yfirborðshrýfi og z er hæð yfir yfirborði.

Yfirborðshrýfi (z_0) er fyrir hverja vindátt er metið skv. landnotkun Corine Land Cover og hrýfi landnotkunar skv. NEWA. Yfirborðshrýfi vindáttá (z_0) voru eftirfarandi:

TAFLA 4. Yfirborðshrýfi (z_0) í kringum skipulagssvæðið fyrir hverja vindátt.

Stuðlar	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Yfirborðshrýfi	0.42	0.26	0.75	1.00	1.00	0.82	0.23	0.12	0.13	0.10	0.10	0.31

Vindhraði í CFD líkaninu er reiknaður í þrívíðu reiknineti en niðurstöður eru teknar út í mannhæð eða 1,5 m hæð yfir yfirborði. Í mannhæð er samspil bygginga og vindsins metið með því að reikna hlutfall fyrir hverja vindátt sem er vindhraði í CFD líkaninu í mannhæð á móti vindhraða í vindsniðinu í 10 m hæð.



MYND 6. Landgerðarnotkun frá 620 m radíus að jaðri hermísvæðis og vegið yfirborðshryfi fyrir hverja vindátt.

Vindhraðinn sem tekinn er út úr CFD líkaninu er

$$U_{CFD,1.5m} = (mag(\bar{U})^2 + 2 \times k)^{0.5}$$

Þar sem k er hreyfiorka iðustreymis (e. turbulent kinetic energy) og \bar{U} er meðalvindhraðinn úr hermun á vindi.

Samband staðbundins vindhraða við vindhraða í 10 m hæð er

$$\gamma = \frac{U_{CFD,1.5m}}{U_{ref,10m}}$$

Til að meta hvort svæði í skipulaginu sé hentugt fyrir tiltekna notkun þarf að kanna hvaða vindhraði í veðurgögnum ($U_{veður}$) veldur því að staðbundinn vindhraði í skipulaginu verði jafnhár og þröskuldsvindhraði notkunarinnar (U_{notkun}).

$$U_{veður} = \frac{U_{notkun}}{\gamma}$$

Eftir að veðurgögn voru færð á skipulagssvæðið voru veðurgögnin mátuð með Weibull líkindreifingu sem skiluðu Weibull stuðlum, k_θ og c_θ , fyrir hverja árstíð og hverja vindátt, θ . Weibull-stuðlar vindátta fyrir hverja árstíð er að finna í Viðauki 4 – Weibull stuðlar hliðraðra veðurgagna.

Til að skipta svæðum innan skipulagssvæðisins eftir því hvaða notkun er heppileg á hverjum stað fyrir sig eru þarf að kanna hversu oft staðbundinn vindhraði fari yfir þröskuldsgildi fyrir hverja notkun.

Reiknaðar eru líkur á því að vindhraði í veðurgögnum, sem að hafa verið færð á skipulagssvæðið, verði hærri en vindhraðinn, $U_{veður}$, sem veldur því að því að staðbundinn vindhraði verði hærri en þröskuldsvindhraði hversar notkunnar, U_{notkun} .

$$P(U > U_{veður}) = \sum_{\theta} A_{\theta} \times \exp\left(-\left(\frac{U_{veður}}{c_{\theta}}\right)^{k_{\theta}}\right)$$

þar sem k_θ og c_θ eru Weibull-stuðlar fyrir vindátt θ . Líkurnar eru reiknaðar í hverri reiknisellu í mannhæð yfir yfirborði, fyrir hverja notkun, fyrir hverja vindátt og fyrir hverja árstíð. Ef heildarlíkur fyrir allar vindáttir, fyrir hverja árstíð fyrir sig, verður hærri en 5% er sú reiknisella ekki hentug fyrir þá notkun.

2.7 FORSENDUR, ÁLYKTANIR OG TAKMARKANIR

Vindhraði í kringum skipulagssvæðið hefur verið reiknaður fyrir 12 vindáttir með tölulegum straumfræðilíkönum (e. computational fluid dynamics, CFD). Greining á staðbundnu vindafari með tölulegri straumfræði (CFD) er viðurkennd aðferð og þekkt er að CFD getur skilað sambærilegum niðurstöðum og hefðbundin hermun í vindgöngum.

CFD greining sem notuð er í þessu verkefni byggist á því að leysa Reynolds-Average Navier-Stokes (RANS) jöfnur fyrir flæði sem leysir meðaltalsgildi hraða- og þrýstingsvið og túlkar iðusvið með stærðfræðilíkönum, RNG k- ϵ . CFD skilar gögnum í öllu þrívíða reikninetinu og því er vel hægt að greina áhugasvæði.

Greining á staðbundnu vindafari inniheldur ekki raka eða önnur hitaáhrif, heldur er eingöngu gerð greining á hversu líklegt er að þröskuldsgildi vindhraða verði brotin m.v. veðurgögn sem spannar a.mk. nýlegt 10 ára tímabil.

Flokkunarkerfið, Lawson LDDC, hefur verið notað alþjóðlega þar sem það hefur verið þekkt til að túlka þægindi og öryggi fólks mjög vel, en til eru fleiri afbrigði af Lawson viðmiðum sem og önnur flokkunarkerfi sem ekki verða notuð í þessari vindgreiningu.

Aðrar takmarkanir geta verið en eru ekki takmarkaðar við tölulegar skekkjur og nálganir í CFD hermunum, ályktanir við gerð þrívíddarlíkana og meðhöndlun vindgagna frá veðurstöð.

3 STAÐBUNDIÐ VINDAFAR

Hermanir á vindi hafa verið gerðar fyrir 12 vindáttir í tölulegu straumfræðilíkani (CFD) þar sem vindhraði í mannhæð (1,5 m) í skipulaginu hefur verið reiknaður fyrir hverja vindátt. Myndir sem sýna vindhraða fyrir hverja vindátt eru í Viðauki 6 – Hermun á vindi.

Út frá niðurstöðum úr CFD líkani og vindgögnum frá veðurstöð, sem hafa verið færð á skipulagssvæðið, hafa verið reiknaðar líkur á staðbundnum vindhraða í skipulaginu fyrir hverja vindátt og fyrir hverja árstíð. Heildarlíkur á því að staðbundinn vindhraði verði hærri en æskilegur vindhraði fyrir fyrirhugaða notkun hefur verið borinn saman við viðmið Lawson LDDC.

Niðurstöður vindgreiningar eru kort fyrir hverja árstíð og sýna hentugar athafnir í skipulaginu. **TAFLA 5** sýnir hvaða athöfn á að vera hentugt fyrir hverja fyrirhugaða notkun á hvaða árstíð, þ.e. markmið um vindaðstæður. T.d. á dvalarsvæði að vera hentugt til að sitja löngum stundum á sumrin en til að staldra aðeins við á vorin og haustin.

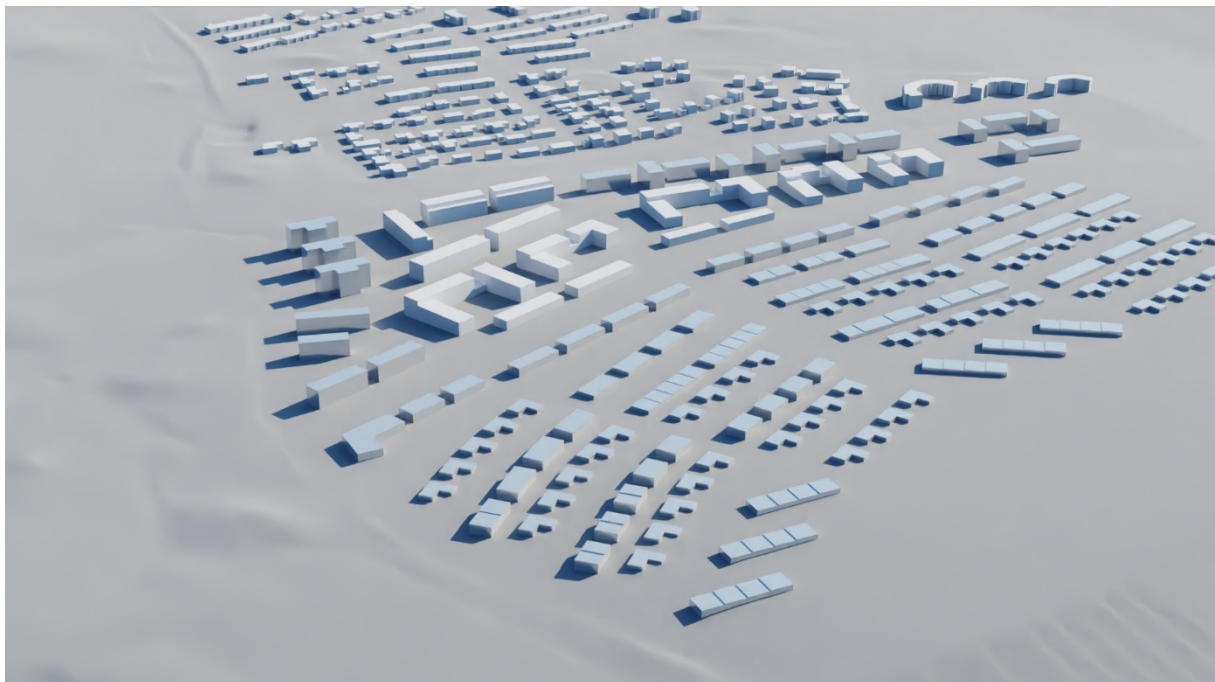
TAFLA 5. Markmið um vindaðstæður.

Svæði	Sumar	Vetur	Vor	Haust
Inngarðar og dvalarsvæði	Sitja löngum stundum	-	Staldra við	Staldra við
Inngangar að byggingum	Staldra við	Staldra við	Staldra við	Staldra við
Atvinnuhúsnæði á jarðhæð	Sitja löngum stundum	Staldra við	-	-
Almennar gönguleiðir	Staldra við	Róleg ganga	-	-

Einnig er kort fyrir allt árið sem sýnir öryggi innan skipulagssins fyrir allt árið. Kortin eru sýnd í köflum hér á eftir.

3.1 DEILISKIPULAGSTILLAGA

Myndin fyrir neðan sýnir þrívíddarlíkan af tillögunni að deiliskipulaginu. Hermanir á vindi voru gerðar með CFD líkani fyrir tillöguna og vindvist metin í framhaldinu fyrir allar árstíðir. Einnig var fjöldi stunda þar sem vindhraði fer yfir öryggismörk metinn fyrir allt árið.

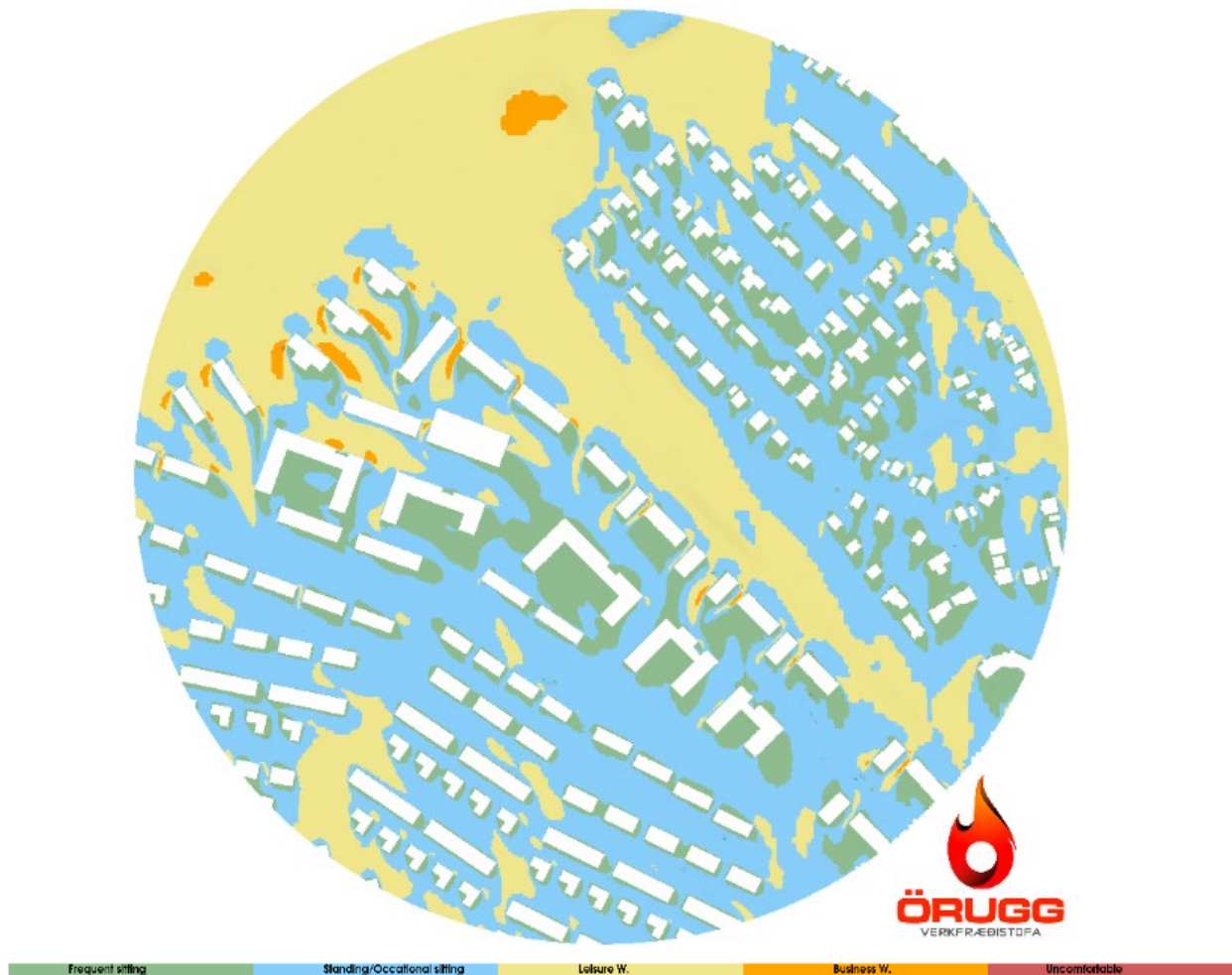


MYND 7. CAD líkan fyrir CFD hermanir af deiliskipulagstillögunni.

3.1.1 SUMAR


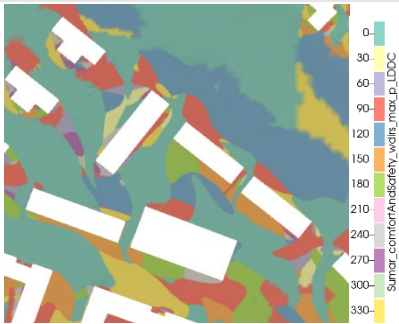
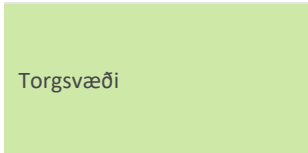
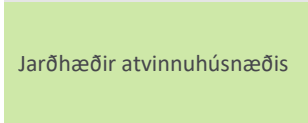
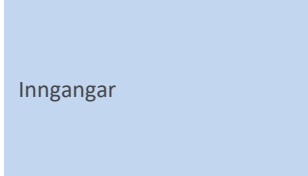

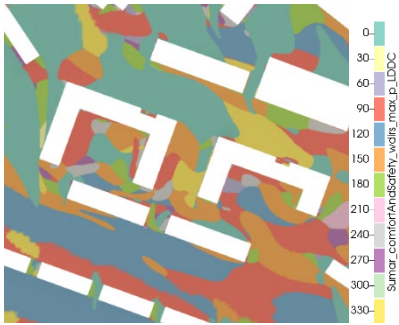
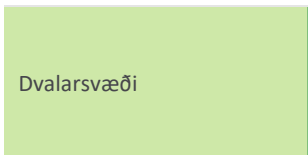
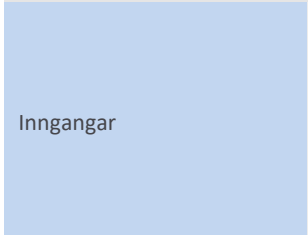
Vindvist að sumri er sýnd á myndinni að neðan. Græn svæði eru hentug fyrir setu til lengri tíma, blá svæði eru hentug til að staldra við (standa eða sitja í stuttan tíma), gul svæði eru hentug fyrir rólega göngu, appelsínugul svæði eru hentug fyrir röska göngu og rauð svæði eru óþægileg.


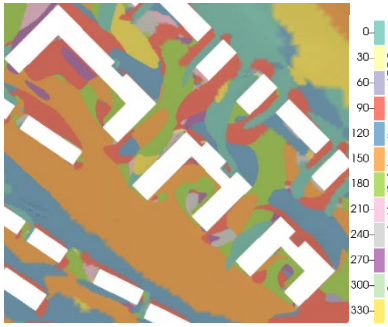

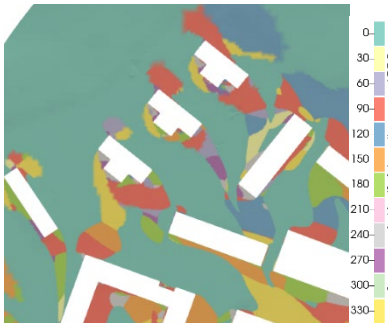

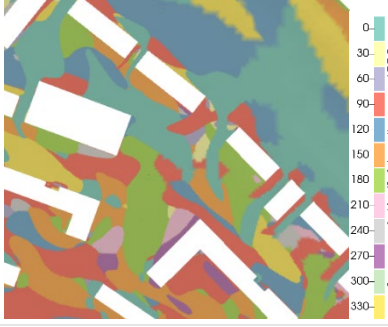
Farið er yfir vindvist innan lykilsvæða í næstu töflu. Í töflunni er lýsing á vindvist á hverju lykilsvæði ásamt því að farið er yfir hvort notkun standist væntingar. Í töflunni tákna litir þær vindaðstæður sem vonast er til að svæðið nái að uppfylla en þær eru breytilegar eftir árstíðum.

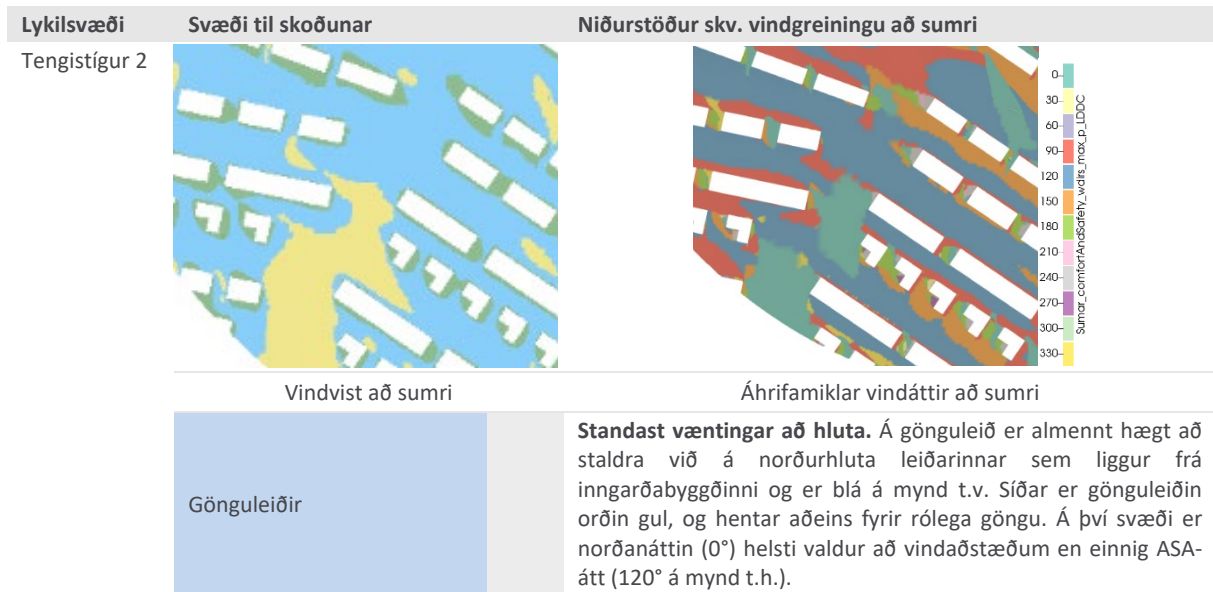


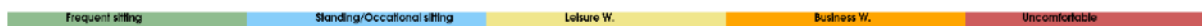
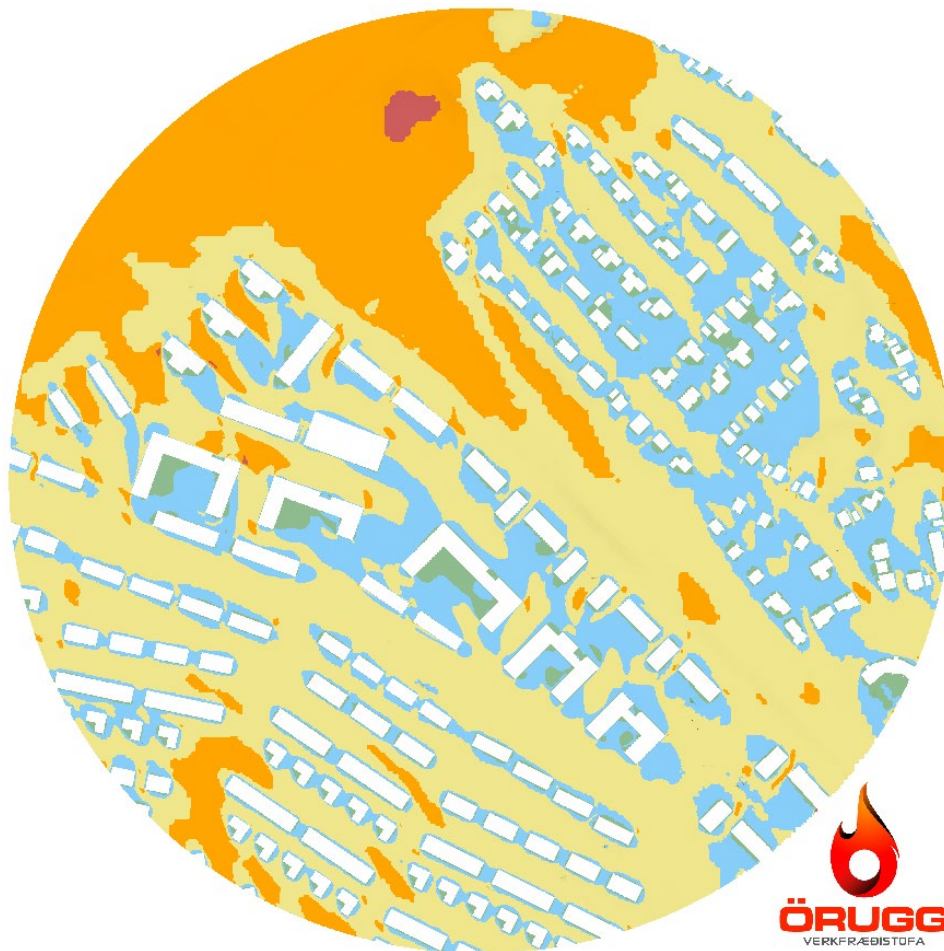
MYND 8. Vindvist í tillögunni að deiliskipulagi að sumri.

TAFLA 6. Vindaðstæður á lykilsvæðum að sumri til. Bakgrunnslitur svæðanna sem eru til skoðunar táknar lit og notkun sem svæðið þarf að uppfylla á myndinni efst til vinstri við hvert svæði. Til hliðar er grænt, blátt eða grátt eftir því hvort svæðið standist væntingar eða ekki, eða standist væntingar að hluta. Myndin efst til hægri við hvert svæði segir til um hvaða vindátt er áhrifamest á hverju svæði fyrir sig.

Lykilsvæði	Svæði til skoðunar	Niðurstöður skv. vindgreiningu að sumri
Torgrymi		
	Vindvist að sumri	Áhrifamiklar vindáttir að sumri
Torgsvæði		Stenst ekki væntingar. Torgsvæðið er fyrir miðju myndarinnar t.v. og er að mestu blátt svo þar er aðeins heppilegt að staldra stutt við hverju sinni. Norðanáttin (0°) er helsti áhrifavaldur vindaðstæðna á torginu skv. myndinni t.h., ásamt A-átt (90°), ASA-átt (120°), og S-átt (180°).
Jarðhæðir atvinnuhúsnæðis		Standast væntingar. Grænt svæði er við byggingarnar tvær norðan við torgið (mynd t.v.) svo þar er oft hentugt að sitja lengi yfir sumarið. Vindáttir sem eru áhrifamestar á þessu svæði eru S-átt (180°) og SSA-átt (150°).
Inngangar		Standast væntingar að hluta. Við allar byggingar eru svæði sem eru blá að lit (mynd t.v.) og þar er hægt að staldra við. Hins vegar eru sumar byggingar einnig með svæði sem eru gul að lit, svæði sem henta aðeins til rólegrar göngu. Því er þörf á því að huga að staðsetningu innganga. Svæðin sem eru gul að lit eru vegna norðanáttarinnar (0°, mynd t.h.).
Inngarðar 1-2		
	Vindvist að sumri	Áhrifamiklar vindáttir að sumri
Dvalarsvæði		Standast væntingar að mestu. Dvalarsvæðin eru að mestu græn (mynd t.v.) og henta því oft til lengri setu yfir sumar. Smá svæði er í vestari inngarðinum sem er blátt og hentar því frekar til að staldra við. Margar vindáttir hafa áhrif á að það svæði: N-átt (0° á mynd t.h.), SSA-átt (150°), NNV-átt (330°) og A-átt (90°).
Inngangar		Standast væntingar að hluta. Bílastæði eru staðsett norðan við inngarðabyggðina, á milli þeirra og vestan við vestari byggðina. Því er miðað við að inngangar geti verið á þessum hliðum byggðanna. Þrjú svæði eru gul á myndinni t.v. og henta því ekki fyrir inngang: 1. norðurhlið á vestari byggðinni, 2. norðausturhorn á austari byggðinni, 3. suðvesturhorn á austari byggðinni. Svæði 1 og 2 eru vegna norðanáttarinnar (0° á mynd t.h.) og svæði 3 er vegna NNV-áttar (330°).

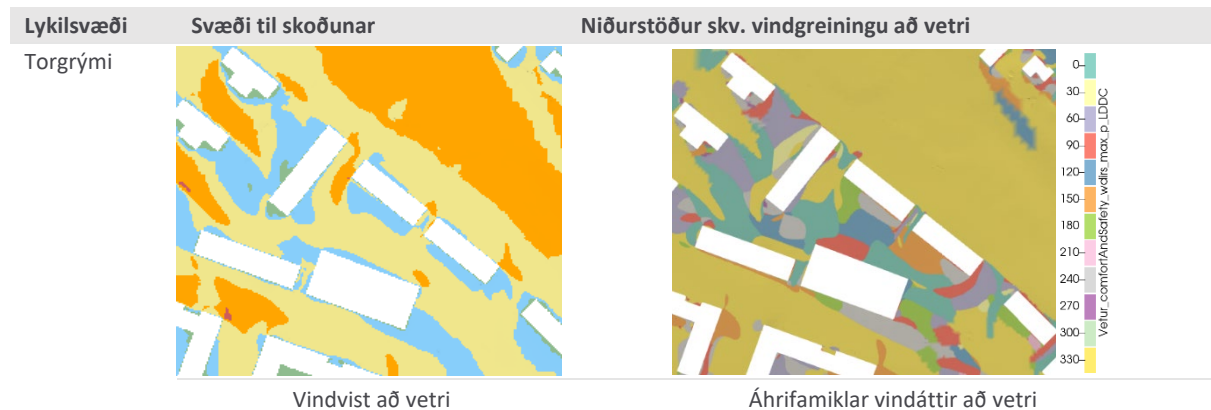
Lykilsvæði	Svæði til skoðunar	Niðurstöður skv. vindgreiningu að sumri
Inngarðar 3-5		
	Vindvist að sumri	Áhrifamiklar vindáttir að sumri
	Dvalarsvæði	Stenst væntingar. Inngarðar eru grænir (mynd t.v.) og henta oft undir lengri setu að sumri til.
	Inngangar	Stenst væntingar. Svæðin kringum byggingarnar eru græn eða blá (mynd t.v.) og henta því a.m.k. til að staldra við.
Hæstu byggingar		
	Vindvist að sumri	Áhrifamiklar vindáttir að sumri
	Inngangar	Standast ekki væntingar. Bílastæðin eru norðan við byggingarnar svo þar er gert ráð fyrir inngöngum. Svæðin eru að mestu gul og jafnvel appelsínugul (mynd t.v.) og henta því undir rólega og röska göngu. Vindáttin sem veldur helst aðstæðum er norðanáttin (0° á mynd t.h.).
Tengistígur 1		
	Vindvist að sumri	Áhrifamiklar vindáttir að sumri
	Gönguleiðir	Standast væntingar að mestu. Á gönguleið er almennt hægt að staldra við og jafnvel sitja oft og lengi. Aðeins í upphafi stígsins er gult svæði að finna, sem hentar undir rólega göngu, og er vegna norðanáttarinnar (0° á mynd t.h.).

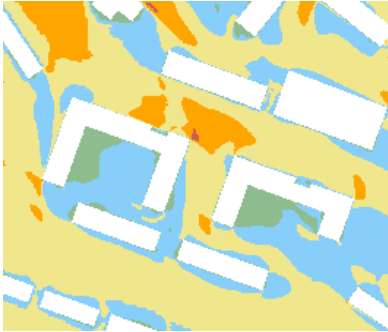


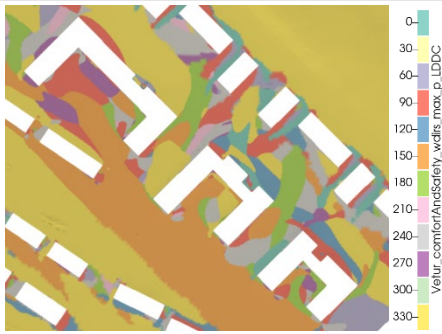


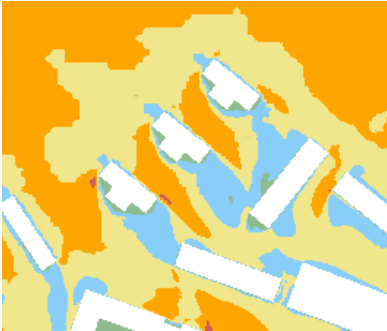

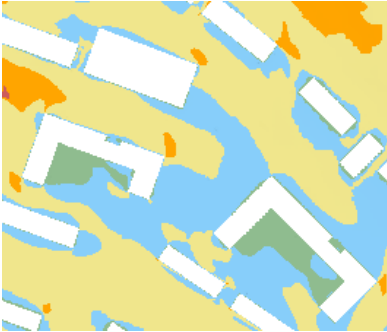
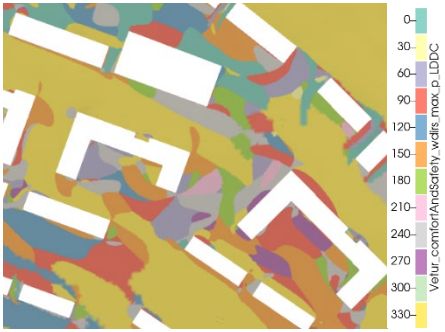

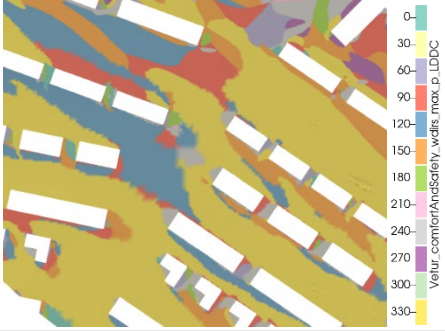


MYND 9. Vindvist í tillöggunni að deiliskipulagi að vetri.

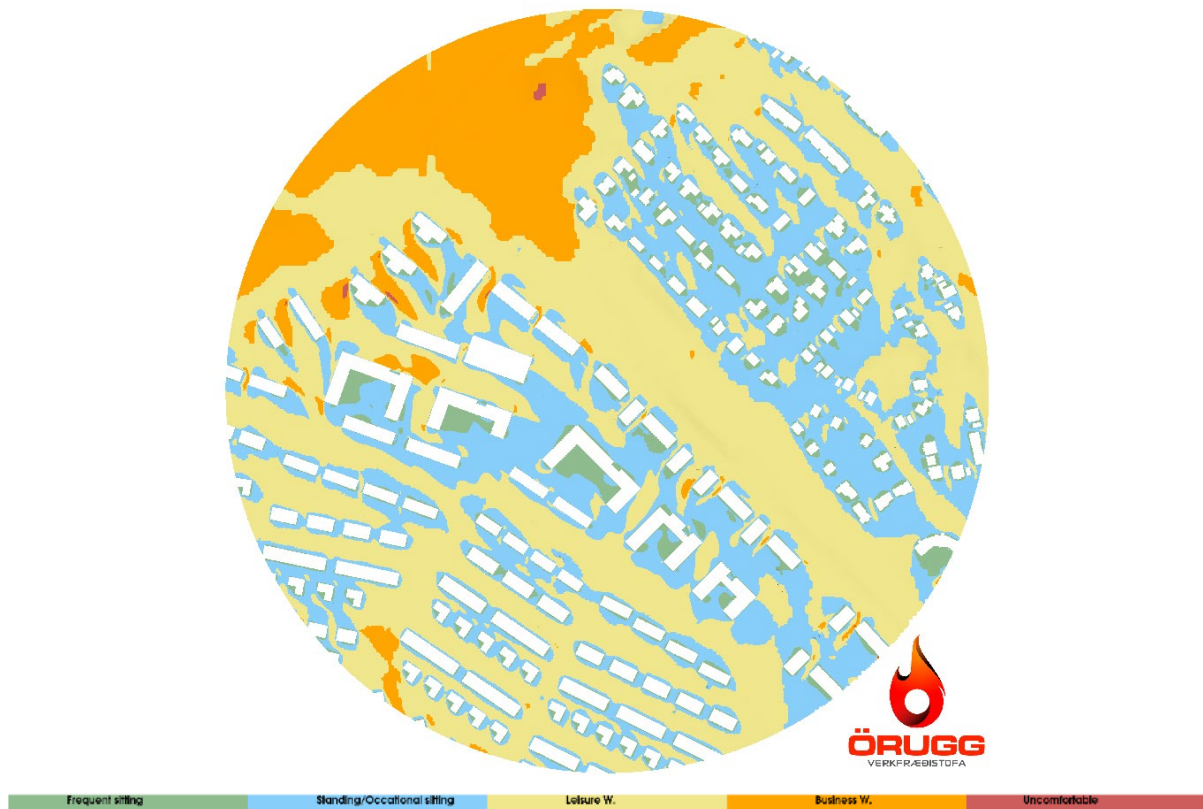
TAFLA 7. Vindvist á lykilsvæðum að vetri. Bakgrunnslitur svæðanna sem eru til skoðunar tákna lit og notkun sem svæðið þarf að uppfylla. Til hliðar er grænt, blátt eða grátt eftir því hvort svæðið standist væntingar, standist ekki væntingar, eða standist væntingar að hluta. Myndin efst til hægri við hvert svæði segir til um hvaða vindátt er áhrifamest á hverju svæði fyrir sig.



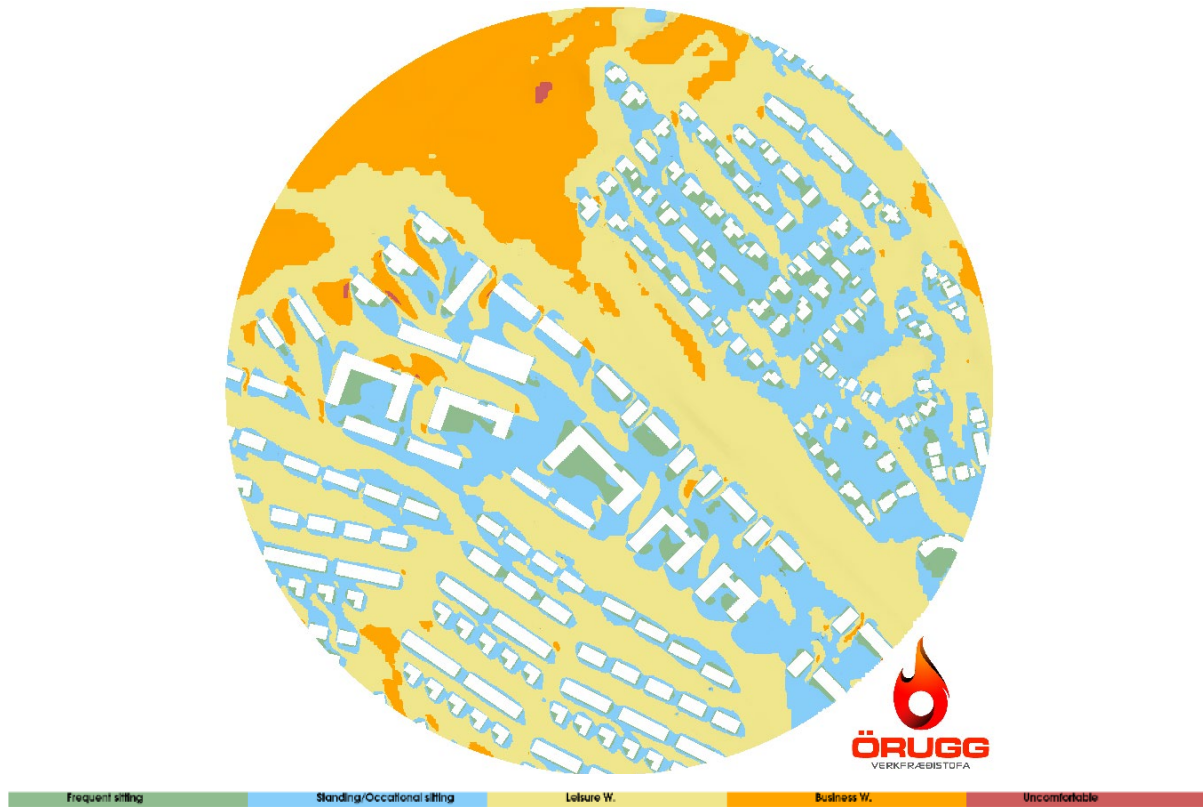
Lykilsvæði	Svæði til skoðunar	Niðurstöður skv. vindgreiningu að vetri
	Jarðhæðir atvinnuhúsnæðis	Standast væntingar. Svæðin sunnan við byggingarnar sem eru norðan við torgrýmið eru blá á mynd t.v. og henta því til að staldra við.
	Inngangar	Standast væntingar að hluta. Inngangar á byggingum vestan við torgrýmið eru staðsettir á vesturhlið byggingarinnar. Inngangarnir eru bláir á mynd t.v. og henta því til að staldra við. Inngangar að atvinnuhúsnæðum norðan við torgrýmið úr henta til að staldra við ef gengið er inn frá torgrýminu (blá á mynd t.v.). Inngangar að fjölbýli og atvinnuhúsnæði norðan við torgið, sem eru á norðurhlið bygginganna, henta aðeins til að ganga rólega (gul á mynd t.v.) Inngangar að fjölbýlum sunnan við torgrýmið eru á suðurhliðum bygginganna og eru því aðeins hentugir fyrir að ganga rólega. Flest svæði þar sem vindaðstæður uppfylla ekki væntingar fyrir innganga eru vegna NNV-áttar (330° á mynd t.h.)
Inngarðar 1-2		
	Vindvist að vetri	Áhrifamiklar vindáttir að vetri
	Inngangar	Standast ekki væntingar. Inngangar eru á norðurhliðum inngarðabyggðanna, á milli þeirra og á vesturhlið vestari byggðarinnar, m.v. staðsetningu bílastæða. Aðeins austurhlið vestari byggðarinnar er blá á mynd t.v. og stenst væntingar. Önnur svæði fyrir innganga eru gul eða appelsínugul vegna NNV-áttar (330° á mynd t.h.).
Inngarðar 3-5		
	Vindvist að vetri	Áhrifamiklar vindáttir að vetri
	Inngangar	Stenst væntingar að hluta. Inngangar eru á vestur- og austurhliðum inngarðabyggða, ásamt norðurhliðar vestustu inngarðabyggðarinnar. Á milli inngarðabyggðanna eru svæði sem eru gul á mynd t.v. og henta aðeins fyrir að ganga rólega. Á milli vestari inngarðabyggðanna er A-átt (90°), S-átt (180°), VSV-átt (240°) og NNV-átt (330°) að valda vindaðstæðum upp við byggingarnar. Á milli austari inngarðabyggðanna eru það N-átt (0°), A-átt (90°), SSA-átt (150°), S-átt (180°) og VSV-átt (240°).

Lykilsvæði	Svæði til skoðunar	Niðurstöður skv. vindgreiningu að vetri
Hæstu byggingar		
	Vindvist að vetri	Áhrifamiklar vindáttir að vetri
	Inngangar	Standast ekki væntingar. Svæðin upp við norðurhlíðar bygginganna eru gul eða appelsínugul á mynd t.v. og henta aðeins undir rólega að röska göngu vegna NNV-áttar (330° á mynd t.h.).
Tengistígur 1		
	Vindvist að vetri	Áhrifamiklar vindáttir að vetri
	Gönguleiðir	Standast væntingar. Gönguleiðin er almennt gul eða blá á mynd t.v. og hentar því undir rólega göngu og sumstaðar er hentugt að staldra við.
Tengistígur 2		
	Vindvist að vetri	Áhrifamiklar vindáttir að vetri
	Gönguleiðir	Standast væntingar að hluta. Um helmingur gönguleiðarinnar er hentugur fyrir rólega göngu (gult á mynd t.v.) og hinn helmingurinn fyrir röska göngu (appelsínugult á mynd t.v.). NNV-áttin (330° á mynd t.h.) veldur vindaðstæðum á gönguleiðinni.

3.1.3 VOR OG HAUST

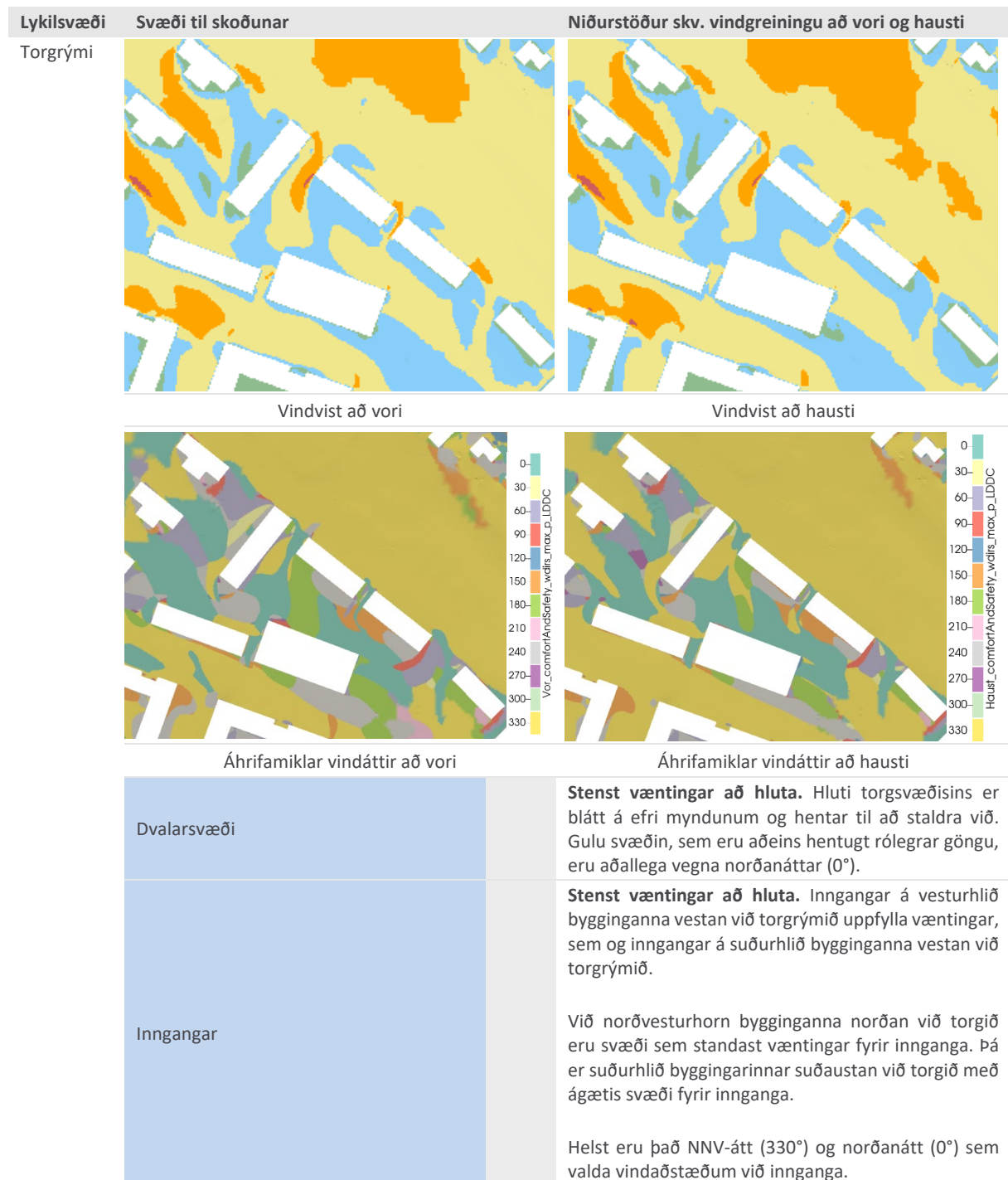


MYND 10. Vindvist í tillöggunni að deiliskipulagi að vori.



MYND 11. Vindvist í tillöggunni að deiliskipulagi að hausti.

TAFLA 8. Vindvist á lykilsvæðum að vori (efri myndir t.v.) og hausti (efri myndir t.h.). Bakgrunnslitur svæðanna sem eru til skoðunar tákna lit og notkun sem svæðið þarf að uppfylla í vindvist. Til hliðar er grænt, blátt eða grátt eftir því hvort svæðið standist væntingar, standist ekki væntingar, eða standist væntingar að hluta. Áhrifamestu vindáttir að vori og hausti eru sýndar á neðri myndum.

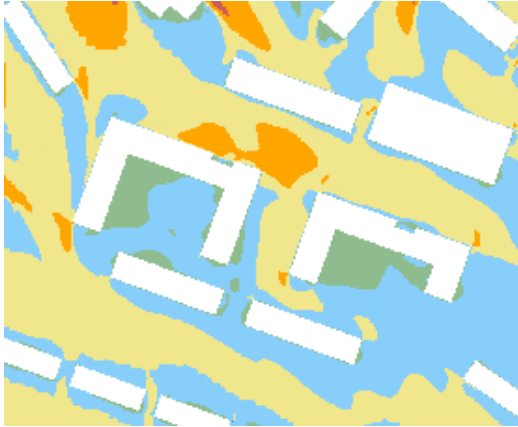


Lykilsvæði

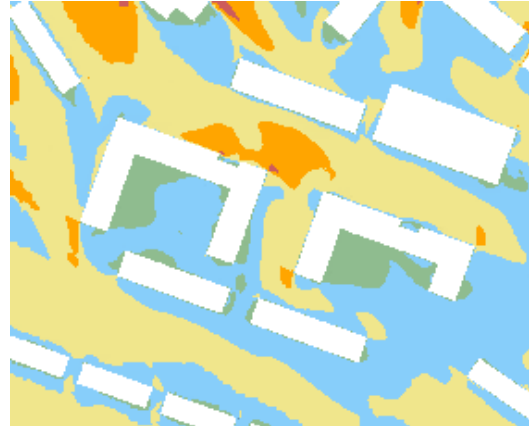
Svæði til skoðunar

Niðurstöður skv. vindgreiningu að vori og hausti

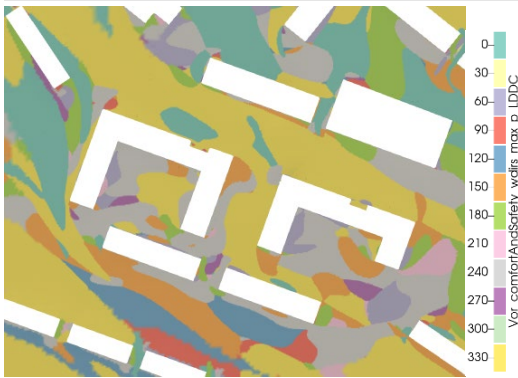
Inngarðar
1-2



Vindvist að vori





Vindvist að hausti



Áhrifamiklar vindáttir að vori



Áhrifamiklar vindáttir að hausti

Dvalarsvæði		Standast væntingar. Dvalarsvæðin henta til að staldra við (blá svæði) og jafnvel til tíðrar og lengri setu (græn svæði).
Inngangar		Standast ekki væntingar. Inngangar eru á norðurhliðum inngarðabyggðanna, á milli þeirra og á vesturhlið vestari byggðarinnar. Aðeins austurhlið vestari byggðarinnar stenst væntingar um innganga. Það er NNV-átt (330°) sem veldur vindaðstæðum að mestu leyti, og N-átt (0°) að hluta.

Lykilsvæði
Inngarðar
3-5

Svæði til skoðunar

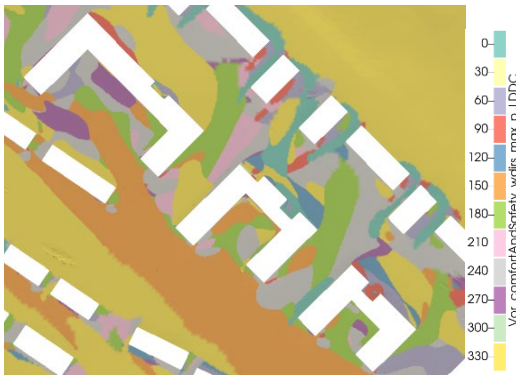
Niðurstöður skv. vindgreiningu að vori og hausti



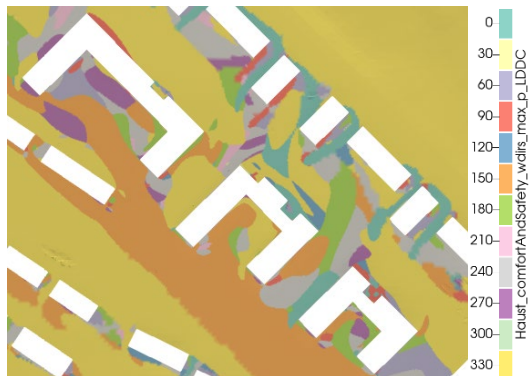
Vindvist að vori



Vindvist að hausti



Áhrifamiklar vindáttir að vori



Áhrifamiklar vindáttir að hausti

Dvalarsvæði

Inngangar

Standast væntingar. Inngarða henta a.m.k. til að staldra við (blá svæði) og sumstaðar í inngörðum eru svæði sem henta oftast til lengri setu (græn svæði).

Standast væntingar að hluta. Inngangar eru á vestur- og austurhlíðum inngarðabyggða, ásamt norðurhlíðar vestustu inngarðabyggðarinnar.

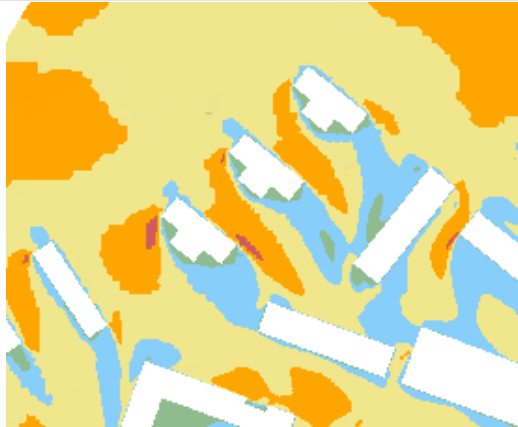
Á milli inngarðabyggðanna eru svæði sem henta ekki fyrir innganga, eru gul á efri myndunum, og henta fyrir rólega göngu. Vindáttirnar á milli vestari byggðanna sem valda vindaðstæðum eru: S-átt (180°) og NNV-átt (330°) að vori, og SSA-átt (150°) og NNV-átt (330°) á haustin. Á milli austari byggðanna eru það vindáttirnar N-átt (0°) og S-átt (180°) bæði að vori og hausti sem valda vindaðstæðum, auk líklega VSV-átt (240°) sem er ráðandi mitt á milli bygginganna.

Lykilsvæði

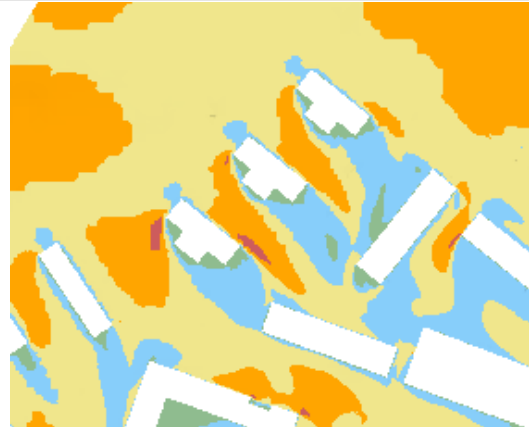
Svæði til skoðunar

Niðurstöður skv. vindgreiningu að vori og hausti

Hæstu byggingar



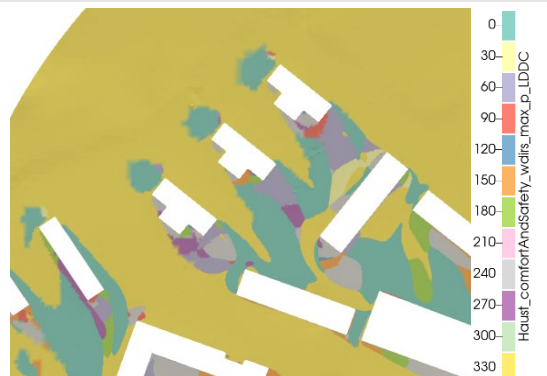
Vindvist að vori



Vindvist að hausti



Áhrifamiklar vindáttir að vori



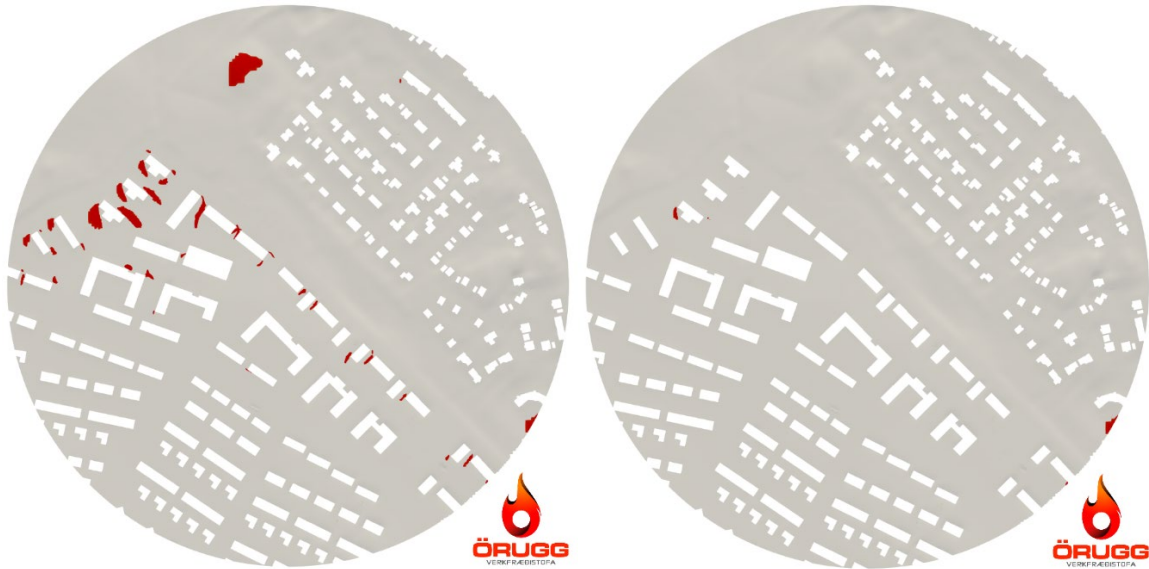
Áhrifamiklar vindáttir að hausti

Inngangar

Standast ekki væntingar. Inngangar eru á norðurhliðum bygginganna og þar er NNV-áttin áhrifamest í að valda vindaðstæðum.

3.1.4 ÁRIÐ

Á **MYND 12** eru rauð svæði sem eru staðsetningar í tillögnum að deiliskipulagi þar sem eru of miklar líkur á að staðbundinn vindhraði í 1,5 m hæð geti orðið hærri en þröskuldsgildin fyrir öryggi vegna áhrifa frá byggðinni: **15 m/s** sem getur verið hættusamt fyrir hjólandi eða fólk sem tilheyrir viðkvæmum hópum, og **20 m/s** sem getur verið hættulegt öllum.



MYND 12. Staðsetningar (rautt) þar sem byggð veldur vindhraða hærri en 15 m/s (t.v.) og 20 m/s (t.h.) oftar en viðmið.



MYND 13. Vindáttir þegar staðbundinn vindhraði er hærri en 15 m/s vegna áhrifa bygginga og m.v. viðmið. Áhrifamesta vindáttin t.v. og næstáhrifamesta vindáttin t.h. Sumstaðar er aðeins ein áhrifamikil vindátt.

Svæðin þar sem vindur fer of oft yfir öryggismörk er aðallega við 5-6 hæða byggingar sem eru staðsettar í útjaðri byggðarinnar meðfram Borgarbraut og Síðubraut, óvarðar fyrir vindáttum sem eru bæði tíðar og hvassar. **MYND 13** sýnir að flest eru þessi svæði eru af völdum N-áttar (0°) og NNV-áttar (330°) sem eru meðal tíðustu og hvössustu vindáttanna. Einstaka svæði eru vegna ANA-áttar (60°) og A-áttar (90°). Við inngarðabyggðina vestast í skipulaginu er eitt svæði vegna SSA-áttar (150°).

3.2 NIÐURSTÖÐUR ÁRSTÍÐA FYRIR DEILISKIPULAGSTILLÖGU

Almennt er sumarárstíðin sú árstíð sem flestir vilja að vindvist sé með besta móti til að auka vægi almenningsrýma. Þá er vetrarárstíðin almennt sú árstíð þar sem vindaðstæður eru verstar og því mikilvægt að finna bestu lausnina til að lágmarka vindáhrif.

TAFLA 9 sýnir hvort að fyrirhuguð notkun svæða er hentug í tillögu að deiliskipulagi, og tekur saman niðurstöður úr öllum árstíðum í kafla 3.1. Í töflunni táknar grænt að væntingar til fyrirhugaðrar notkunar eru uppfylltar, grátt að væntingar séu uppfylltar að hluta og blátt að svæðið standist ekki væntingar.

TAFLA 9. Vindaðstæður í vinningstillögu. Væntingar eru uppfylltar ef svæðin eru græn, uppfyllt að hluta svæðanna ef þau eru grá, og svæðin standast ekki væntingar ef þau eru blá.

Svæði	Sumar				Vetur			Vor		Haust	
Torgrymi	(1) Dvalarsvæði	(2) Starfsemi	(3) Inngangar	-	(2)	(3)	-	(1)	(3)	(1)	(3)
Inngarðar 1-2	(1) Dvalarsvæði	-	(3) Inngangar	-	-	(3)	-	(1)	(3)	(1)	(3)
Inngarðar 3-5	(1) Dvalarsvæði	-	(3) Inngangar	-	-	(3)	-	(1)	(3)	(1)	(3)
Hæstu byggingar	-	-	(3) Inngangar	-	-	(3)	-	-	(3)	-	(3)
Tengistigur 1	-	-	-	(4) Gönguleiðir	-	-	(4)	-	-	-	-
Tengistigur 2	-	-	-	(4) Gönguleiðir	-	-	(4)	-	-	-	-

Taflan sýnir t.d. eftirfarandi:

- Torgsvæðið stenst ekki ströngustu væntingar á sumrin, því vindvistin hentar aðeins fyrir það að staldra stutt við, en torgsvæðið stenst væntingar að hluta til á vorin og haustin.
- Starfsemin á jarðhæð, sem er norðan við torgið, hefur gott útsvæði sem vísar að torginu og stenst væntingar að sumrin og að vetri til.
- Inngangar að byggingum umhverfis torgrymið standast aðeins væntingar að hluta á öllum árstíðum.
- Dvalarsvæði inngarðanna standast væntingar á sumrin, vorin og haustin.
- Inngangar við inngarðabyggð 1-2 standast væntingar aðeins að hluta á sumrin. Á öðrum árstíðum eru vindaðstæður þannig að þær standast ekki væntingar fyrir innganga.
- Inngangar við inngarðabyggð 3-5 standast væntingar aðeins á sumrin. Á öðrum árstíðum standast þeir væntingar að hluta.
- Inngangar að hæstu byggingunum standast ekki væntingar á neinni árstíð.
- Gönguleið eftir tengistíg 1, sem er nær Borgarbraut og á milli inngarðabyggðanna, stenst væntingar.
- Gönguleið eftir tengistíg 2, sem dekkar efstu þrjár húsagötturnar, stenst væntingar að hluta. Vindaðstæður í efstu tveimur húsagötum eru þannig að væntingar standast ekki þar en í neðstu húsagötunni og þar fyrir neðan standast vindaðstæður væntingar.

Niðurstöður er varða öryggi sýna að svæði sem geta verið hættusöm eru þar sem vindur getur verið óáreittur, þar sem fáar eða engar hindranir eru búnar að trufla vindinn og draga úr vindhraðanum, þar sem byggingar eru háar og almennt hærri en meðalhæð bygginga í kring, o.s.frv. Svæðin eru að mestu leyti við 5-6 hæða byggingar eftir Síðubraut og Borgarbraut, þar sem N-átt og NNV-átt valda mestu vindáhrifum.

4 MÓTVÆGISAÐGERÐIR

4.1 ALMENNT UM MÓTVÆGISAÐGERÐIR

Mótvægisáðgerðir eru gerðar til að reyna að draga úr vindhraða í kringum byggingar. Mótvægisáðgerðir eru oftast vegna einhvers af eftirfarandi atriðum:

- Svæði þar sem notkun skv. flokkunarkerfi sýnir ekki fyrirhugaða notkun svæðisins.
 - o meta þarf hvort notkunin sé ásættanleg engu að síður.
- Svæði þar sem notkun skv. flokkunarkerfi sýnir óþægilegar aðstæður.
- Svæði er talið vera hættulegt.

Svæði sem falla undir einhvern liðanna að ofan gætu gagnast af mótvægisáðgerðum.

Mótvægisáðgerðir skiptast að mestu leyti í annars vegar stærri áðgerðir sem geta innifalið í sér nánari útfærslu á byggingarmassanum svo sem inndregnar hæðir og uppbot í fasöðu, breytingar horn bygginga o.þ.h. og svo hins vegar minni staðbundnari áðgerðir eins og tré og gróðurbelti, skyggni, vindskermar, listaverk, og aðrir götumunir o.s.frv.

Við hönnun á mótvægisáðgerðum er best að kanna virkni þeirra með hermun á vindi. Þannig væri hægt að finna bestu mögulegu mótvægisáðgerð fyrir hvert svæði með því að greina mismunandi gerðir af mótvægisáðgerðum, staðsetningar þeirra o.s.frv.

4.2 SVÆÐI ÞAR SEM VINDAÐSTÆÐUR ERU EKKI SKV. VÆNTINGUM

Greining á staðbundnu vindafari hefur sýnt að svæðið er í heildina almennt ágætt hvað varðar þægindi fólks en þó eru svæði þar sem vindaðstæður eru ekki að uppfylla væntingar, eru óþægilegar eða hættulegar.

Almennt eru svæðin á eða við byggingar sem eru hærri en meðalhæð bygginga í kring eða sem eru á opnu svæði og þar sem vindurinn er óáreittur.

Eftirfarandi er listi svæða þar vindaðstæður í skipulagi standast ekki væntingar og eru einum flokki hærra en væntingar sem til þeirra eru gerðar að **sumri** til:

1. Dvalarsvæði á torgrými.

Eftirfarandi er listi svæða þar vindaðstæður í skipulagi standast ekki væntingar og eru tveimur flokkum hærra en væntingar sem til þeirra eru gerðar að **sumri** til:

1. Inngangar að hæstu byggingum í útjaðri skipulagssvæðisins.

Eftirfarandi er listi svæða þar vindaðstæður í skipulagi eru tveimur flokkum hærra en væntingar sem til þeirra eru gerðar að **vetri** til:

1. Við innganga að byggingum inngarðabyggðar 1-2, sér í lagi á norðurhlið vestari inngarðabyggðarinnar.
2. Við innganga að hæstu byggingum í útjaðri skipulagssvæðisins.

Eftirfarandi er svæði þar vindaðstæður í skipulagi eru óþægilegar að **vetri** til:

1. Við eitt hornið á annarri 5 hæða byggingunni norðan við torgrýmið, þar sem gert er ráð fyrir atvinnuhúsnæði á jarðhæð.
2. Við eitt hornið á inngarðabyggðinni vestast í skipulaginu.

3. Við tvö horn á einni 6 hæða byggingunni í útjarði byggðarinnar.

Eftirfarandi er listi svæða þar vindaðstæður í skipulagi standast ekki væntingar og eru tveimur flokkum hærra en væntingar sem til þeirra eru gerðar að **vori og hausti**:

1. Inngangar að inngarðabyggð 1-2, sér í lagi á norðurhlið vestari inngarðabyggðarinnar.
2. Inngangar að hæstu byggingunum í útjarði svæðisins.

Eftirfarandi er listi svæða þar sem vindaðstæður í skipulagi standast væntingar aðeins að hluta:

1. Dvalarsvæði á torgrými að vori og hausti.
2. Inngangar að byggingum í kringum torgrými á öllum árstíðum.
3. Inngangar að inngarðabyggð 1-2 að sumri.
4. Inngangar að inngarðabyggð 3-5 um vetur, vor og haust.
5. Efsti hluti gönguleiðar á tengistíg 2 að sumri og vetri.

Eftirfarandi er listi helstu svæða þar sem vindhraði er meiri en 15 m/s oftari en í hliðruðum veðurgögnum og skv. viðmiði:

1. Við allar 6 hæða byggingarnar í útjarði skipulagssvæðisins,
2. Við 4 hæða byggingarnar í útjarði skipulagssvæðisins suðvestan við 6 hæða byggingarnar,
3. Í kringum allar 5 hæða byggingarnar í útjarði skipulagssvæðisins eftir Borgarbraut, þ.m.t. byggingarnar norðan við torgrýmið þar sem gert er ráð fyrir atvinnuhúsnæði á jarðhæð,
4. Á milli 4 hæða bygginganna sunnan við torgrýmið,
5. Á norðurhlið 4 hæða inngarðabyggðarinnar vestast í skipulaginu,

Eftirfarandi er listi svæða þar sem vindhraði er meiri en 20 m/s oftari en í hliðruðum veðurgögnum og skv. viðmiði:

1. Við horn á syðstu 6 hæða byggingunni.

4.3 TEGUNDIR MÓTVÆGISADGERÐA

Helstu leiðir til að bæta vindumhverfi er annað hvort að takmarka vind sem er dreginn niður að jörðu eða að eiga við vindinn þegar hann er kominn við jörðu. Þegar vindurinn er kominn niður þarf annað hvort að vísa honum annað eða að trufla vindinn með öðrum hætti til að draga úr hraða hans.

Útfærslur á byggingarmassa geta t.d. verið uppbrot bygginga með inndregnum eða útdregnum hæðum eða hluta bygginga og þannig forðast stóra og slétta fleti, breytingar á hornum bygginga til að forðast skörp horn, stöllum bygginga, o.s.frv.

Staðbundnari aðgerðir geta t.d. verið vindskyggni (e. canopy) eða vindrennur (e. wind gutter), inndregnir inngangar (e. recessed entrances) til að þar skapa lyngt svæði, skjólveggir hvort sem heilir eða gljúpir (e. perforated / porous), trjágróður, o.s.frv.

Til að færa vind með trjágróðri þykir vanalega best að nota sígrænan gróður en til að draga kraft úr vindi gæti sumargrænn gróður dugað til [1]. Þó myndi gróður með mikinn laufþéttleika (e. leaf area density) og háan dragstuðul (e. drag coefficient) draga mest úr vindhraða.

Eftirfarandi er listi af möguleikum sem hægt væri að skoða til að lágmarka vind, en listinn er ekki tæmandi:

- Þar sem vindur mætir byggð er almennt betra að hafa lægri byggingar. Það er talið betra að byggingar hækki eftir því sem innar er farið inn í hverfið, en það fer einnig eftir þéttleika hverfisins.

- Skoða mætti hvernig byggingar snúa m.t.t. vindátta. Forðast ætti að byggð sé mjög opin fyrir tíðum og hvössum vindáttum og að byggingar sem mæta vindi snúi þannig að vindaðstæður séu með besta móti.
- Huga gæti þurft á fjarlægðum á milli bygginga sem gæti verið að auka vindhraða á milli þeirra. Breytingar á byggingarmassa gætu bætt vindaðstæður þar sem vindhraði eykst á milli bygginga, t.d. með því að forðast skörp horn bygginga eða að breyta fjarlægðinni á milli bygginganna o.s.frv.
- Hægt væri að kanna fyrirkomulag bygginga til að brjóta upp vindinn. Stakar háar byggingar eru almennt varhugaverðar en passa þarf einnig að byggingarmynstur myndi ekki farveg fyrir vind.
- Hægt er að skoða uppbrot bygginga, t.d. inndregnar eða útdregnar hæðir eftir straumhegðun, og forðast þannig stóra fleti og slétt yfirborð sem mæta vindi.
- Byggingar sem skaga fram fyrir aðrar byggingar í straumstefnu geta dregið inn vind inn í skipulagið.
- Vel staðsettar staðbundnar aðgerðir eins og trjágróður, vindskerma, skjólveggi, listaverk gæti verið hægt að nýta til að skýla svæðum fyrir ákveðnum vindáttum. Í lóðahönnun er hægt að taka tillit til vindvistar og vindátta sem hafa mestu áhrif á vindaðstæður á hverju svæði og reyna að bæta vindaðstæður.

5 SAMANTEKT

Greining hefur verið gerð á staðbundnu vindafari fyrir tillögu að deiliskipulagi fyrir Móahverfi á Akureyri.

Vindvist innan tillögunnar, sem segir til um hvernig svæði geti nýst, hefur sýnt eftirfarandi:

- Vindvist á dvalarsvæði á torginu stenst ekki ströngustu væntingar um að þar sé oft hægt að sitja lengi á sumrin, heldur er því spáð að þar verði aðeins hentugt til að staldra aðeins við á sumrin. Á torginu verða svæði sem henta til að staldra við á vorin og á haustin en almennt hentar torgið undir rólega göngu á þessum árstíðum. Torgið er lykilsvæði í skipulaginu og því gæti verið hagstætt að bæta vindaðstæður.
- Almennt eru dvalarsvæðin í inngarðabyggðunum mjög góð og uppfylla væntingar um að þar sé oft hægt að sitja lengi á sumrin og staldra við á vorin og á haustin. Í raun er vindvist á þessum dvalarsvæðum að sýna betri aðstæður á vorin og haustin heldur en þær væntingar sem gerðar eru til svæðanna.
- Góð vindvist er við atvinnustarfsemina norðan við torgrýmið sem stenst væntingar um að þar sé oft hægt að sitja lengi á sumrin og staldra við að vetri.
- Inngangar að byggingum kringum torgrýmið og þrjár inngarðabyggðir austar í skipulaginu (3-5), standast væntingar að hluta. Huga ætti vel að staðsetningum innganga þannig þeir séu þar sem vindaðstæður séu sem bestar.
- Inngangar að tveimur inngarðabyggðum vestar í skipulaginu (1-2), og við hæstu byggingarna sem eru útjaðri byggðarinnar standast ekki væntingar og eru að hluta til tveimur flokkum hærri en væntingar. Huga ætti að lausnum þar til að bæta aðstæður við innganga.
- Vindvist á gönguleiðum á tengistíg sem er í miðju skipulagsins og nær upp allt skipulagið stenst almennt væntingar en vindvist er þó einum flokki hærri í efstu tveimur húsagötunum.
- Óþægileg svæði er að finna að vetri til: Við eina 6 hæða bygginguna í útjaðri skipulagsins, við eitt hornið á inngarðabyggðinni vestast í skipulaginu og við eitt hornið á annarri 5 hæða byggingunni norðan við torgrýmið þar sem gert er ráð fyrir atvinnustarfsemi á jarðhæð.
- Vindhraði fer yfir öryggismörk aðallega á svæðum í útjaðri skipulagssvæðisins: Við 5 hæða byggingar eftir Borgarbraut (við atvinnuhúsnæðið: N-átt, NNV-átt, ANA-átt og A-átt), við 6 hæða og 4 hæða byggingar eftir Síðubraut (N-átt og NNV-átt, og A-átt á tveimur svæðum við eina bygginguna), en einnig á milli 4 hæða bygginganna sunnan við torgrýmið (N-átt) og á norðurhlið 4 hæða inngarðabyggðarinnar vestast í skipulaginu (N-átt, NNV-átt, og SSA-átt).
- Huga ætti að mótvægisáðgerðum til að bæta úr vindaðstæðum svo svæðin teljist hvorki vera óþægileg eða hættuleg.
- Helstu vindáttir sem valda óhagstæðum og hættulegum vindaðstæðum eru N-átt (0°) og NNV-átt (330°). Við atvinnuhúsnæðin norðan við torgrýmið eru tvö svæði vegna ANA-áttar (60°) og A-áttar (90°).
- Til að bæta vindaðstæður á torgrýminu að sumri til þarf einnig að huga að ASA-átt (120°) og S-átt (180°).
- Í greiningu á veðurgögnum var áætlað að N-átt yrði næst mikilvægasta vindáttin sökum tíðni hennar og þar á eftir væru NNV-átt og S-átt. N-átt og NNV-átt voru meðal þriggja hvössustu vindáttanna á öllum árstíðum og þá reyndist ASA-átt vera fjórða hvassasta vindáttin að sumri til þótt hún sé ekki sérlega tíð.

Greiningin hefur skilað eftirfarandi:

- Kortum sem sýna vindvist í skipulaginu fyrir árstíðir og svæði þar sem vindhraði fer oftar yfir öryggismörk heldur en í hliðruðum veðurgögnum.
- Myndum sem sýna hvaða vindáttir eru að valda vindaðstæðum á hverju svæði fyrir sig sem nýtist þegar hugað er að áðgerðum til að bregðast við vindaðstæðum.
- Möguleika á að greina straumhegðun sem veldur vindaðstæðum ef þörf þykir að gera úrbætur á þeim svæðum sem standast ekki væntingar með greiningu á mótvægisáðgerðum.

- Hægt er að nota niðurstöður vindvistar í lóðahönnun og nota staðbundnar aðgerðir til að reyna að draga úr vindhraða. Þetta á við um trjágróður, vindskerma, skjólveggi, listaverk o.þ.h. – einnig er möguleiki að bæta slíku inn í hermun á vindi og kanna áhrif þeirra á vindhraða.
- Möguleiki er að setja inn kröfur um vindgreiningu við innlagningu aðaluppdráttá, áður en byggingarleyfi er veitt, til skoða leiðir til að bæta vindaðstæður við einstaka byggingar þar sem vindvist þarf að bæta.

Greining á staðbundnu vindafari í tillögu að deiliskipulagi fyrir Móahverfi á Akureyri hefur sýnt að vindvist er almennt þokkaleg en á nokkrum svæðum helst í útjaðri byggðarinnar getur verið vindvist verið ábótavant. Á dvalarsvæðinu á torginu er hægt að staldra við á sumrin og á dvalarsvæðum í inngarðabyggðum er oft hægt að sitja lengi. Ágætis svæði eru fyrir atvinnustarfsemi á jarðhæðum bygginganna norðan við torgið á sumrin og veturna og uppfylla væntingar um t.d. útisetusvæði fyrir kaffihús o.þ.h. Þó eru svæði í kringum byggingarnar norðan við torgrýmið, sem eru 5 hæða, sem henta aðeins undir röska göngu á sumrin.

Vindvist upp við byggingar stenst almennt væntingar að hluta m.t.t. innganga. Því ætti almennt að staðsetja innganga þar sem vindaðstæður eru þannig að heppilegt þykir að staldra þar við fyrir á öllum árstíðum. Svæðin í kringum 6 hæða byggingarnar í útjaðri skipulagssvæðisins standast ekki væntingar á neinni árstíð m.t.t. innganga. Huga ætti sérstaklega að aðgerðum, staðbundnum eða stærri aðgerðum, til að bæta aðstæður við þessa innganga.

Gönguleiðir um tengistíga eru almennt að standast væntingar. Á hluta stíganna eru stöku svæði sem eru einum flokki ofar en væntingar eru um, t.d. efst á tengistíg sem liggur í miðju hverfinu, hjá efstu tveimur húsaötunum. Tengistígur sem er nyrst í skipulaginu, upp með Síðubraut, meðfram 6 hæða byggingunum stenst hins vegar ekki væntingar um rólega gönguleið.

Í tillögunni eru nokkur svæði þar sem vindhraði fer of oft yfir öryggismörk vegna áhrifa byggðarinnar. Svæðin eru aðallega í kringum 5-6 hæða byggingar í útjaðri byggðarinnar eftir Síðubraut og Borgarbraut, og einstaka 4 hæða byggingar og eru að mestu leyti vegna N-áttar og NNV-áttar.

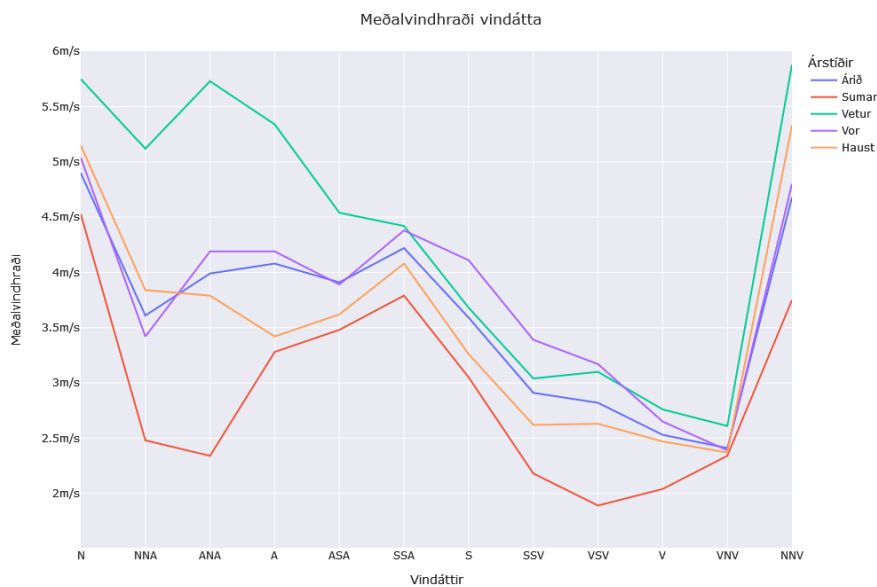
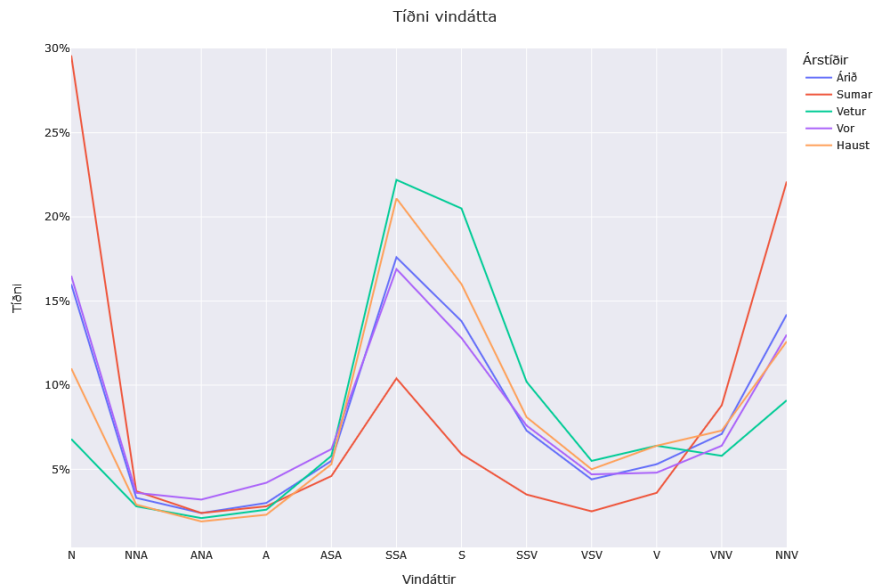
6 HEIMILDIR

- [1] T. Lawson, *Building Aerodynamics*. Imperial College Press, 2001.
- [2] ESDU (Engineering Science Data Unit) Item 01008, 'Computer program for wind speeds and turbulence properties: flat or hilly sites in terrain with roughness', ESDU (Engineering Science Data Unit) Item 01008, London, 2001.
- [3] Copernicus Land Monitoring Service, 'CORINE Land Cover'. 2018. Accessed: Nov. 11, 2021. [Online]. Available: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- [4] M. Dörenkämper *et al.*, 'The Making of the New European Wind Atlas – Part 2: Production and Evaluation', *Atmospheric Sciences*, preprint, Apr. 2020. doi: 10.5194/gmd-2020-23.
- [5] S. Cammelli and R. Stanfield, 'Meeting the Challenges of Planning Policy for Wind Microclimate of High-rise Developments in London', *Procedia Eng.*, vol. 198, pp. 43–51, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.07.163.
- [6] City of London and RWDI, 'Wind Microclimate Guidelines for Developments in the City of London'. City of London Corporation, 2019.
- [7] B. Blocken, T. Stathopoulos, and J. P. A. J. van Beeck, 'Pedestrian-level wind conditions around buildings: Review of wind-tunnel and CFD techniques and their accuracy for wind comfort assessment', *Build. Environ.*, vol. 100, pp. 50–81, May 2016, doi: 10.1016/j.buildenv.2016.02.004.

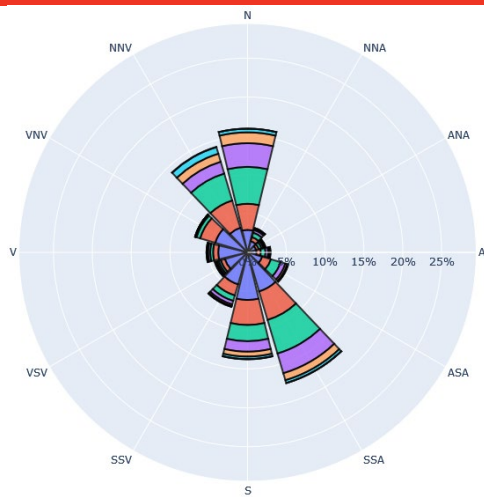
7 VIÐAUKI 1 – TÍÐNI OG MEÐALVINDHRAÐI VINDÁTTA

TAFLA 10. Tíðni vindáttá og meðaltöl vindhraða (m/s) úr hliðruðum veðurgögnum eftir tímabilum.

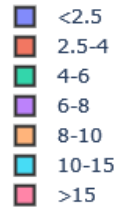
Tímabil	0° N	30° NNA	60° ANA	90° A	120° ASA	150° SSA	180° S	210° SSV	240° VSV	270° V	300° VNV	330° NNV
Árið	16.0%	3.3%	2.4%	3.0%	5.5%	17.6%	13.8%	7.3%	4.4%	5.3%	7.1%	14.2%
m/s	5.3	3.5	3.5	3.7	3.8	4.0	3.9	3.9	4.2	3.4	3.3	5.5
Sumar	29.6%	3.7%	2.4%	2.8%	4.6%	10.4%	5.9%	3.5%	2.5%	3.6%	8.8%	22.1%
m/s	4.9	2.4	2.0	3.0	3.3	3.6	3.4	2.9	2.8	2.8	3.2	4.4
Vetur	6.8%	2.8%	2.1%	2.6%	5.8%	22.2%	20.5%	10.2%	5.5%	6.4%	5.8%	9.1%
m/s	6.2	5.0	5.0	4.9	4.4	4.2	4.0	4.1	4.6	3.7	3.6	6.9
Vor	16.5%	3.6%	3.2%	4.2%	6.2%	16.9%	12.8%	7.6%	4.7%	4.8%	6.4%	13.0%
m/s	5.4	3.3	3.6	3.8	3.7	4.2	4.5	4.5	4.7	3.6	3.3	5.7
Haust	11.0%	2.9%	1.9%	2.3%	5.3%	21.1%	16.0%	8.1%	5.0%	6.4%	7.3%	12.6%
m/s	5.6	3.7	3.3	3.1	3.5	3.9	3.6	3.5	3.9	3.3	3.3	6.3



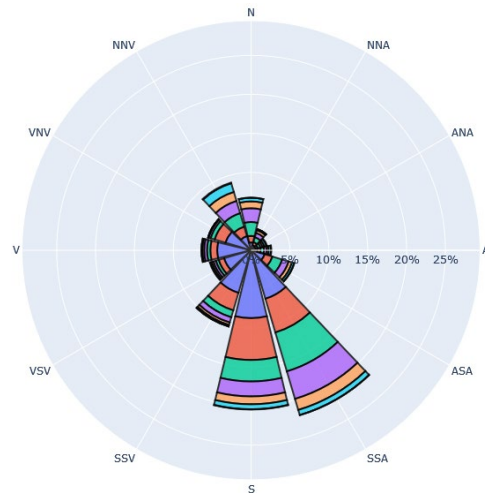
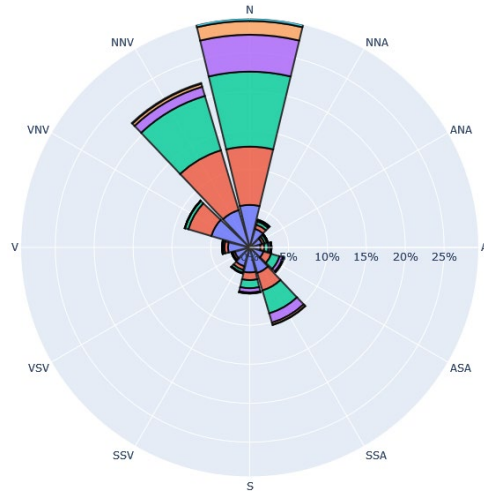
8 VIÐAUKI 2 – VINDRÓSIR VEÐURGAGNA



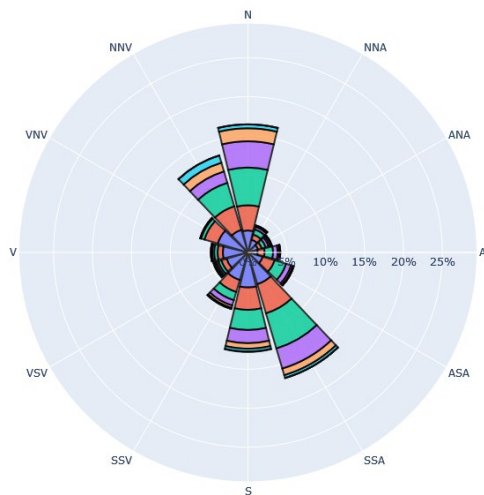
Vindhraði (m/s)



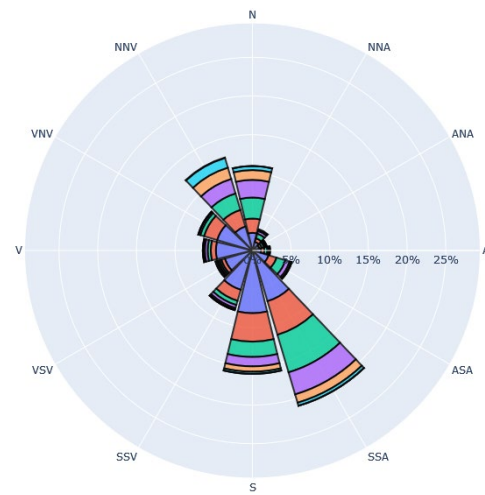
Allt árið



Sumar



Vetur

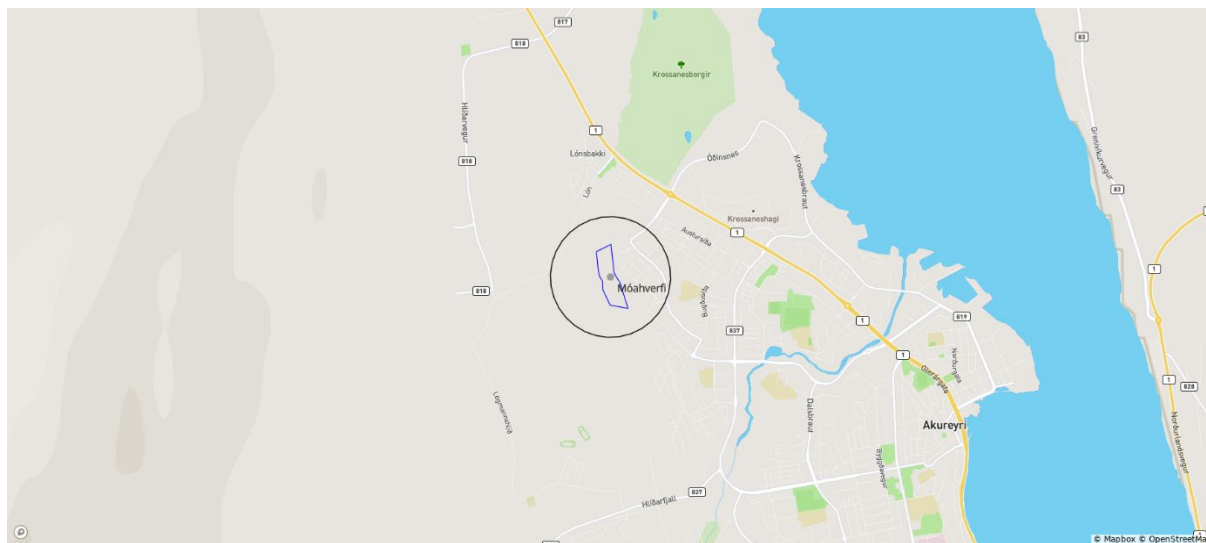


Vor

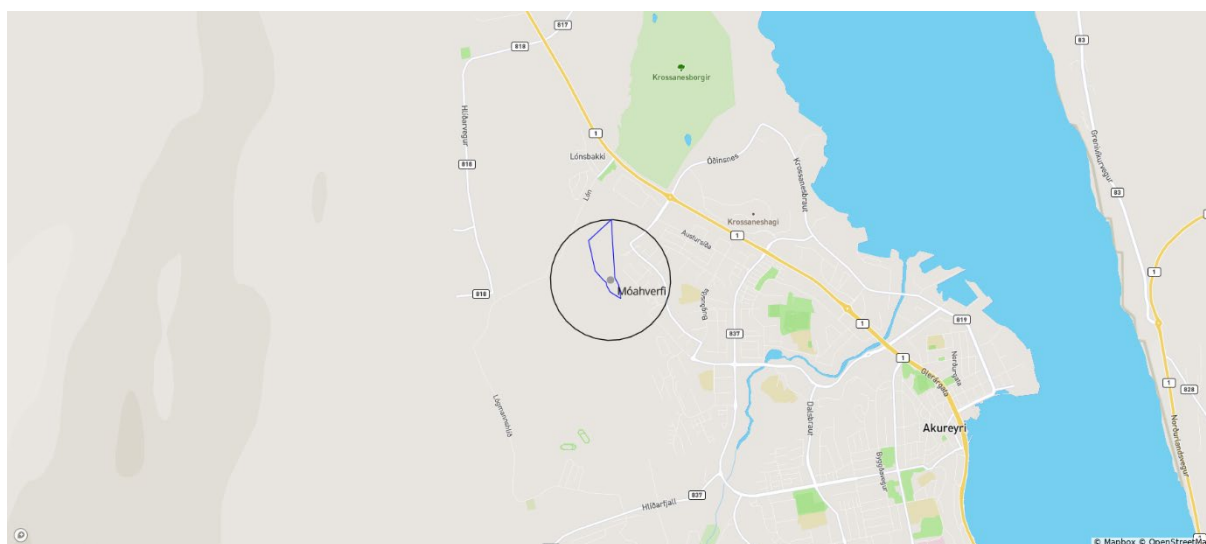
Haust

MYND 14. Vindrósir fyrir vindgögn frá veðurstöð 3471.

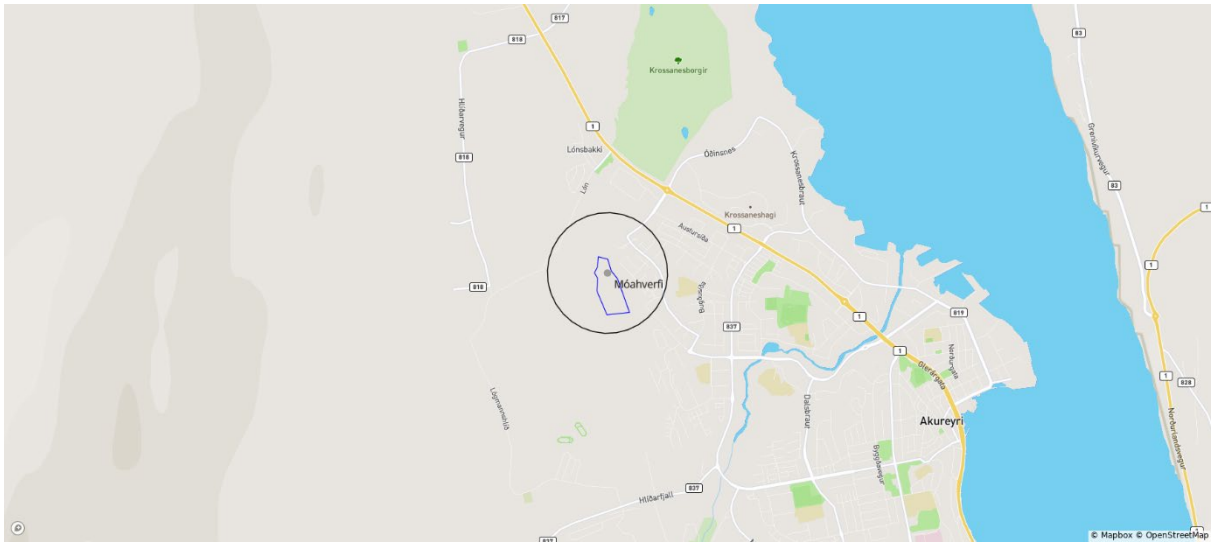
9 VIÐAUKI 3 – VINDRÓSIR Á SKIPULAGSSVÆÐINU



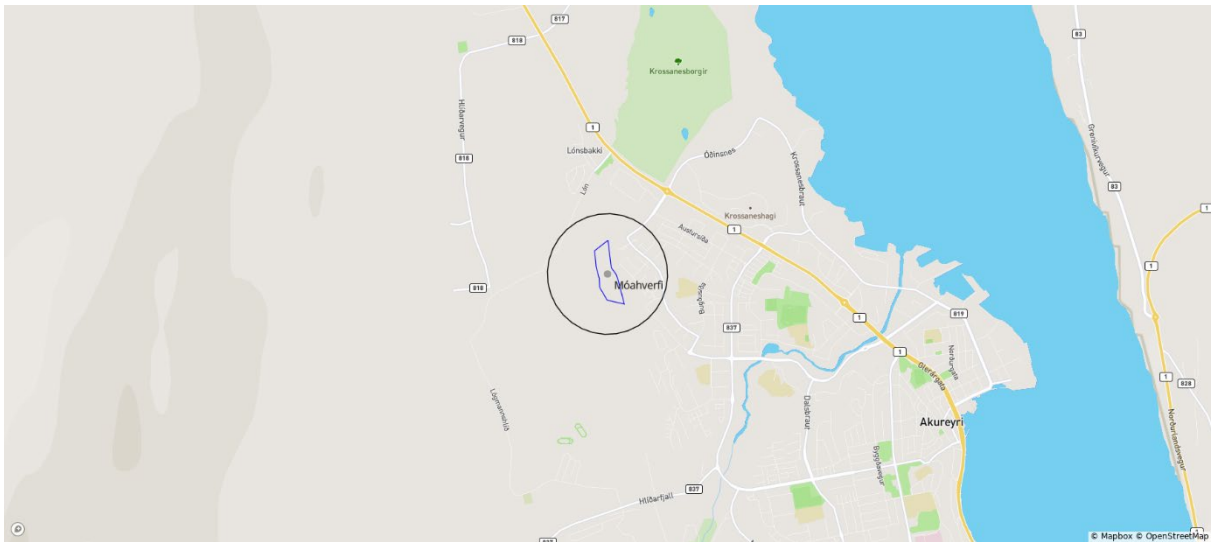
MYND 15. Vindrós fyrir allt árið.



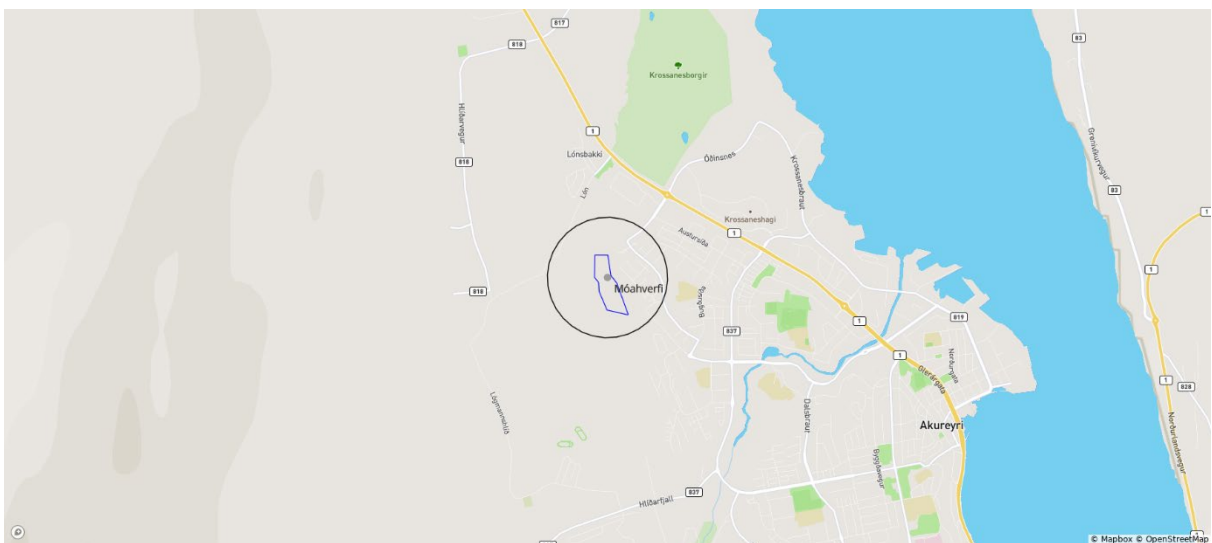
MYND 16. Vindrós fyrir sumarið.



MYND 17. Vindrós fyrir vetur.



MYND 18. Vindrós fyrir vor.

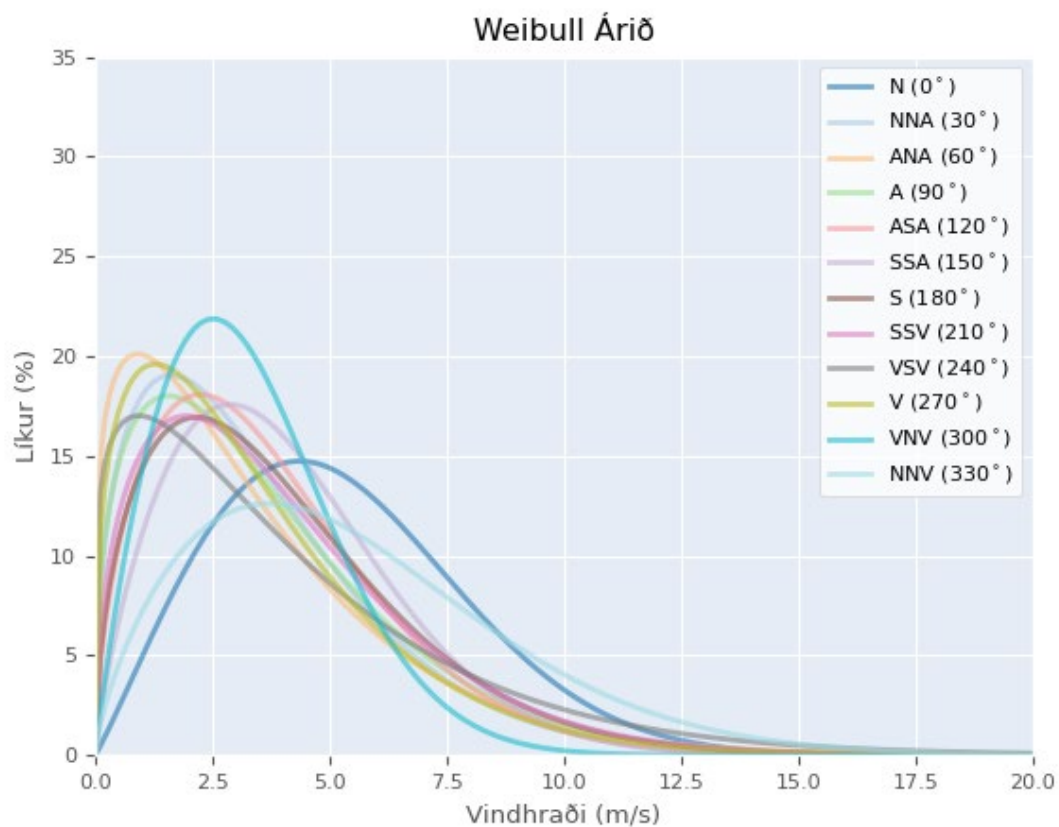


MYND 19. Vindrós fyrir haust.

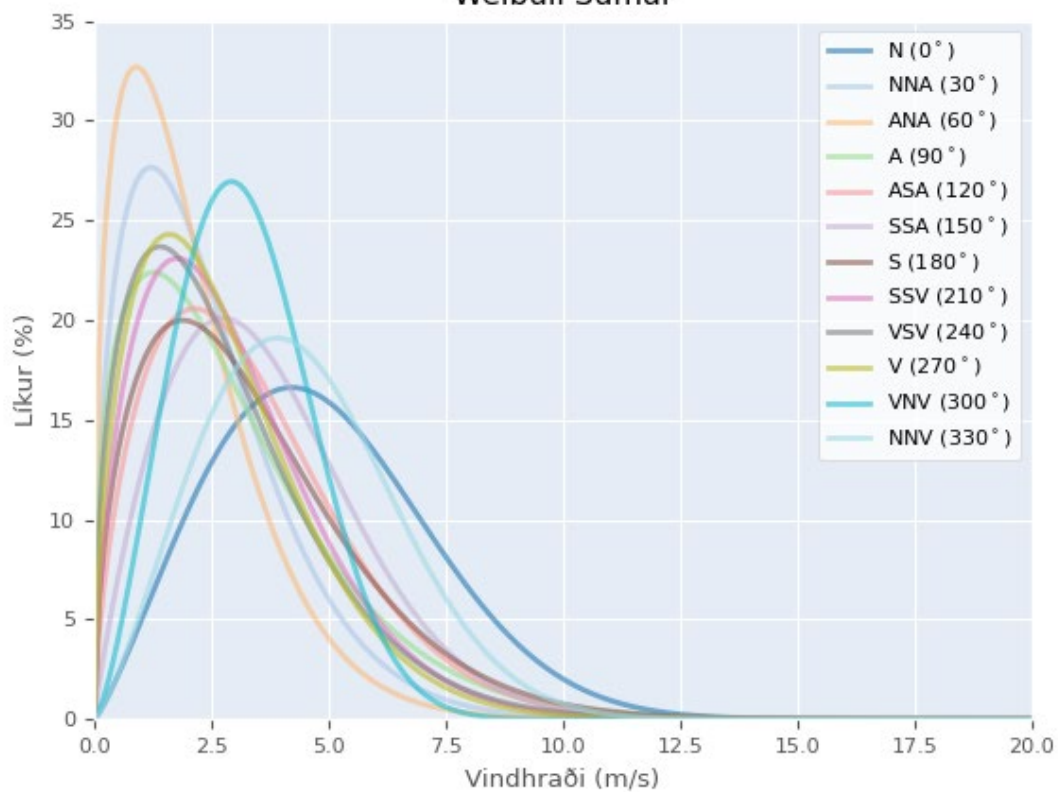
10 VIÐAUKI 4 – WEIBULL STUÐLAR HLIÐRAÐRA VEÐURGAGNA

TAFLA 11. Weibull stuðlar hliðraðra veðurgagna.

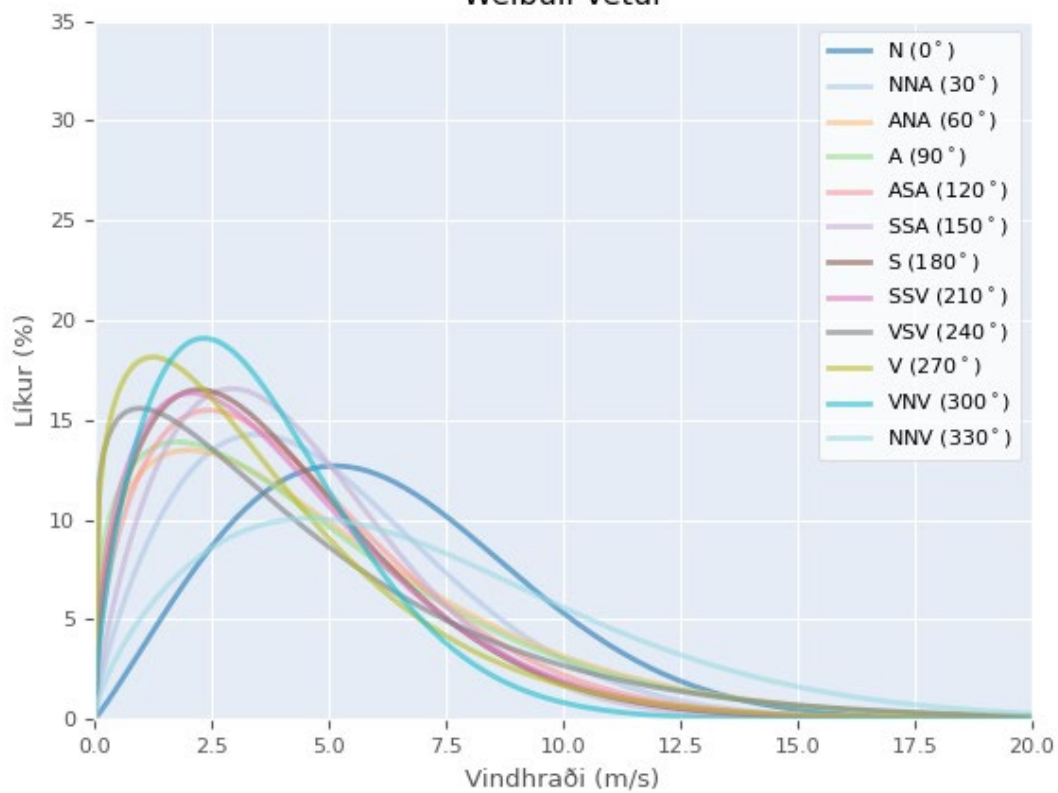
Vindátt Θ	Árið		Sumar		Vetur		Vor		Haust	
	k_{Θ}	c_{Θ}	k_{Θ}	c_{Θ}	k_{Θ}	c_{Θ}	k_{Θ}	c_{Θ}	k_{Θ}	c_{Θ}
0°	2.08	5.97	2.21	5.53	2.10	6.98	2.13	6.15	1.91	6.26
30°	1.41	3.87	1.46	2.68	1.76	5.57	1.45	3.68	1.46	4.12
60°	1.22	3.72	1.39	2.25	1.35	5.45	1.34	4.00	1.20	3.53
90°	1.37	4.08	1.37	3.28	1.31	5.29	1.67	4.27	1.30	3.40
120°	1.59	4.20	1.65	3.75	1.54	4.85	1.74	4.20	1.55	3.88
150°	1.79	4.56	1.88	4.11	1.75	4.78	1.91	4.75	1.74	4.41
180°	1.51	4.41	1.53	3.75	1.52	4.53	1.61	5.07	1.49	4.00
210°	1.45	4.35	1.59	3.29	1.47	4.54	1.50	5.08	1.44	3.90
240°	1.18	4.46	1.45	3.12	1.18	4.89	1.22	5.05	1.16	4.15
270°	1.32	3.75	1.55	3.10	1.28	4.06	1.35	3.93	1.30	3.67
300°	1.88	3.77	2.42	3.65	1.67	4.06	1.91	3.73	1.75	3.69
330°	1.71	6.21	2.32	4.99	1.70	7.76	1.73	6.38	1.59	7.02



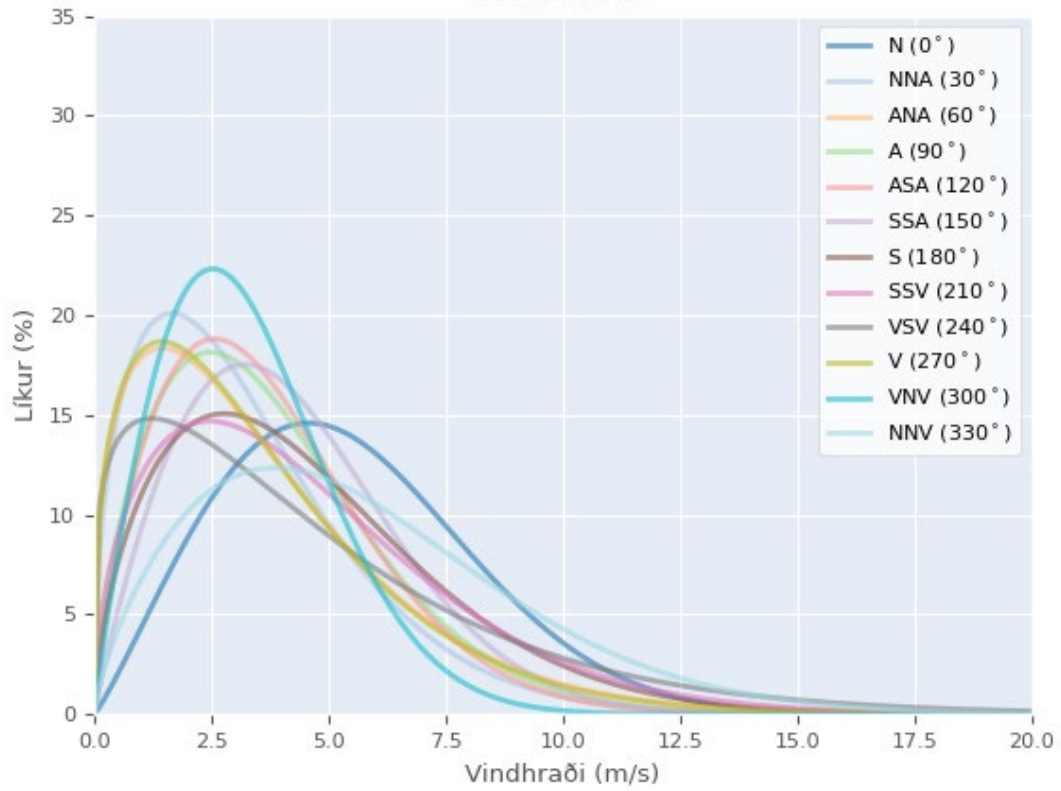
Weibull Sumar



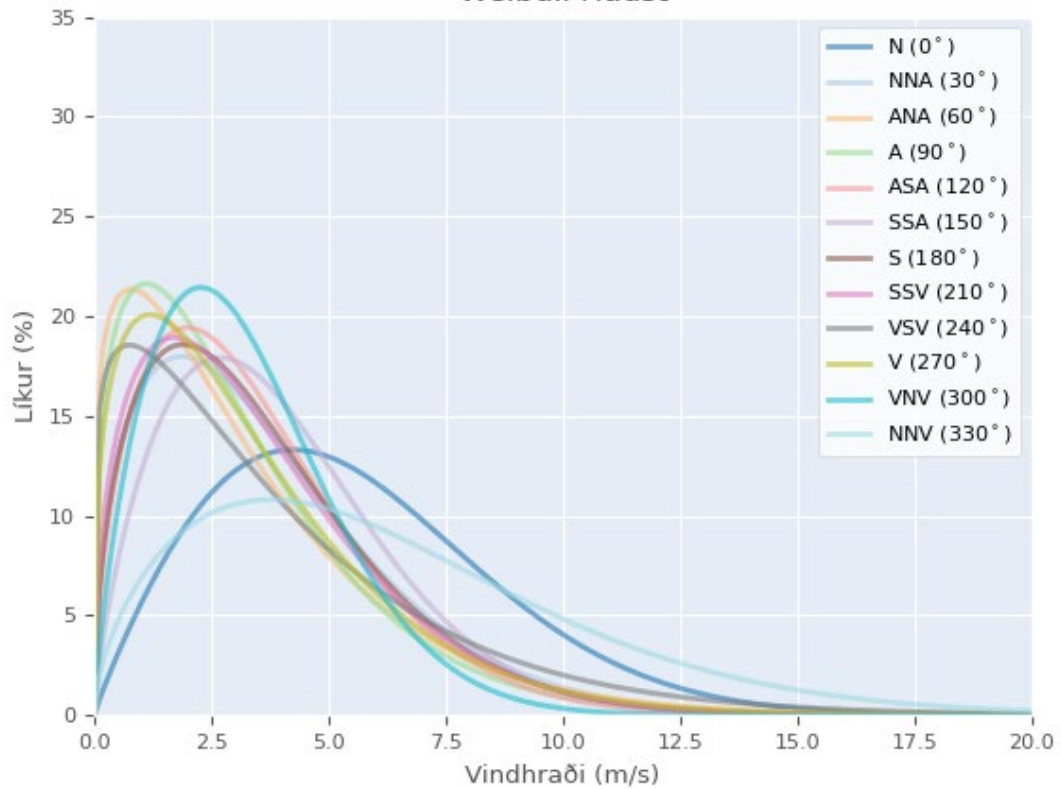
Weibull Vetur



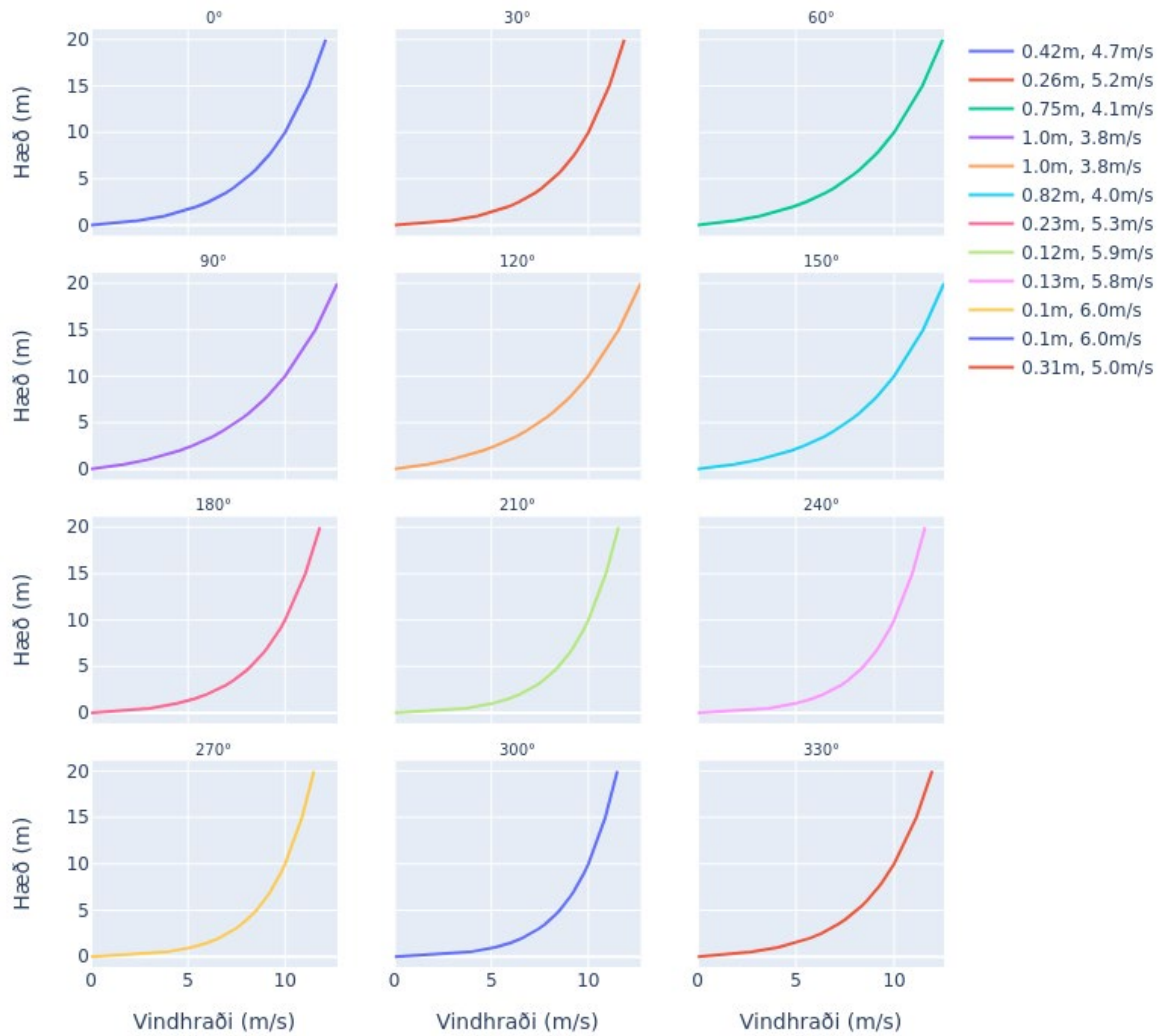
Weibull Vor



Weibull Haust



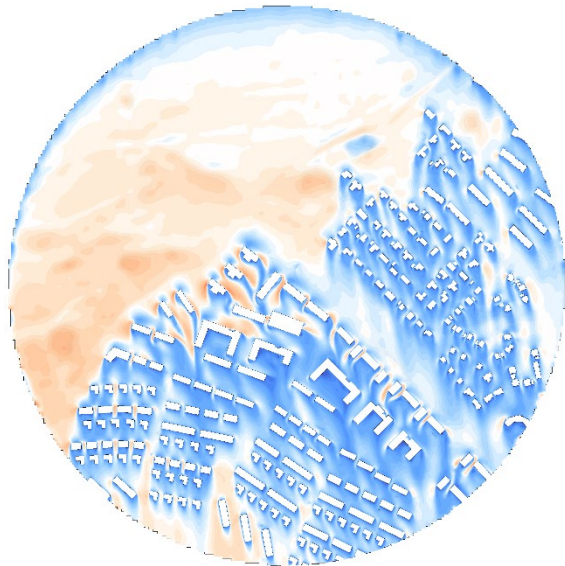
11 VIÐAUKI 5 – VINDSNIÐ FYRIR HVERJA VINDÁTT Í HERMUN



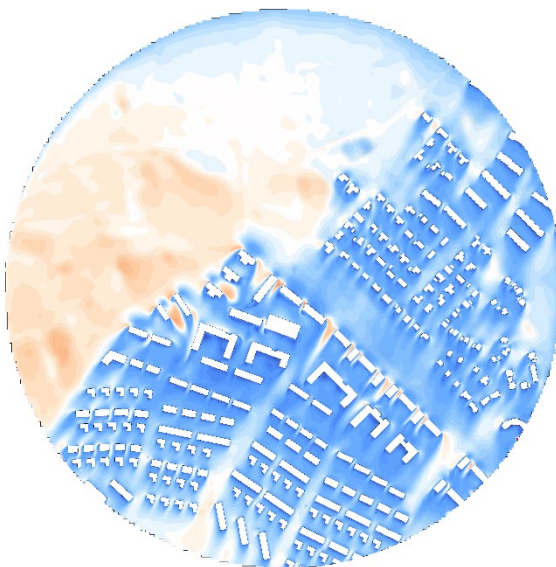
MYND 20. Vindsnið fyrir hverja vindátt ásamt upplýsingum yfirborðshrýfi og vindhraða í 1,5 m hæð.

12 VIÐAUKI 6 – HERMUN Á VINDI

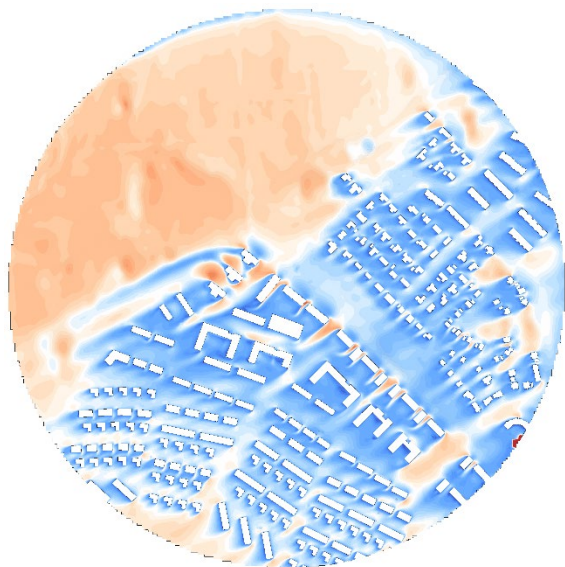
Eftirfarandi myndir sýna vindhraða í 1,5 m hæð í CFD líkani úr öllum vindáttum þar sem vindsnið við inntak er skilgreint með 10 m/s vindhraða í 10 m hæð og yfirborðshryfi vindáttar skv. viðaukanum á undan. Vindhraði eykst úr bláu yfir í rautt.



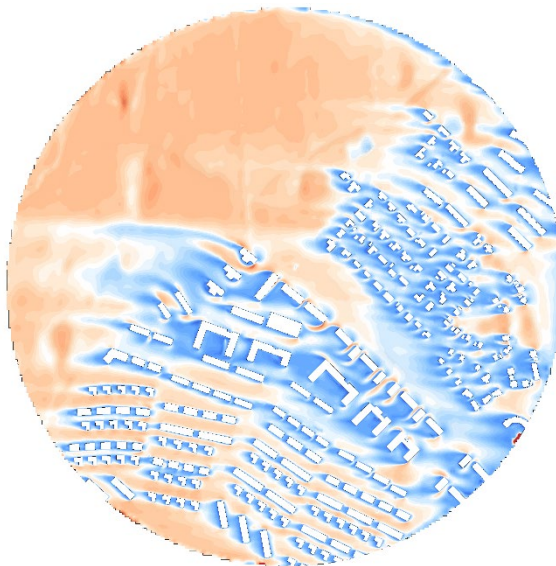
0°
0.42 m



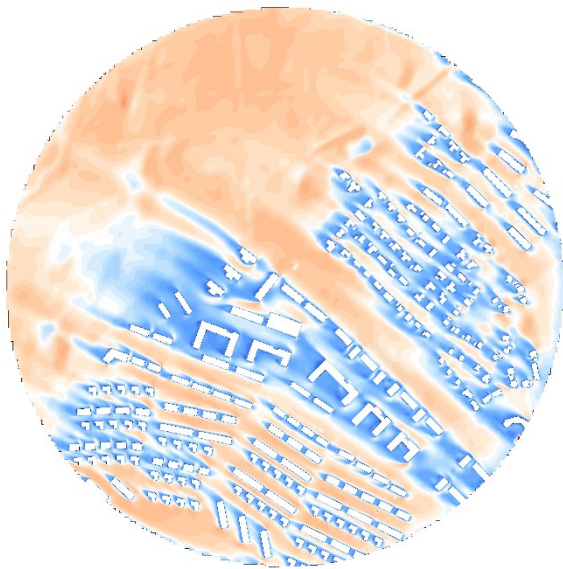
30°
0.26 m



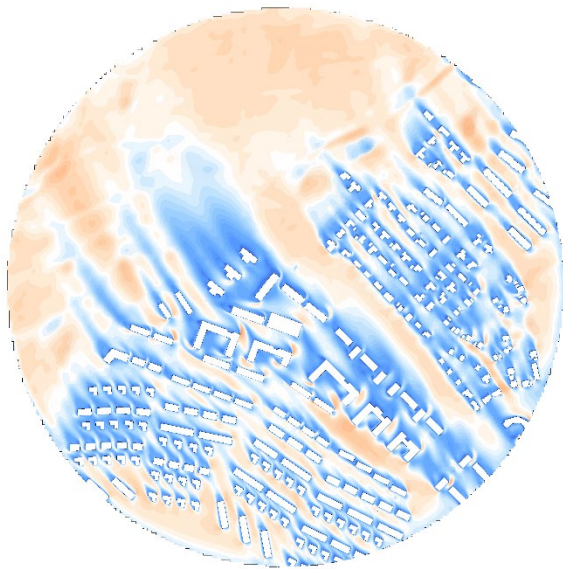
60°
0.75 m



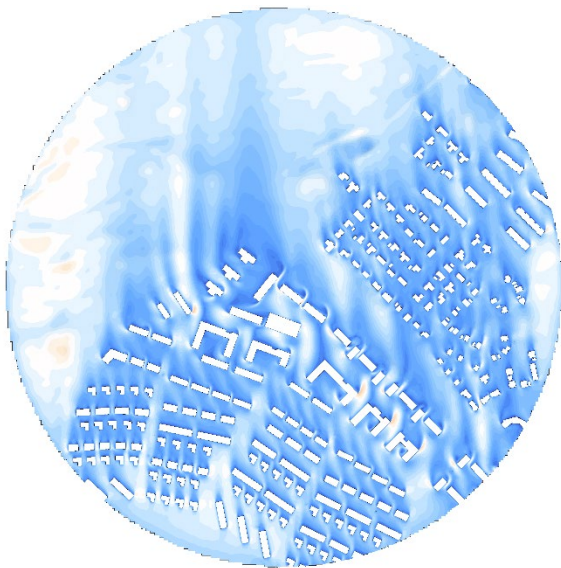
90°
1.0 m



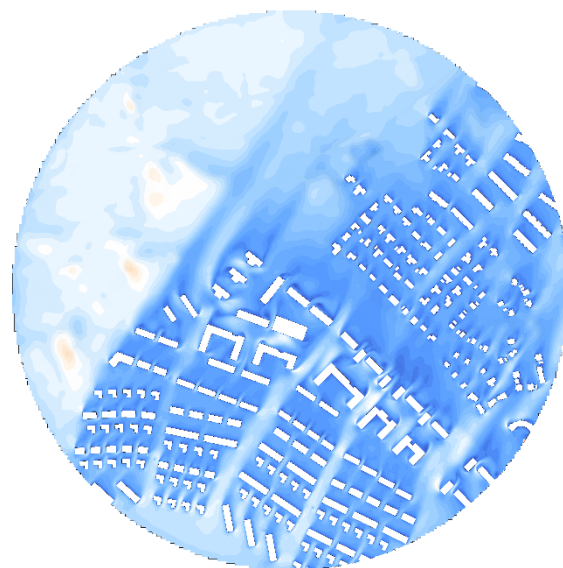
120°
1.0 m



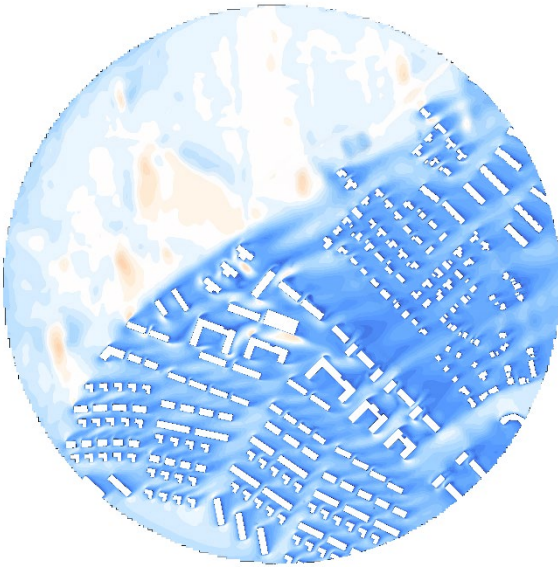
150°
0.82 m



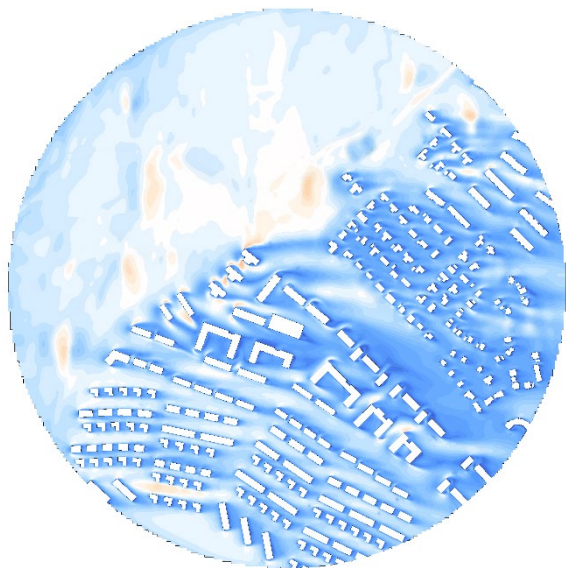
180°
0.23 m



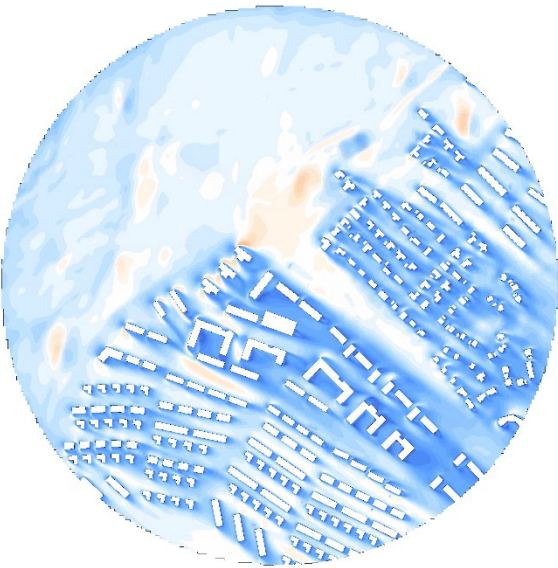
210°
0.12 m



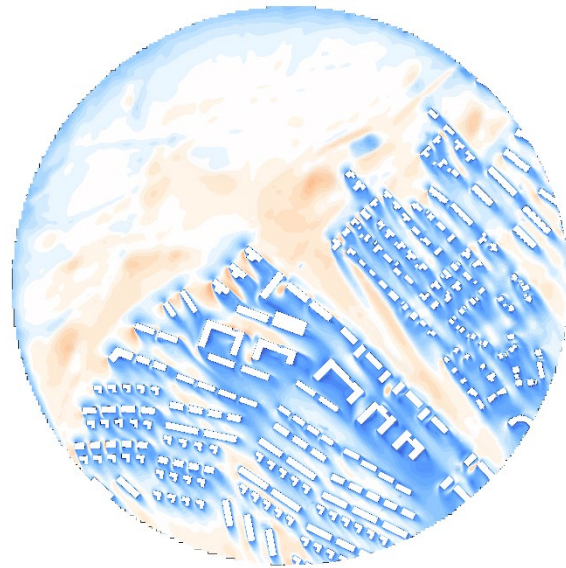
240°
0.13 m



270°
0.10 m



300°
0.10 m



330°
0.31 m