

LV-2014-083



Landsvirkjun



Vindmyllur og sjónræn áhrif

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2014-083

Dags: Ágúst 2014

Fjöldi síðna: 41

Upplag: 10

Dreifing:

- Birt á vef LV
 Opin
 Takmörkuð til

Titill: Vindmyllur og sjónræn áhrif

Höfundar/fyrirtæki: Unnur Ólafsdóttir B.A arkitektúr LHÍ háskólanemi, Landsvirkjun

Verkefnisstjóri: Björk Guðmundsdóttir

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Tilgangur verkefnisins var að skoða hvaða aðferðir er hægt að nota í dag við að meta sjónræn áhrif og hverjar þeirra henta best við að meta áætlað útlit og sjónræn áhrif mannvirkja við virkjanir með áherslu á vindlundi. Nýjungar í tækni voru skoðaðar og hvaða framfarir hafa orðið á aðferðum við að meta sjónræn áhrif og mismunandi framsetning. Farið var yfir aðferðarfræði sem notast er við erlendis og fjölbreyttar leiðir í ólíku landslagi. Einnig voru skoðaðar mótvægisaðgerðir við hönnun vindlunda, svo sem uppröðun, litir, form, hönnun á innviðum og fleira.

Lykilorð: Sjónræn áhrif, vindmyllur, vindlundir, framsetning, grafík, tölvuforrit, mótvægisaðgerðir, umhverfisfrágangur.

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

VINDMYLLUR OG SJÓNÆRÆN ÁHRIF



EFNISYFIRLIT

Verkefnið.....	4
Samantekt.....	5
Vindorka.....	6
- Vindmyllur á Íslandi.....	6
- Sjónræn áhrif.....	8
Umhverfivindlunda.....	10
Mat á sjónrænum áhrifum.....	12
- Landslagsgreining.....	12
- Ásýndarkort.....	12
- Sjónarhorn.....	14
- Ljósmyndun.....	16
Sýnileikamyndir.....	18
- Myndblöndun.....	18
- Tölvulíkön.....	20
- Sýndarveruleiki.....	22
- Handteikningar.....	24
Mótvægisáðgerðir.....	26
- Uppröðun.....	26
- Stærð og fjöldi.....	28
- Form og gerðir.....	28
- Litir.....	30
- Öryggislýsing.....	32
- Hljóð.....	32
- Ljósflókt og skuggavarp.....	34
- Innviðir.....	34
Aðlokum.....	36
Heimildir.....	39
Myndaskrá.....	40

VERKEFNIÐ

Tilgangur verkefnisins var að skoða hvaða aðferðir er hægt að nota í dag við að meta sjónræn áhrif og hverjar þeirra henta best við að meta áætlað útlit og sjónræn áhrif mannvirkja við virkjanir með áherslu á vindmyllur.

MARKMIÐ

- Að skoða helstu tækni, forrit og annað, sem hægt er að nýta við mat á sjónrænum áhrifum og skoða hvaða framfarir hafa orðið á undanförunum árum.
- Að skoða mismunandi framsetningu á grafík.
- Að kynna sér helstu umhverfisáhrif vindmylla og önnur mannvirki sem þeim fylgja svo sem vegir og háspennulínur.
- Að kynna sér rannsóknir og aðferðafræði við að meta sjónræn áhrif vindmylla sem gerðar hafa verið erlendis, t.d. í Danmörku, Noregi, Hollandi, Skotlandi og í Bandaríkjunum.
- Að skoða mögulegar mótvægisáðgerðir svo sem mismunandi uppsetningu, liti og áferð vindmylla.
- Að skoða sjónræn áhrif vindmylla í mismunandi landslagi.

Samantektin byggir á upplýsingaöflun sem fór fram sumarið 2014. Skoðaðar voru erlendar rannsóknir á aðferðafræði og nýjustu tækni við að meta sjónræn áhrif vegna vindmylla ásamt því að fara í vettvangsferð í Búrfellslund, fyrirhugaðan vindlund Landsvirkjunar.

Verkefnið var unnið af Unni Ólafsdóttur, B.A. í arkitektúr frá Listaháskóla Íslands, að tilstuðlan umhverfisdeildar, þróunarsviðs Landsvirkjunar. Verkefnisstjóri var Björk Guðmundsdóttir landslagsarkitekt FILA, verkefnisstjóri manngerðs umhverfis. Leitað var til nokkurra starfsmanna Landsvirkjunar til yfirlstrar svo sem Jóns Ingimarssonar, Ragnheiðar Ólafsdóttur, Margrétar Arnardóttur, Óla Grétars Blöndal Sveinssonar og Sveins Kára Valdimarssonar.

Verkefnið var byggt upp á eftirfarandi hátt:

Gagnaöflun: Leitað eftir og safnað saman rannsóknum og upplýsingum um aðferðir, forrit, grafík og mótvægisáðgerðir vegna vindlunda ásamt vettvangsferð í fyrirhugaðan Búrfellslund.

Úrvinnsla: Farið í gegnum gögnin og þau sem helst þóttu eiga við tekin saman og unnin í texta.

Uppsetning: Efnið sett upp í skýrsluform ásamt myndum.

SAMANTEKT

Vindlundum í heiminum fer ört fjölgandi enda um umhverfisvænan orkukost að ræða. Til þess að eiga jákvætt samtal um skoðanaskipti vegna vindorku er áriðandi að orkufyrirtæki og einstaklingar vandi skipulag og hönnun vindmylla með tilliti til sjónrænna áhrifa þar sem þau eru áhrifamikill umhverfisþáttur, og nýti sér þá tækni sem býðst. Huga þarf að öllum þeim atriðum sem kunna að auka sjónræn áhrif og nýta mótvægisáðgerðir og góða hönnun til að ná fram sem ákjósanlegastri niðurstöðu framkvæmdar.

Helstu kynningarform á sjónrænum áhrifum eru:

- Myndblöndun (ljósmyndir ásamt tölvulíkani)
- Myndir úr tölvulíkani (landslag einnig teiknað í tölvu)
- Hreyfimyndir (eitt sjónarhorn sem sýnir hreyfingu spaðanna)
- Stutt myndskot þar sem ferðast er um svæðið
- Sýndarveruleiki (notandi ferðast af vild um tölvulíkan)
- Handteikningar (skýringarmyndir)
- Ásýndarkort (ZTV kort)

Þótt ekki sé hægt að koma í veg fyrir sjónræn áhrif af vindmyllum er hægt lágmarka áhrifin með vandaðri hönnun í samræmi við helstu einkenni umhverfisins sem getur verið allt frá þéttri byggð yfir í opin höf en mikilvægt er að huga sérlega vel að eftirfarandi:

- Uppröðun
- Stærð
- Formi og gerðum
- Litavali
- Öryggislýsingu
- Hljóði
- Ljósflökti og skuggavarpi
- Innviðum

Þau tæki sem notuð eru af sérfræðingum við greiningu á sjónrænum áhrifum geta verið torskilin fyrir almenning og helstu hagsmunaaðila en mikilvægt er að nota þau gögn sem auðvelt er að skilja og túlka við kynningu á sjónrænum áhrifum. Vandað og heiðarlegt mat á sjónrænum áhrifum og vegna vindlunda og góð kynning skilar sér í jákvæðara viðhorfi og betri skilningi almenning sem er nauðsynlegur til frekari þróunar á vindorku til raforkuvinnslu.

VINDORKA

Í heiminum hafa menn svo öldum skiptir nýtt þá orku sem býr í vindinum til að auðvelda sér verk svo sem til að mala korn og dæla vatni. Vindorka er ein af endurnýjanlegu orkulindum heimsins og mikil þróun hefur orðið í hönnun vindmylla á undanförunum árum en margar nágrannþjóðir okkar hafa kosið þennan virkjunarkost til þess að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis, sérstaklega í kjölfar umræðu um neikvæð áhrif gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum.

VINDMYLLUR Á ÍSLANDI

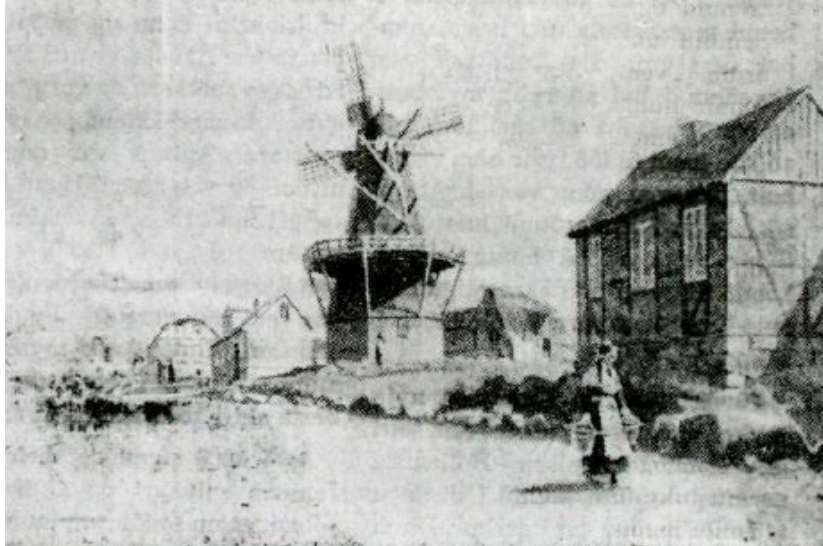
Fyrsta vindmyllan hér á landi var reist við Hólavelli 1830 og nokkrum árum síðar var reist önnur á horni Bankastrætis og Þingholtstrætis, kölluð hollenska myllan. Vindmyllurnar voru báðar nýttar til mölunar á rúgi, reistar af P .C. Knudtzon kaupmanni. Þær settu sterkan svip á Reykjavík þangað til þær voru rifnar, Hólavallamyllan um 1980 en sú hollenska árið 1902. Fleiri vindmyllur voru reistar á svipuðum tíma um landið, ein í Vigur árið 1840 sem stendur enn og fleiri í Skagafirði, Raufarhöfn og víðar. Með rafvæðingunni á 20. öld var síðan nokkuð um að bændur reistu litlar vindrafstöðvar við bæi sína og vindrafstöðvar hafa einnig verið notaðar til að framleiða rafmagn fyrir sumarhús og ýmis tæki.¹

Kostnaður við vinnslu á rafmagn frá vindorku hefur hingað til verið helsta hindrun þess að Íslendingar hafi nýtt sér þennan orkukost auk þess sem ekki hefur verið skortur á öðrum endurnýjanlegum og ódýrari orkugjöfum frá vatnsafli og jarðvarma. Þróun á tækni og nýtni vindmylla síðastliðin ár hefur hinsvegar opnað möguleika fyrir Ísland að nýta vindorku og árið 2012 setti Landsvirkjun upp tvær 900 kW vindmyllur skammt frá Búrfelli í rannsóknarskyni. Reynsla rannsóknarvindmyllanna hefur verið afar góð og hefur Landsvirkjun í ljósi þess ákveðið að meta möguleika þess að setja upp fleiri vindmyllur eða allt að 200 MW vindlund á sama svæði.² Orkuveita Reykjavíkur og Biokraft ehf. gerðu samning um að reisa tvær 600 kW vindmyllur í Þykkvabæ sumarið 2014 og munu þær framleiða rafmagn fyrir um 1000 heimili.³

1 *Vindur og vindorka*, Veðurstofan, skoðað 30. ágúst 2014 á <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/vindorka/>.

2 Mannvit, *Búrfellslundur: Vindmyllur í Rangárþingi ytra og Skeiða- og Gnúpverjahreppi, Tillaga að matsáætlun*, bls 1.

3 *Orkuveitan og Biokraft ehf. í samstarf um vindorku*, Orkuveita Reykjavíkur, sótt 15. ágúst 2014 á <http://www.or.is/um-or/frettir-og-tilkynningar/orkuveitan-og-biokraft-i-samstarf-um-vindorku>.



Mynd 1: Teikning eftir Árna Ólafsson frá 1952 af hollensku myllunni í Reykjavík.



Mynd 2: Vindmyllur Landsvirkjunar á Hafinu.

SJÓNÆN ÁHRIF

Sjónræn áhrif eru einn veigamesti og umhverfisþátturinn þegar kemur að skipulagningu vindlunda og það sem helst veldur ágreiningi. Vegna stærðar, fjölda og legu geta vindmyllur gjörbreytt ásýnd landslags og haft áhrif á ferðamannastaði og upplifun. Viðbrögð fólks geta verið mjög mismunandi, sumum kann að finnast mikið til vindmyllanna koma og sjá þær sem tákni um umhverfisvænt samfélag og nútímatækni en aðrir líta á þær sem stórkostleg lýti og ágang á umhverfinu. Þar sem ósnortið landslag er eitt megineinkenni Íslands og stórbrotin náttúra lengi laðað að ferðamenn, ekki síst nú á síðastliðnum árum, gegnir mat og kynning á sjónrænum áhrifum veigamiklu hlutverki hér á landi. Í könnun þar sem viðhorf fólks á Norðurlöndunum til náttúru og þjóðernis var skoðað kom í ljós að Íslendingar telja landslag gegna mikilvægasta hlutverki sem tákni þjóðarinnar.¹

Til að frekari þróun á vindorku geti átt sér stað hér á landi er mikilvægt að upplýsingaflæði sé gagnvirk og gott samstarf náist til að ná sem breiðastri sátt en val á staðsetningu skiptir þar miklu máli. Rannsóknir sýna að líklegra er að viðbrögð fólks við framkvæmdinni verði jákvæð ef vel er staðið að mati og kynningu á sjónrænum áhrifum.²

1 Línuhönnun verkfræðistofa, *Aðferðir við mat á landslagi*, bls. 1.

2 Jean Vissering, *A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects*, bls. 3.



Mynd 3: Vindmyllur í Kaliforníu.



Mynd 4: Vindmyllur í Skotlandi.

UMHVERFI VINDLUNDA

Umhverfi vindlunda er afskaplega mismunandi, allt frá þéttum byggðum og grónum landbúnaðarsvæðum yfir í opin höf. Áhrif vindlunda á umhverfi eru því mjög ólík. Á sumum svæðum hefur hljóð eða skuggavarp mjög neikvæð áhrif á meðan að á öðrum svæðum hafa sömu áhrif lítið sem ekkert að segja.

Aðstæður í fyrirhuguðum Búrfellslundi eru um margt frábrugðnar þeim aðstæðum sem algengastar eru erlendis þar sem vindlundir eru oft staðsettir nærri byggð og umhverfisáhrifin því af öðrum toga. Mikilvægt er að gera sér grein fyrir að hvaða þáttum þarf að gæta sérstaklega að og leggja áherslu á við mat á sjónrænum áhrifum við hverjar aðstæður fyrir sig.

BÚRFELLSLUNDUR

Fyrirhugaður vindlundur Landsvirkjunar hefur fengið nafnið Búrfellslundur og er staðsettur norðan Búrfells. Umhverfið einkennist af hraun- og sandsléttum, er einsleitt og lítið um hæðarbreytingar. Svæðið er hluti af orkuvinnslusvæði Landsvirkjunar sem rekur sex vatnsaflsvirkjanir á Þjórsár-Tungnaásvæðinu og hefur því óhjákvæmilega nú þegar orðið fyrir raski af mannavöldum en unnið hefur verið að landgræðslu á og í nágrenni svæðisins. Landslag er fremur opið og fjallasýn tilkomumikil en áhrif vindlundarins verða mest á fjallasýn til austurs þegar skyggni er gott. Þó svo að ekki sé mikið um áningarstaði ferðamanna einmitt á þessu svæði liggur þjóðleiðin inn á hálendið um Sprengisand þar í gegn sem er fjölfarin leið ferðamanna á sumrin. Svokölluð Dómadalsleið inn í Landmannalaugar liggur einnig í nágrenni svæðisins og umferð ferðamanna þar nokkur yfir sumartímann.¹

Akandi ferðamenn eru líklega fjölmennasti hópurinn sem verður var við sjónræn áhrif vegna vindlundarins og sjónræn áhrif munu að öllum líkindum helst felast í breyttri ásýnd á opið landslag. Einnig er líklegt að öryggislýsing muni rýra myrkurgæði síðsumars og á veturna.

1 Mannvit, *Búrfellslundur: Vindmyllur í Rangárþingi ytra og Skeiða- og Gnúpverjahreppi, Tillaga að matsáætlun*, bls. 4.



Mynd 5: Vindmyllur nærri byggð í Þýskalandi.



Mynd 6: Horft yfir fyrirhugaðan Búrfellslund frá útsýnisstað norðan við Búrfell.

MAT Á SJÓNÆNUM ÁHRIFUM

Mikill vandi er að greina og meta sjónræn áhrif, hvort sem þau eru af völdum vindmylla eða annara mannvirkja. Sjónræn áhrif eru breytingar á hinu sjónræna umhverfi og viðbrögð fólks við breytingunum. Gera þarf greiningu á landslagi, skoða hvaðan mannvirkin sjást og útbúa sýnileikamyndir sem líkja eftir landslagi eða umhverfi eftir framkvæmdir. Því næst eru þessi gögn metin af sérfræðingum en einnig er nauðsynlegt að kanna viðhorf og skynjun almennings á framkvæmdinni. Báðar nálganir byggja á því að gildi landslagsins er metið út frá eðli landslagsþátta sem og mannlegri skynjun og reynslu sem hefur áhrif á viðhorf viðkomandi til umhverfisins.¹

LANDSLAGSGREINING

Með landslagsgreiningu eru ýmsir þættir greindir svo sem jarðfræði, landslagsþættir, jarðvegur, gróður, landnotkun og byggð. Þannig verður til skilningur á því hvernig landið varð eins og það er og hvernig það gæti mögulega orðið í framtíðinni. Breytingar eru ekki alltaf til hins verra og geta jafnvel undirstrikað einhverja eiginleika staðarins. Landslag getur verið mikils metið af ýmsum ástæðum svo sem gæði landslags, tilkomuleika, fegurð, friðsæld, afskekkt, möguleikar í ferðamennsku eða afþreyingu, eða vegna menningar og sögu. Með góðri landslagsgreiningu er mögulegt að greina hvaða svæði eru viðkvæm og mikilvægt að vernda eða huga sérstaklega að sem skilar sér í betra mati á sjónrænum áhrifum.²

ÁSÝNDARKORT

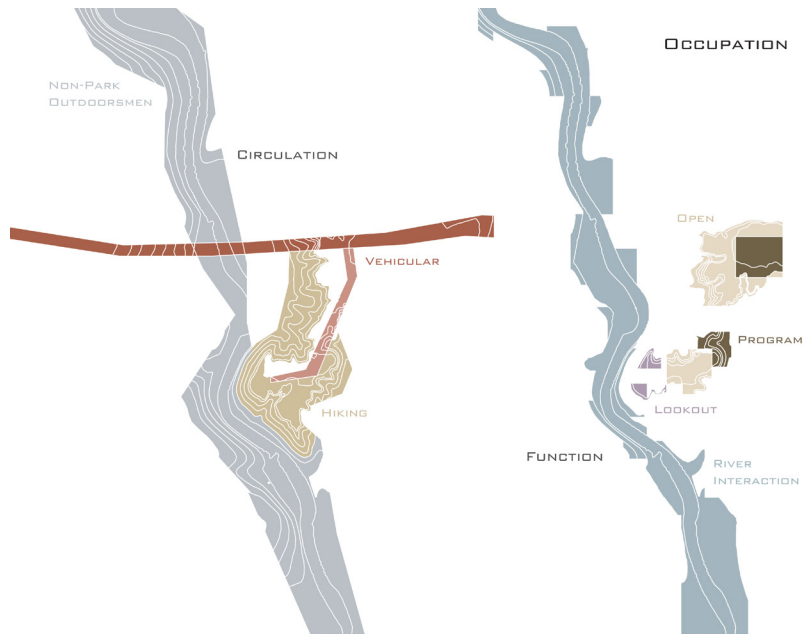
Ásýndarkort, oft kölluð ZTV kort (Zone of Theoretical Visibility), eru kort þar sem mögulegur sýnileiki hvernar vindmyllu er merktur á korti, yfirleitt út frá spaða í hæstu stöðu.³ Á þessum kortum er hinsvegar ekki tillit tekið til gróðurfars eða veðurs sem getur haft mikil áhrif á sýnileika og þau segja heldur ekkert til um eðli sýnileikans eða alvarleika. Kort af þessu tagi nýtast helst á frumstigi hönnunar og til greiningar á svæðum þar sem vindlundur sést ekki og hvar hann sést mikið, hve stór hluti vindlundar verði sýnilegur og umfang sýnileika og mynstur. Einnig er mögulegt að nýta kortin til þess að ákveða frekari sjónarhorn til nánari greiningar.⁴

1 Línuhönnun verkfræðistofa, *Aðferðir við mat á landslagi*, bls. 7 og 21.

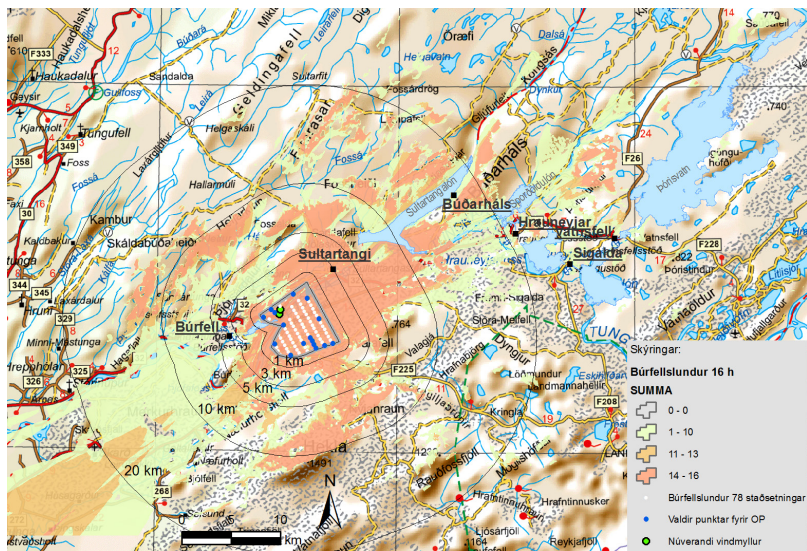
2 *Siting and Designing Wind Farms in the Landscape, Version 2*, bls. 14-15.

3 Jean Vissering, *A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects*, bls. 9.

4 *Visual Representation of Wind Farms*, bls. 7-9.



Mynd 7: Landslagsgreining felst í að skoða bæði náttúrulega og samfélagslega bætti.



Mynd 8: Dæmi um ásýndarkort eða ZTV kort frá fyrirhuguðum Búrfellslundu.

SJÓNARHORN

Sjónarhorn eru valin eftir því hvar talið er að fyrirhugaður vindlundur eigi eftir að sjást og hafa áhrif á útsýni. Vandlega valin sjónarhorn skila sér í góðri kynningu og mati á sjónrænum áhrifum og geta einnig reynst gagnleg við hönnun vindlunda. Við val á sjónarhornum er hægt að styðjast við ásýndarkort, vettvangsferðir, upplýsingar um aðgengi, landslagsþætti og vinsæla útsýnisstaði. Með þessum upplýsingum fæst fjöldi sjónarhorna sem síðan er hægt að velja úr með frekara mati og umræðum. Þrátt fyrir að ásýndarkort nýtist vel til að sýna svæði þar sem sýnileiki er mikill ber að varast að treysta einungis á upplýsingarnar sem það gefur. Hætta er á að einblínt sé á svæði þar sem sýnileiki er mikill, á kostnað svæða þar sem sýnileiki er minni en svæðin fjölfarnari og sjónarhorn því algengari. Gott er að hafa að leiðarljósi að jafnvægi sé á milli þess hve mikil sjónræn áhrif eru og hversu algengt sjónarhornið er en einnig er gott að sýna algeng sjónarhorn þó svo að vindlundurinn sé ekki mjög sýnilegur þaðan. Jafnframt þarf að hafa í huga í hversu langan tíma vindmyllurlundur ber fyrir sjónir, þ.e. hvort að um íbúðarsvæði, áningarstað eða ferðaleið er að ræða og væntingar áhorfandans til útsýnisins. Ekki er ráðlegt að velja sjónarhorn sem eru staðsett þannig að ljósmyndarinn sé lagður í hættu við myndatökuna.

Eftirfarandi atriði eru mikilvæg þegar kemur að vali á sjónarhornum:

- Að sýna mismunandi landslag bæði eitt og sér og þar sem landslag er fjölbreytt.
- Að sýna svæði þar sem fegurðargildi landslags er hátt eða eru mikilvæg í ferðaþjónustu eða afþreyingu.
- Að sýna svæði sem eru í mismunandi fjarlægðum frá fyrirhuguðum vindund.
- Að valin séu svæði sem sýna vindlundinn frá mismunandi áttum.
- Að sýna svæði í mismunandi hæð.
- Að sýna svæði með mismunandi hátt stig sýnileika.
- Að sýna röð sjónarhorna eftir fjölförnum leiðum.
- Að sýna svæði sem gegna mismunandi hlutverkum, heimili, vinnustaðir, áfangastaðir ferðamanna eða annað.

- Að sýna svæði eftir mismunandi ferðaleiðum, akvegum, göngustígum eða öðrum ef við á.
- Að sýna sjónarhorn þar sem vindlundur kemur fyrst fyrir sjónir á algengum ferðaleiðum.

Punkta þarf sjónarhornin inn á kort þar sem helstu kennileiti eru merkt inn á. Varast þer að sjónarhorn verði of mörg eða fá en yfirleitt er miðað við 10-25 sjónarhorn. Einnig þarf að gæta þess að velja ekki sjónarhorn sem eru of lík.¹

LJÓSMYNDUN

Þegar rétt sjónarhorn hafa verið valin þarf að ljósmynda hvert og eitt þeirra, ekki aðeins sem gögn fyrir vinnu á sýnileikamyndum, sem fjallað verður nánar um hér á eftir, heldur einnig til að hafa til samanburðar við sýnileikamyndirnar um ásýnd landslags fyrir framkvæmdir. Hafa verður í huga að ljósmynd kemst hvergi nálægt því að túlka raunveruleikann enda tvívíð og erfitt að greina fjarlægðir. Með vönduðu vali á linsu og stærð ljósmynda er þó mögulegt að komast nálæggt því að túlka aðstæður eins og þær reynast í raunveruleikanum.

50 mm linsur eru oft kallaðar staðal linsur þar sem þær komast yfirleitt næst því að fanga það sem er innan okkar sjónvitundar í réttri fjarlægð og þykja því æskilegar í ljósmyndaverkefni sem þessi en einnig er hægt að notast við 70 mm linsur. Því víðari sem linsan er því lengra í burtu virðist sjónarhornið og því meiri hætta er á að dregið sé úr sjónrænum áhrifum en með aðdráttarlinsu virðist sjónarhornið vera nær og sjónræn áhrif geta virðst meiri en þau raunverulega verða. Hvaða linsa verður fyrir valinu fer eftir aðstæðum hverju sinni en nauðsynlegt er að veita áhorfandanum fullnægjandi upplýsingar svo hann geti áttað sig á stærðarhlutföllum og helstu fjarlægðum. Ef byggingar eða annað í stærð sem augað þekkir er að finna á myndinni er mun auðveldara fyrir áhorfandann að átta sig á stærð vindmyllanna.

Svokallaðar panorama myndir, þegar nokkrum myndum er skeytt saman til að fá víðara sjónarhorn, eru algengar við mat á sjónrænum áhrifum vindmylla. Þær geta hinsvegar haft blekkjandi áhrif þar sem þær eru ílangar og oft smáar á blaði og vindmyllur líta því út fyrir að vera mun lengra í burtu en þær raunverulega eru og sjónræn áhrif virðast minni. Nauðsynlegt er að sýna einnig svokallaðar „eins ramma“ myndir en þær komast oft nær því að túlka ásýnd sjónarhornsins eftir uppsetningu vindmylla.¹

Myndirnar þarf að taka við góð veðurskilyrði til að sýna sjónræn áhrif eins og þau myndu verða í versta falli þó svo að þau veðurskilyrði séu ekki endilega dæmigerð fyrir svæðið. Gott er þó ef mögulegt er að sýna mismunandi veðurskilyrði, t.d. í alskýjuðu veðri eða dæmigerðu veðri fyrir svæðið. Þess verður að gæta þegar myndin er tekin að ekkert sé í forgrunni, svo sem og skilti, tré eða annað sem dregur athyglina frá vindmyllulundinum. Skrá þarf nákvæma staðsetningu tókustaðanna með GPS punktum, úr hvaða hæð myndin er tekin, gráðu, fjarlægð frá vindmyllulundi, dagsetningu, tíma og veðurskilyrði.²



Mynd 9: Víðmynd sem sýnir fyrirhugaðan Búrfellslund frá úsýnisstað norðan við Búrfell.



Mynd 10: Fyrirhugaður Búrfellslundur frá sama sjónarhorni sýndur á „eins ramma“ ljósmynd.

SÝNILEIKAMYNDIR

Sýnileikamyndir eru myndir þar sem reynt er að líkja eftir útliti fyrirhugaðs vindlundar ásamt landslaginu í kring til að lýsa og sýna ásýnd umhverfisins eftir framkvæmdir. Myndirnar þurfa að sýna umhverfið í réttum hlutföllum (rúmfræðilega réttar) en nokkrar aðferðir eru til við að búa þær til. Sýnileikamyndir eru yfirleitt mjög áhrifaríkar og eru það sem almenningur sýnir oftast hvað mestan áhuga á en mikilvægt er að gera sér grein fyrir að þó svo að myndeftirlíkingarnar séu mjög vandaðar þá sýna þær aldrei aðstæður nákvæmlega eins og þær yrðu í raunveruleikanum.

MYNDBLÖNDUN

Að blanda saman ljósmyndum og þrívíddarteikningum af fyrirætluðum vindlundi er líklega algengasta aðferðin við kynningu á sjónrænum áhrifum. Vindmyllur eru teiknaðar upp í þrívídd og staðsettar á ljósmyndinni réttum stöðum og í réttri hæð á myndinni með hjálp tölvuforrita og GPS punkta. Teikningarnar eru síðan aðlagðar birtu og veðri ljósmyndarinnar. Með þessari sömu aðferð er jafnframt hægt að búa til hreyfimyndir, þar sem hreyfing spaðanna er sýnd, eða stutt myndbönd með því að færa myndavélina frá hægri til vinstri út frá einum punkti og sýna þá einnig snúning spaðanna.¹

KOSTIR:

Auðvelt er að gera myndirnar mjög sannfærandi og raunverulegar.

GALLAR:

Talið er að þessar myndir dragi þó aðeins úr sjónrænum áhrifum af völdum vindmylla þar sem þær verða ekki eins skýrar í umhverfinu og við raunverulegar aðstæður. Annar ókostur við þessa aðferð er að myndblöndunin er háð veður- og birtuskilyrðum ljósmyndarinnar.

1 Jean Vissering, *A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects*, bls. 11-12.

Dæmi um forrit sem notuð eru með þessari aðferð við gerð myndeftirlíkinga eru:

- WindPro
- CommunityViz
- GH WindFarmer
- Autodesk Inraworks
- Autodesk 3ds Max
- Rhino (land design)
- AutoDesSys Bonzai3d
- Photoshop
- Nemetscheck Vectorworks Landmark
- ArcGIS



Mynd 11: Sýnileikamynd unnin með blöndun tölvulíkans úr WindPro og ljósmynd.

TÖLVULÍKÖN

Þróun þrívíddarteikniforrita hefur verið hröð á undarförnum árum og sífellt auðveldara verður að teikna upp landslag í tölvu sem getur reynst mjög vel við gerð myndeftirlíkinga af þessu tagi. Til þess að auðvelda teikningu á landslagi er hægt að nýta sér svotilgerða skanna sem safna gögnum um hæðir og fjarlægðir á fljótvirkan hátt og auðvelt er að færa yfir í teikniforritin sem lesa gögnin og teikna upp sjálfkrafa.

KOSTIR:

Í mörgum þrívíddarforritum er auðvelt að stjórna birtustigi og veðri og einnig er hægt að búa til stutt myndskot þar sem ferðast er um svæðið og einfalt er að staðsetja vindmyllur á rétta staði.

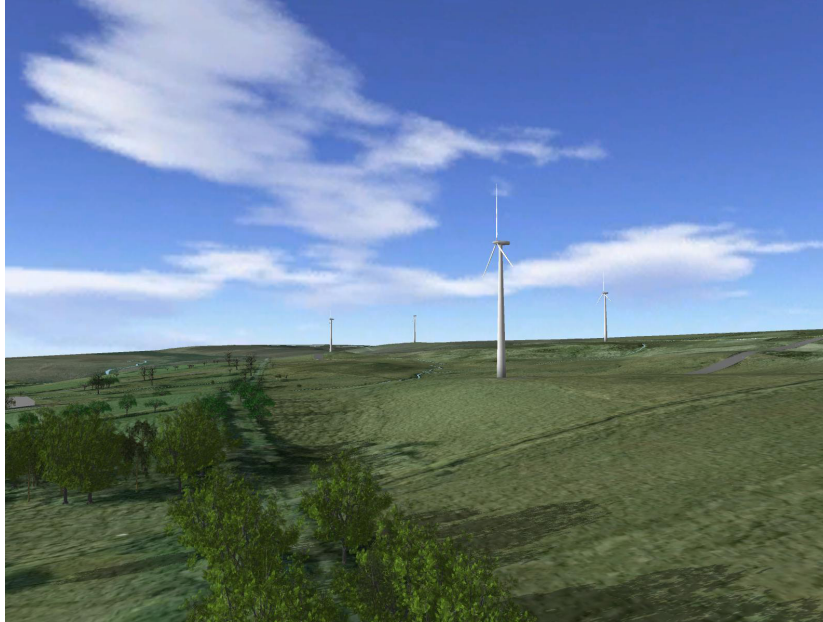
GALLAR:

Landslagið getur þó haft teiknimyndalegt yfirbragð og mikill tími farið í að teikna það upp þannig að myndirnar líti eðlilega út.

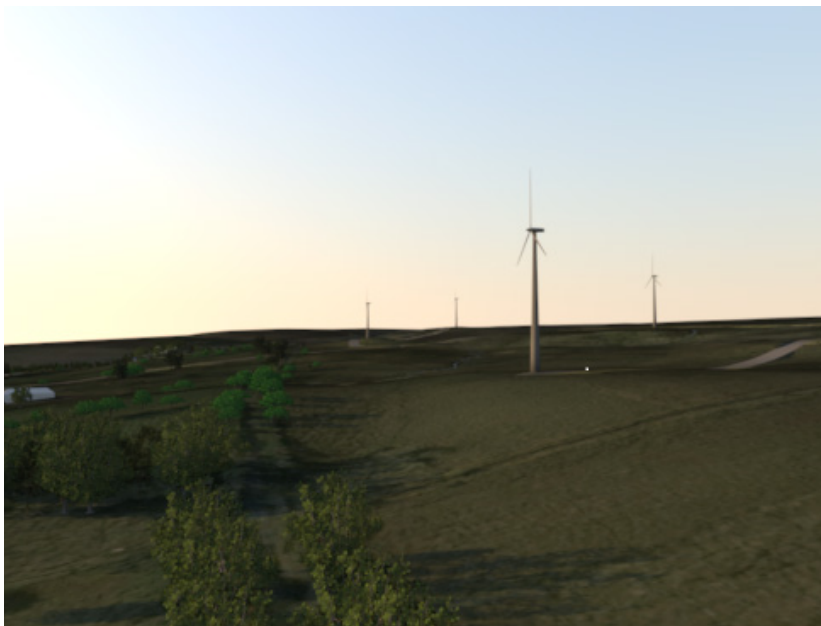
Með aðferðinni er mögulegt að gera ýmislegt til að blekkja augað og draga athyglina frá vindmyllum t.d. með því að hafa fólk í forgrunni og fleira, ef ásetningur er til þess.

Dæmi um forrit sem nýtast við þessa aðferð eru:

- Autodesk Inraworks
- Autodesk 3ds Max
- Rhino (land design)
- AutoDesSys Bonzai3d
- Nemetscheck Vectorworks Landmark
- Sketchup
- Blender
- Photoshop
- ArcGIS
- Cinema 4D



Mynd 12: Vindlundur og landslag teiknað í Autodesk Infracore.



Mynd 13: Tölvuteiknað landslag unnið frekar með Autodesk 3ds Max.

SÝNDARVERULEIKI

Þróun í þrívíddarhugbúnaði er mikil og hröðust er þróunin á tölvuleikjahugbúnaði þar sem forrit eru gerð fyrir ferðalög í sýndarveruleika.

KOSTIR:

Tölvuleikjaforrit gefa möguleika á gagnvirkri upplifun og miklum smáatriðum þar sem bæði er hægt að búa til myndir og myndbönd en tilraunir hafa verið gerðar við að nýta forrit sem eru hönnuð fyrir tölvuleikjagerð við sýnileikagreiningar vindlunda. Unnt er að gera umhverfið raunverulegra á einfaldari hátt og ekki þarf að eyða eins miklum tíma í að vinna myndirnar (render). Þar sem forritin eru gagnvirk má einnig bæta við áhrifum frá veðri og vindum á einfaldan máta þannig að birta, skuggavarp og hreyfing skýja og gróðurs verður mjög eðlileg. Auðvelt er að nýta aðferðina á ýmsan máta, leyfa notendum að ferðast um svæðið eftir eigin ferðaleiðum, gera myndskot þar sem ferðast er eftir ákveðinni leið eða búa til tvívíðar myndir.

GALLAR:

Þar sem tölvuleikjahugbúnaður hefur ekki ennþá verið mikið notaður við gerð ásýndarmynda af þessu tagi hefur aðferðin nokkra galla. Erfiðara er að færa GIS gögn yfir á forritin og fara þarf ýmsar milligönguleiðir. Einnig getur reynst erfitt að kaupa besta hugbúnaðinn þar sem tölvuleikafyrirtæki liggja á hugbúnaði sínum eins og gulli enda geta gæði forritanna verið helsta forskot fyrirtækjanna á önnur tölvuleikjafyrirtæki.

Í ETHZ háskólanum í Zurich í Sviss var á árunum 2012 – 2014 gerð rannsókn á hvernig hægt væri að nýta sér tölvuleikjahugbúnað og blanda saman hljóðupptökum til að búa til myndband sem gæfi eins raunverulega upplifun af svæðinu eins og mögulegt væri. Hljóð getur verið mikilvægur þáttur þegar kemur að umhverfisáhrifum vindmylla og því þótti tímabært að hægt væri meta þann þátt ásamt sjónrænum áhrifum. Að mati rannsóknaraðila er núverandi tækni til að meta sjónræn áhrif ekki nægilega góð og ekki hæf til þess að greina ákjósanlegustu staðsetningu vindlunda. Kostur er að geta sýnt umhverfisáhrif vindlunda með svo raunverulegum hætti og gæti að þeirra mati auðveldað og bætt samskipti milli mismunandi hagsmunaaðila, fagmanna og almennings, til muna.¹

1 Hayek, Ulrike Wissen, Adrienne Gret-Regamey, Kurt Heutschi, Madeleine Manyoky, Reto Pieren, *Developing a GIS-Based Visual-Acoustic 3D Simulation for Wind Farm Assessment*, bls. 30-32.

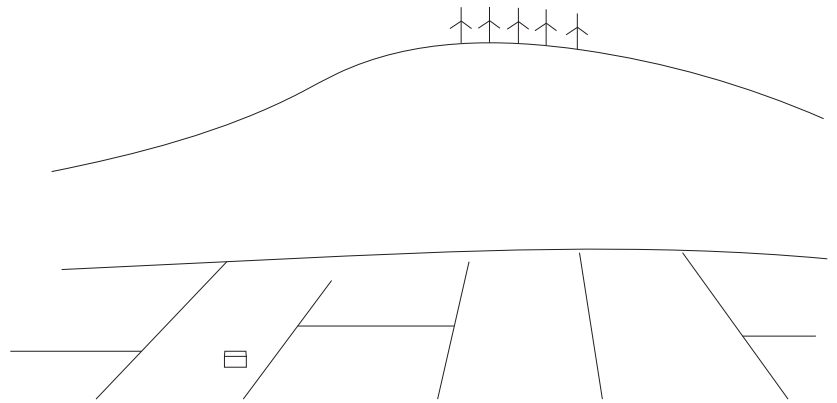
Í svissnesku rannsókninni var tekinn fyrir vindlundur sem þegar hefur verið reistur og hann teiknaður upp með tölvuleikjaforritinu CryENGINE og en forritin ArcGIS og Photoshop einnig notuð til stuðnings. Tekin voru myndbönd og hljóðupptökur af svæðinu og hljóðið tengt við tölvugert þrívíddar myndband sem síðan er hægt að bera saman við raunverulegar aðstæður.



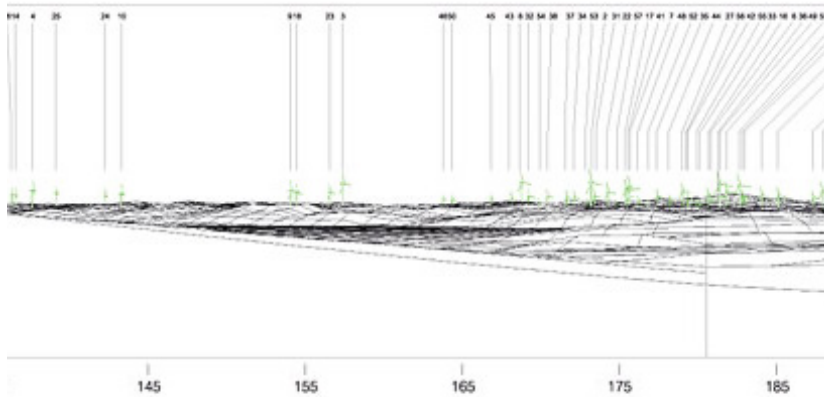
Mynd 14: Vinstra megin má sjá ljósmyndir af vindlundinum sem tekinn var fyrir í svissneska verkefninu en hægra megin eru myndir af lundinum teiknaðar með tölvuleikjaforritinu CryEngine.

TEIKNINGAR

Heppilegt þykir að hafa, ásamt raunverulegum myndefirlíkingum, einfaldar teikningar, gerðar í tölvu eða handteikningar, sem sýna á einfaldan og díagrammískan hátt helstu einkenni landslags ásamt vindlundinum. Á teikningum sem þessum er auðvelt að átta sig á stærð og staðsetningu vindmyllanna og hlutföllum í landslaginu.¹



Mynd 15: Teikningar sem sýna mismunandi umhverfi vindmylla.



Mynd 16: Þrjár myndir eru settar saman, sú efsta ljósmynd fyrir framkvæmdir, næst einföld teikning þar sem sjá má staðsetningu vindmyllanna og neðst má sjá sýnileikamynd þar sem ljósmynd og tölvulíkani er blandað saman.

MÓTVÆGISAÐGERÐIR

Mótvægisáðgerðir eru áðgerðir sem sem gripið er til, til þess að koma í veg fyrir, draga úr eða lágmarka umhverfisáhrif af ýmsu tagi. Vegna stærðar er ómögulegt að koma í veg fyrir sjónræn áhrif vegna vindmylla en hægt er að draga úr þeim eða lágmarka með ýmsu móti og að þeim áðgerðum þarf að huga strax á hönnunarstigi.

UPPRÖÐUN

Uppröðun vindmylla er eitt mikilvægasta atriði þess að vindmyllur sitji vel í umhverfi sínu og hafi ekki neikvæð áhrif á ásýnd. Nauðsynlegt er að uppröðun sé í samræmi við helstu einkenni landslags og tekið sé mið af landformum. Best er að hafa einfaldleikann í fyrirrúmi.

Mögulegt er að raða upp vindmyllum á marga mismunandi vegu, þótt skilvirkni á orkuframleiðslu sé alltaf í fyrirrúmi. Ef aðeins er um nokkrar vindmyllur að ræða er þeim yfirleitt raðað í eina röð en ef vindlundurinn er stór er þeim raðað eftir rúðuneti með ákveðinni lágmarks fjarlægð á milli vindmylla til að þær hafi ekki áhrif á orkuframleiðslu hver annarrar. Út frá þessari byrjunarreglu er svo hægt að hliðra þeim til með tilliti til vatnafars, hæðarlína, lífríkis, sjónrænna áhrifa eða annara þátta. Sum sjónarhorn geta verið svo viðkvæm að ekki er ráðlegt að staðsetja vindmyllur sem gætu haft áhrif á ásýnd þaðan en yfirleitt er hægt að takast á við sjónræn áhrif á viðkvæmum svæðum með vandaðri hönnun á uppsetningu. Gott er að notast við tölvugerð landslagslíkön til að skoða samband landslagsgerðar og mismunandi uppsetninga.¹

Til eru nokkrar algengar gerðir að uppröðun sem flokkaðar eru eftir reglulegu og óreglulegu formi. Yfirleitt er auðveldara að raða upp færri heldur en fleiri vindmyllum en sjónrænt jafnvægi næst best ef hægt er að raða vindmyllum á einfaldan hátt. Regluleg form, t.d. þegar vindmyllum er raðað í tvöfalda röð, þríhyrning eða rúðunet eru yfirleitt viðeigandi í landslagi með reglulegum landslagsmynstrum svo sem á landbúnaðarsvæðum. Ef landslag er mishæðótt hefur það áhrif á það hvernig augað skynjar uppröðunina og hún virðist óreglulegri.

Óregluleg uppröðun getur verið æskilegri þar sem landslagsform eru

1 *Best Management Practices for Reducing Visual Impacts of Renewable Energy Facilities on BLM-Administered Lands, bls. 44.*

fjölbreyttari og mikið er um mishæðir en með óreglulegri uppröðun er erfiðara að ná fram einfaldleika í heildarmynd. Vindmyllur virðast þá stundum liggja þétt upp við hverja aðra sem getur haft neikvæð sjónræn áhrif í för með sér. Æskilegast er að haga uppröðun vindmylla í samræmi við helstu eiginleika og mælikvarða landslags en yfirleitt næst betra jafnvægi í uppröðun ef heildarfjöldi vindmylla er oddatala heldur en slétt tala.²



Mynd 17: Regluleg uppröðun vindmylla í geometrísku umhverfi.

STÆRÐ OG FJÖLDI

Mikil þróun hefur orðið á sviði vindorku og vindmyllur verða sífellt hærri. Yfirleitt eru þær um 50 – 100 m háar með um 40 m langa spaða svo að samanlögð hæð getur orðið allt að 140 m. Þegar stærð vindmylla er valin er nauðsynlegt að hafa mælikvarða landslagsins og annarra mannvirkja í nágrenninu til hliðsjónar. Ef vindlundur er staðsettur nálægt byggð eða í smágerðu landslagi er yfirleitt æskilegra að velja smærri vindmyllur. Þar sem landslag er stórskorið og lítið er um mannvirki er erfiðara að átta sig á stærðum og mælikvarða og hærri vindmyllur geta því hentað betur.¹ Stærri vindmyllur hafa þann kost að færri vindmyllur þarf til að ná sömu orkuvinnslu og sjónræn áhrif oft minni heldur en af smærri og fleiri vindmyllum. Skoða þarf landslag og umhverfi vel þegar stærð og fjöldi er valinn því mismunandi er hvort hærri og færri eða minni og fleiri vindmyllur eiga við. Æskilegast er að vindmyllur séu allar í sömu eða svipaðri stærð og snúningsátt spaða sé sú sama.²

FORM OG GERÐIR

Margar gerðir eru til af vindmyllum og þegar kemur að sjónrænum áhrifum er það ekki aðeins hæðin sem skiptir máli heldur einnig form. Hönnun þeirra getur verið ólík og framþróun hefur verið mikil á undanförunum árum. Turninn getur verið misbreiður og mjókkar stundum upp og form spaðanna og hreyfilshússins er líka mismunandi. Spaðar vindmylla eru yfirleitt alltaf þrír þar sem fleiri spaðar borga sig ekki miðað við kostnað og aukningu á orkuframleiðslu. Til að minnka hljóðmengun hefur form spaðanna þróast nokkuð og orðið ávalara eða straumlínulaga.

Eftirfarandi atriði er gott að hafa í huga við val á tegund vindmylla:

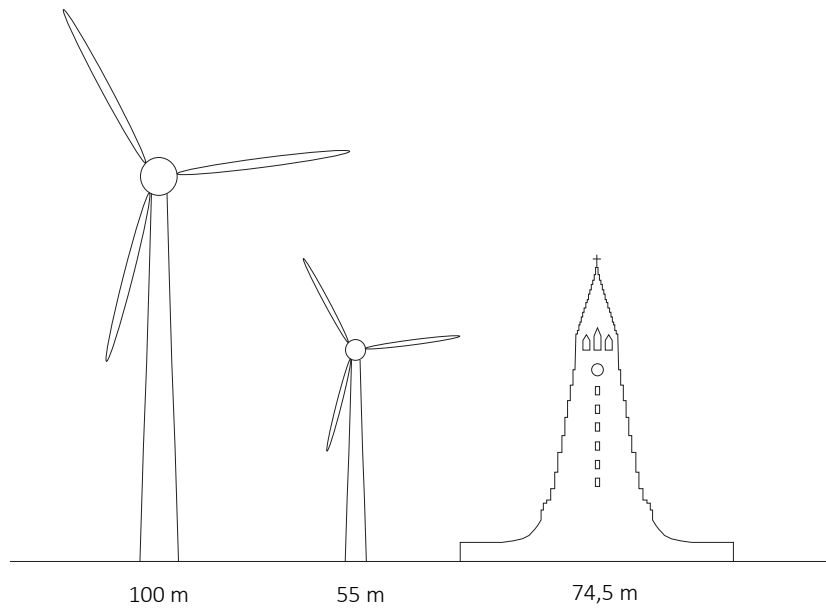
- Hlutföll á milli lengdar spaða og hæð turns
- Hæð vindmyllu með spaða í efstu stöðu
- Litur
- Hversu hratt spaðarnir snúast
- Form spaða og hreyfilshúss
- Samræmi við form annarra vindmylla á svæðinu

Auglýsingar og stórar merkingar á vindmyllum þykja auka á sjónræn áhrif og því ekki æskilegar.³

1 *Siting and Designing Wind Farms in the Landscape, Version 2*, bls. 8-9.

2 *Best Management Practices for Reducing Visual Impacts of Renewable Energy*, bls. 55.

3 *Siting and Designing Wind Farms in the Landscape, Version 2*, bls. 4-5.



Mynd 18: Stærð 100 m og 55 m hárra vindmylla miðað við hæð Hallgrímskirkjuturns.



Mynd 19: Turn sumra vindmylla er reistur á grind.

LITIR

Litur vindmylla skiptir miklu máli þegar kemur að sjónrænum áhrifum. Þó reynslan sýni að ekki sé hægt að fela vindmyllur með litavali er oft hægt að draga verulega úr sjónrænum áhrifum ef réttur litur er valinn og eftirfarandi atriði þarf að hafa í huga:

- Hvernig landslag er í bakgrunni á algengustu sjónarhornunum.
- Úr hvaða átt eru algengustu sjónarhornin, staða sólar og hvernig hún skín á vindmyllurnar.
- Ríkjandi veðurfar, hvernig er hinn dæmigerði himinn.
- Árstíðarbreytingar á landslagi.
- Fjöldi og eðli þeirra sem mest verða varir við vindmyllurnar, íbúar, starfsmenn, ferðafólk eða aðrir.
- Fjarlægð vindlundar frá algengustu sjónarhornum. Litur er mest áberandi í nálægð en algengast er að vindmyllurnar beri við himinn.
- Hönnun og uppröðun vindmylla og aðrir vindlundir í nágrenninu.

Litaval er yfirleitt notað til þess að draga úr sjónrænum áhrifum en einnig er unnt að nota liti til annarra hlutverka svo sem til þess að draga fram ákveðin staðareinkenni eða sýna afstöðu með djörfu litavali. Samkvæmt skoðanakönnunum eru einlitar vindmyllur yfirleitt best liðnar og skoða þarf vandlega ef annað er ákveðið, svo sem þegar turninn er græn málaður neðst og liturinn er smám saman látinn blandast saman við grúa litinn, sjá mynd 21 hér til hægri. Þessi aðferð getur einnig haft þau áhrif að vindmyllurnar virðast fljóta yfir jörðinni og hefur óþægileg áhrif á augað. Yfirleitt hentar best að mála vindmyllurnar í ljósgráum lit, sérstaklega ef þær bera við himinn, og halda gljástigi í algjöru lágmarki. Grámálaðar vindmyllur kunna að vera áberandi þegar himinn er heiður en þegar skýjað er falla þær betur inn í umhverfið. Meira svigrúm er til að leika sér að litum þegar vindmyllurnar eru minni heldur en stærri þar sem algengara er að minni vindmyllur hafi land í bakgrunni en að þær beri við himinn. Ef um viðbót við vindlund sem fyrir er á svæðinu er að ræða er mikilvægt að nota sama eða mjög svipaðan lit.¹



Mynd 20: Möglegt er að nota djarfa liti til að draga fram staðareinkenni eða sýna afsöðu.



Mynd 21: Stundum er turn vindmylla málaður í öðrum lit neðst og smám saman látinn blandast við grúa litinn með það markmið að vindmyllur falli betur inn í umhverfið.

ÖRYGGISLÝSING

Sum staðar getur verið nauðsynlegt að lýsa upp vindmyllur vegna flugöryggis. Lýsing getur verið mjög áberandi þegar dimmt er og jafnvel einnig haft truflandi áhrif í dagsbirtu en séu vindmyllurnar ljósmálaðar eru oft aðeins gerðar kröfur um lýsingu á næturnar.¹ Vanda þarf hönnun á fluglýsingu og reyna eftir fremsta megni að draga úr sjónmengun að uppfylltum öryggiskröfum. Yfirleitt eru ljósin rauð en geta einnig verið hvít og stundum er þörf á blikkandi ljósum. Þótt rauð lýsing sé í minni andstæðu við lit næturhiminsins en hvít lýsing, stinga þau meira í stúf við landslagið og eru því meira áberandi. Í landslagi þar sem ljósmengun er lítil sem engin, sem oft á við um umhverfi vindlunda, þarf sérlega að vanda hönnun öryggislýsingar og skoða vel sjónmengun frá viðkvæmum sjónarhornum svo sem tjaldstæðum og öðrum útvistarsvæðum. Hægt er að draga úr sjónmengun vegna lýsingar með einskonar skermum sem hafa þau áhrif að lýsingin er einungis greinileg ofan frá. Einnig eru til ljós sem kviknar aðeins á þegar þau skynja hreyfingu fyrir ofan sig en eru annars slökkt. Ljós sem þessi eru dýr en geta reynst nauðsynleg lausn í afar viðkvæmu landslagi.² Veðurskynjari á öryggislýsingu getur jafnframt verið gagnlegur en þá kviknar á ljósum t.d. í þoku eða öðru veðri sem krefst öryggislýsingar.

Það getur verið erfitt að finna réttu tækin til að kynna sjónræn áhrif af öryggislýsingu en nauðsynlegt er að skoða þau áhrif og meta. Kanna þarf úr hversu mikilli fjarlægð eru þau sýnileg og frá hvaða sjónarhornum. Jafnframt þarf að skoða möguleika á ljósflökti (flicker effect), þegar snúningur spaða vindmylla fyrir framan hafa það að verkum að ljós blikka frá ákveðnum sjónarhornum.

HLJÓÐ

Þegar spaðar vindmylla snúast gefa þeir frá sér hljóð og því hraðar sem þeir snúast, því hærra verður hljóðið en með auknum vindhraða aukast umhverfishljóð einnig sem gerir það að verkum að hljóð frá vindmyllum verður ekki eins áberandi. Eftir að vindlundum fór að fjölga og framkvæmdir að færast nærri byggð varð hljóðið að umhugsunarefni vegna truflunar við íbúa og síðan hefur orðið mikil þróun á vindmyllum hvað varðar hljóð. Lögum spaðanna hefur breyst og hönnun girkassa þróast svo hljóð vegna vindmylla hefur minnkað til muna. Hljóð verður meira eftir því sem vindmyllur eru stærri.³

1 Jean Vissering, *A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects*, bls. 26.

2 Sama heimild.

3 Stefán Kári Sveinbjörnsson, „Vindmyllur: týpur, hljóð og myndir“, tölvupóstur til höfundar, 5. ágúst 2014.



Mynd 22: Öryggislýsing vegna vindmylla er ýmist hvít eða rauð eða hvoru tveggja.



Mynd 23: Eftir að framkvæmdir vindlunda fóru að færast nærri byggð hefur orðið mikil þróun m.t.t. hljóðs.

LJÓSFLÖKT OG SKUGGAVARP

Svokallað ljósflökt (flicker effect) eða blikk áhrif eiga sér stað þegar sólin skín fyrir aftan vindmyllurnar og snúningur spaðanna gerir það að verkum að það skyggir með ákveðnum takti á sólarljósið. Þetta gerist einkum þegar sólin er lágt á lofti og yfirleitt vara þessi áhrif aðeins fáar klukkustundir á ári en á stöðum eins og á Íslandi þar sem sólin liggur lágt á lofti stóran hluta ársins gætu áhrifin orðið algengari en víða erlendis. Áhrif vegna ljósflökts verða meiri ef snúningur spaðanna er hraður og þeirra gætir í íbúabyggð eða á svæðum þar sem fólk dvelur í lengri tíma í senn. Spaðar nýlegra vindmylla snúast yfirleitt hægar en áhrif af völdum ljósflökts geta þó orðið mikil ef snúningur nokkurra vindmylla skarast en áhrifin dvína með aukinni fjarlægð. Ljósflökt er yfirleitt hægt að skoða og reikna út með hjálp tölvuforrita.¹

Vindmyllur nálægt íbúabyggð geta framkallað skuggavarp sem getur verið til óþæginda og þar af leiðandi þarf að skoða staðsetningu þeirra vel í slíkum aðstæðum.

INNVIÐIR

Hönnun á innviðum vindlunda þarf ávallt að vera í samræmi við helstu einkenni landslags. Mikilvægt er að innviðir flæki ekki ásýnd vindlundarins eða verki sem mælikvarðar á stærð vindmyllanna. Vanda þarf staðsetningu á raflínum og möstrum, aðkomuvegum og öðrum mannvirkjum. Í sumum tilfellum kann gróðursetning trjáa eða annars gróðurs að vera æskileg til að lágmarka sjónræn áhrif en það á ekki alltaf við og má ekki verða til þess að minnka nýtni vindlunda. Á svæðum þar sem halli er mikill geta fyllingar og skeringar verið nauðsynlegar í vegagerð en þeim þarf að halda í lágmarki eins og unnt er og vanda hönnun með tilliti til sjónrænna áhrifa. Þar sem innviðir eru vissulega hluti af sjónrænum áhrifum vindmylla er nauðsynlegt að þeir séu hluti af myndeftirlíkingum til að fá sem skýrasta mynd af áætlaðri ásýnd vindlundarins.²

1 Jean Vissering, *A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects*, bls. 26.

2 *Siting and Designing Wind Farms in the Landscape, Version 2*, bls. 10.



Mynd 24: Vegir og fleiri innviðir geta haft mikil áhrif á sýnileika.



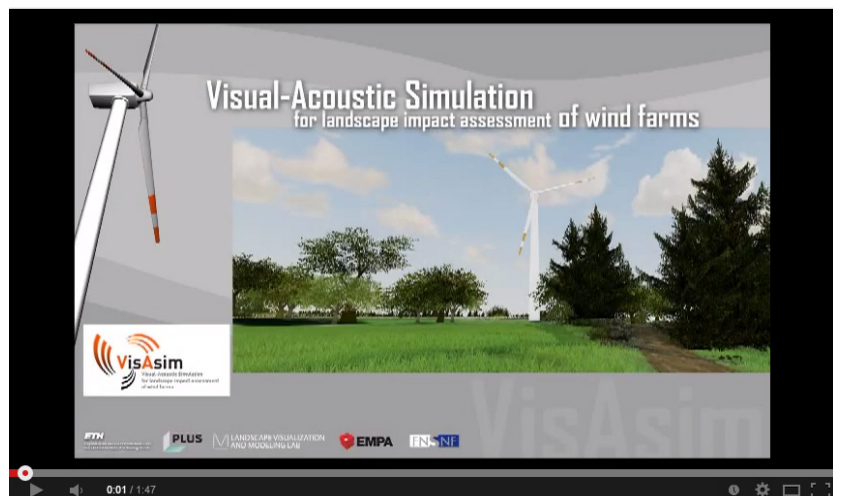
Mynd 25: Vindmyllur geta kastað af sér löngum skuggum.

AÐ LOKUM

Hægt er að kynna sjónræn áhrif á ýmsan hátt, svo sem með opinni kynningu, sýningu á myndböndum, kynningarbásum. Einnig er mögulegt að setja myndbönd á netið og á heimasíður sem hluta af framsetningu gagna. Hefðbundin leið á framsetningu sjónrænna áhrifa í mati á umhverfisáhrifum er að sýna ásýndarkort á pappírformi en ýmsar leiðir eru til staðar í dag með tilkomu netsins og frekari tölvutækni. Ákjósanlegt væri að nýta betur margmiðlun og kynningu á netinu við framsetningu gagna til að kynna sjónræn áhrif. Með því væri mögulegt að stuðla gagnvirku upplýsingaflæði og auknu aðgengi fyrir almenning auk þess sem margir eiga auðveldara með að skilja hreyfimyndir (videó) betur en kort eða ljósmyndir.



Mynd 26: Mögulegt er að kynna fyrirhugaðan vindlund með myndbandssýningu.



Mynd 27: Ákjósanlegt væri að nýta netið til kynningar á fyrirhuguðum vindlundi.

HEIMILDASKRÁ

Best Management Practices for Reducing Visual Impacts of Renewable Energy Facilities on BLM-Administered Lands, United States Department of the Interior, Cheyenne, 2013.

Hayek, Ulrike Wissen, Adrienne Gret-Regamey, Kurt Heutschi, Madeleine Manyoky, Reto Pieren, *Developing a GIS-Based Visual-Acoustic 3D Simulation for Wind Farm Assessment*, ISPRS International Journal of Geo-Information, án útgáfustaðar, 2014.

Línuhönnun verkfræðistofa, *Aðferðir við mat á landslagi*, útgefandi ATH, Reykjavík, 2005.

Mannvit verkfræðistofa, *Búrfellslundur, Vindmyllur í Rangárþingi ytra og Skeiða- og Gnúpverjahreppi: Tillaga að matsáætlun*, Landsvirkjun, Reykjavík, 2014.

McDonald, Alan, *The Visual Issue: An Investigation into the Techniques and Methodology used in Windfarm Computer Visualisations*, Architech Animation Studios, án útgáfustaðar, 2007.

Orkuveitan og Biokraft ehf. í samstarf um vindorku, Orkuveita Reykjavíkur, sótt 15. ágúst 2014 á <http://www.or.is/um-or/frettir-og-tilkynningar/orkuveitan-og-biokraft-i-samstarf-um-vindorku>.

Stefán Kári Sveinbjörnsson, „Vindmyllur: týpur , hljóð og myndir“, tölvupóstur til höfundar, 5.ágúst 2014.

Siting and Designing Wind Farms in the Landscape, Version 2, Scottish Natural Heritage, án útgáfustaðar, 2014.

Vindur og vindorka, Veðurstofan, skoðað 30. ágúst 2014 á <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/vindorka/>.

Vissering, Jean, *A Visual Impact Assessment Process for Wind Energy Projects*, Clean Energy States Alliance, án útgáfustaðar, 2011.

Visual Representation of Wind Farms, Scottish Natural Heritage, án útgáfustaðar, 2013.

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Teikning af hollensku vindmyllunni í Reykjavík eftir Árna Ólafsson sótt í júlí 2014 á <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/vindorka/>.

Mynd 2: Vindmyllur Landsvirkjunar á Hafinu, ljósm. Steingrímur, sótt í ágúst á <http://earthquake.is/structural-dynamics-principles-in-earthquake-engineering/>.

Mynd 3: Vindmyllur í Kaliforníu, ljósm. óþekktur, sótt í ágúst á <http://www.nbclosangeles.com/news/local/Calif-Produces-Record-Amount-of-Renewable-Energy-120542149.html>.

Mynd 4: Vindmyllur í Skotlandi, ljósm. óþekktur, sótt í ágúst á <http://www.visitscotland-windfarms.com/bowbeat-hill-wind-farm-midlothian/>.

Mynd 5: Vindmyllur nærri byggð í Þýskalandi, ljósm. óþekktur.

Mynd 6: Horft yfir fyrirhugaðan Búrfellslund frá útsýnisstað norðan við Búrfell, ljósm. Unnur Ólafsdóttir, júní 2014.

Mynd 7: Dæmi kort úr landslagsgreiningu, sótt í ágúst.

Mynd 8: Dæmi um ásýndarkort, kort frá sýnileikagreiningu Landsvirkjunar á fyrirhuguðum Búrfellslundi.

Mynd 9: Víðmynd sem sýnir fyrirhugaðan Búrfellslund frá útsýnisstað norðan við búrfell, ljósm. Íris Ríkharðsdóttir EFLU fyrir Landsvirkjun í júní 2014.

Mynd 10: Fyrirhugaður Búrfellslundur frá sama sjónarhorni sýndur með eins ramma ljósmynd, ljósm. Íris Ríkharðsdóttir EFLU fyrir Landsvirkjun í júní 2014.

Mynd 11: Sýnileikamynd unnin með blöndun tölvulíkas í WindPro og ljósmynd, sótt í júlí en slóð óþekkt.

Mynd 12: Vindmyllulundur og landslag teiknað í Autodesk Infracore, mynd fengin frá Peter Ingels tæknisérfræðings hjá Autodesk.

Mynd 13: Tölvuteiknað landslag unnið frekar með Autodesk 3ds Max, mynd fengin frá Peter Ingels tæknisérfræðings hjá Autodesk.

Mynd 14: Samanburðarmyndir á tölvugerðu og raunverulegu landslagi, mynd fengin úr skýrslunni *Developing a GIS-Based Visual-Acoustic 3D Simulation for Wind Farm Assessment*, sjá frekar í heimildaskrá.

Mynd 15: Teikningar sem sýna mismunandi umhverfi vindmylla, teiknað af Unni Ólafsdóttur í ágúst 2014.

Mynd 16: Ljósmynd, teikning og sýnileikamynd, höf. óþekktur, sótt í júní en slóð óþekkt.

Mynd 17: Regluleg uppröðun vindmylla í geometrísku umhverfi,

ljósm. óþekktur, sótt í ágúst á <http://www.adamscountywind.com/Revised%20Site/Windmills/Other%20Issues/Crop%20dusting.htm>.

Mynd 18: Teikning sem sýnir mælikvarða á hæð vindmylla, teiknuð af Unni Ólafsdóttur í ágúst 2014.

Mynd 19: Turn sumra vindmylla er reistur á grind, ljósm. óþekktur, mynd sótt í ágúst á <http://parade.condenast.com/291815/do-wind-farms-affect-weather-ftr/>.

Mynd 20: Mögulegt er að nota djarfa liti til að draga fram staðareinkenni eða sýna afstöðu, ljósm. óþekktur, <http://www.jakobkaye.com/science.php>.

Mynd 21: Myndin sýnir blöndun græns lits við gráan neðst á turni vindmyllu með það að markmiði að vindmyllur falli betur inn í umhverfi sitt, mynd fengin úr skýrslunni *Siting and Designing Wind Farms in the Landsape* sjá frekar í heimildaskrá.

Mynd 22: Öryggislýsing vegna vindmylla er ýmist hvít eða rauð, ljósm. Patrick D. (PPSoulreaver). sótt í júlí á <http://ppsoulreaver.deviantart.com/art/Wind-Farm-at-Night-202012123>.

Mynd 23: Eftir að framkvæmdir vindlunda fóru að færast nærri byggð hefur orðið mikil þróun m.t.t. hljóðs, ljósm. óþekktur, sótt í ágúst 2014 á http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power_in_the_United_Kingdom.

Mynd 24: Vegir og fleiri innviðir geta haft mikil áhrif á sýnileika, ljósm. óþekktur, sótt í ágúst 2014 á <http://scotspolitics.com/uk/windfarms-an-ill-informed-public-is-hampering-progress>.

Mynd 25: Vindmyllur geta kastað af sér löngum skuggum, ljósm. óþekktur, sótt í ágúst 2014 á <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/06/shadow-flicker-study-finds-no-threat-to-health>.

Mynd 26: Mögulegt er að kynna fyrirhugaðan vindlund með myndbandssýningu, ljósm. óþekktur, mynd sótt í ágúst 2014 á <http://www.visasim.ethz.ch/gallery.php?dirid=3>.

Mynd 27: Ákjósanlegt væri að nýta netið til kynningar á fyrirhuguðum vindlundi, mynd sótt í ágúst 2014 á <http://www.visasim.ethz.ch/visualization.php>.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

