

BERGEN KOMMUNE

VINDVURDERING – OASEN FYLLINGSDALEN

TEKNISK NOTAT

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

INNHold

1	Bakgrunn	1
2	Vindkomfort	2
3	Datagrunnlag og forutsetninger	3
3.1	Området og bebyggelsen	3
3.2	Vindklimaet i Fyllingsdalen, Bergen	5
4	Vindvurdering	11
4.1	Generelt	11
4.2	Simuleringer	12
4.3	Forventet vindmiljø for Oasen	14
4.4	Reduserende høyder på bebyggelse, vind fra syd	27
5	Avbøtende tiltak og sammenfatning	30
6	Referanser	31

1 Bakgrunn

Dette notat inneholder en vurdering av de fremtidige vindmessige forhold i gate-nivå for prosjekt Oasen i Fyllingsdalen, Bergen. Vurderingen er basert på erfaringer og viden om vindforhold i bymessig bebyggelse supplerte med 3D-simuleringer av de mest dominerende vindretninger i området basert på en 3D CAD modell.

PROJEKTNR.

A084945

DOKUMENTNR.

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

23.oktober 2020

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

SAMI

KONTROLLERET

SIRE

GODKENDT

PNA

Som grunnlag for vindvurderingen er innhentet informasjon om vindklimaet i og omkring Bergen fra NMI.

2 Vindkomfort

Vindkomforten for personer i gatenivå vurderes med basis i Lawsons kriterier (Ref. /1/). Disse er basert på mange års erfaring oppbygget på University of Bristol. De anvendtes i let modifiserte form for London Docklands. Der eksisterer også en rekke andre kriterier for vindkomfort i litteraturen, av grunnleggende samme tilsnitt men med vekslende grad av detaljering og med andre grenseverdier, men en samlet konsensus er ennå ikke etablert. Lawsons kriterier ligger noenlunde i midten av gruppen av kriterier, og er således hverken særlig konservative eller særlig "bløde".

Lawson opererer med tre nivåer:

- > Uakseptabelt (forebyggende foranstaltninger er nødvendige)
- > Tålelig (man er bevisst om vinden, men finner seg i forholdene, da det ikke oppleves som noe som skjer særlig ofte. Krever ikke forebyggende foranstaltninger, men man *kan* velge at gjøre det, hvis økonomi og øvrige forhold taler for det)
- > Akseptabelt (der føles intet ubehag).

For forskjellige aktivitetsnivåer defineres grensene til tålelige og uakseptable vindforhold for fotgjengere som angitt i følgende skjema. Opprinnelig er disse kriterier angitt i Beaufort men er her omregnet til m/s (derfor de skjeve verdier). Skjemaet brukes som følger:

For rask gang får en uakseptable forhold hvis det blåser mere enn 10,7 m/s i 2% av tiden (eller mere). Stillesittende aktivitet i lengere tid går fra akseptabelt til tålelig, hvis det blåser mere enn 3,3 m/s i 4% av tiden.

Tålelig (frem for akseptabelt) brukes ofte som kriterium for et gitt bygg/byggeri, da forsøk og/eller beregninger ofte laves uten treer eller andre mindre elementer, som kan virker skjermende. Forholdene kan derfor ofte i virkeligheten være litt bedre enn målt i forsøk/beregnet.

Ses f.eks. på årsvindklima, skal "tiden" i ovenstående forstås som et år.

Tabel 2.1 Lawsons kriterier for fotgjengerkomfort, Ref. /1/.

Område/Aktivitet (forventet/foreskrevet)		Kriterium for vindhastighet og overskridelse	
Beskrivelse	Beteg- nelse	Grense ml. tålelig og Uakseptabelt	Grense ml. aksep- tabelt og tålelig
Vei, p-arealer	A	6% > 10,7 m/s	2% > 10,7 m/s
Rask gang med et formål, sykling	B	2% > 10,7 m/s	2% > 7,9 m/s
Gang, rusler	C	4% > 7,9 m/s	6% > 5,4 m/s

Stående	D	6% > 5,4 m/s	6% > 3,3 m/s
Inngangsområder, dører	E	6% > 5,4 m/s	4% > 3,3 m/s
Sittende	F	1% > 5,4 m/s	4% > 3,3 m/s

Vindhastighetene bør inkludere et hensyn til turbulensnivået i vinden. En relativt svak men meget turbulent vind kan godt føles ubehageligere enn en sterkere men ikke særlig turbulent vind.

Derfor angis Vindhastighetene som den største verdi av middelvindhastigheten og den såkalte "gust equivalent mean wind speed", som tar hensyn til turbulensnivået i vinden.

"Gust equivalent mean wind speed" U_{eq} beregnes som den største verdi av 10 min. middelvinden U_{10} eller 3 sek. vindstød $U_g / 1,85$.

Vindkomfort er, som mange andre menneskelige faktorer, ikke en absolutt størrelse; men avhengig av lokale forhold. Ofte er beboere i områder, der generelt er blåsende (åpne landområder), mindre følsomme for vind enn beboere i relativt stille områder (byområder), likesom temperaturen spiller en meget stor rolle.

I byområder ses ofte på to typer aktiviteter, hvor grensen mellom tålelige og uakseptable forhold er som angitt nedenfor:

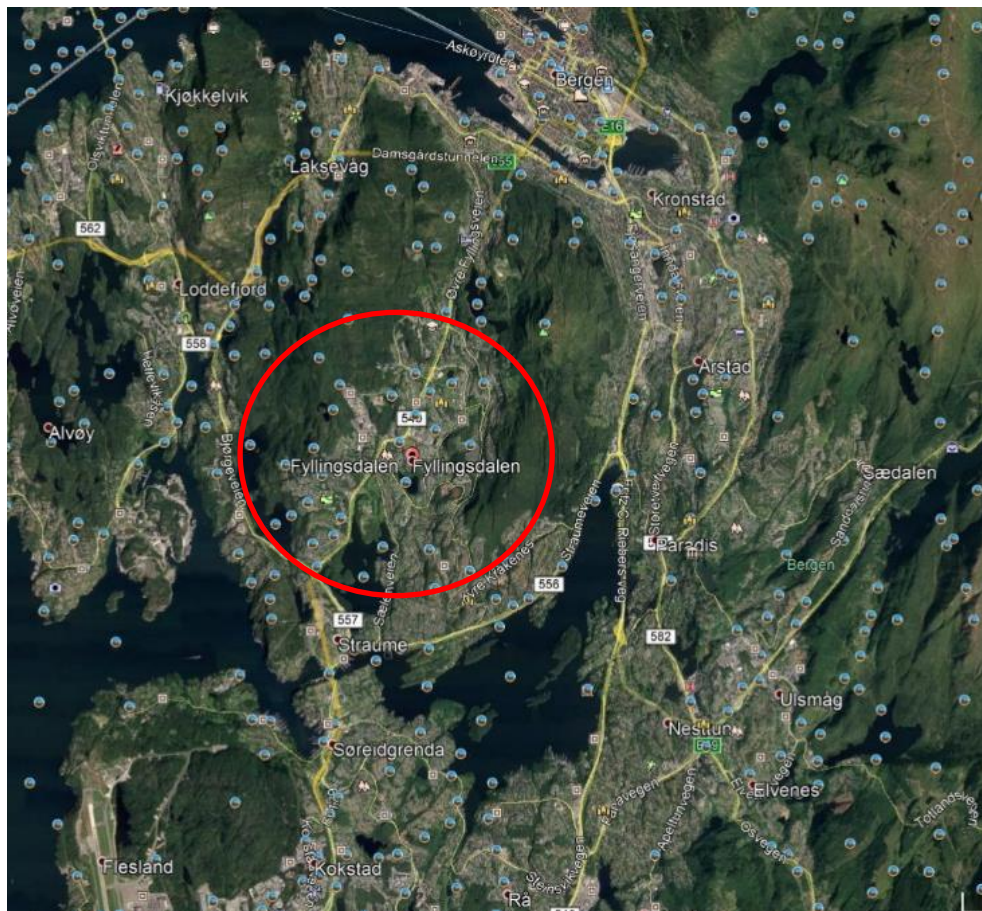
- > **Sittende** (aktivitet F): vindhastigheten på stedet må ikke overskride 5,4 m/s i mere enn 1% av tiden
- > **Stående** (aktivitet D): vindhastigheten på stedet må ikke overskride 5,4 m/s i mere enn 6% av tiden.

Det fremgår, at en vindhastighet omkring 5 m/s er en vesentlig grense å holde øye med for et byområde, og således også for dette prosjekt.

3 Datagrunnlag og forutsetninger

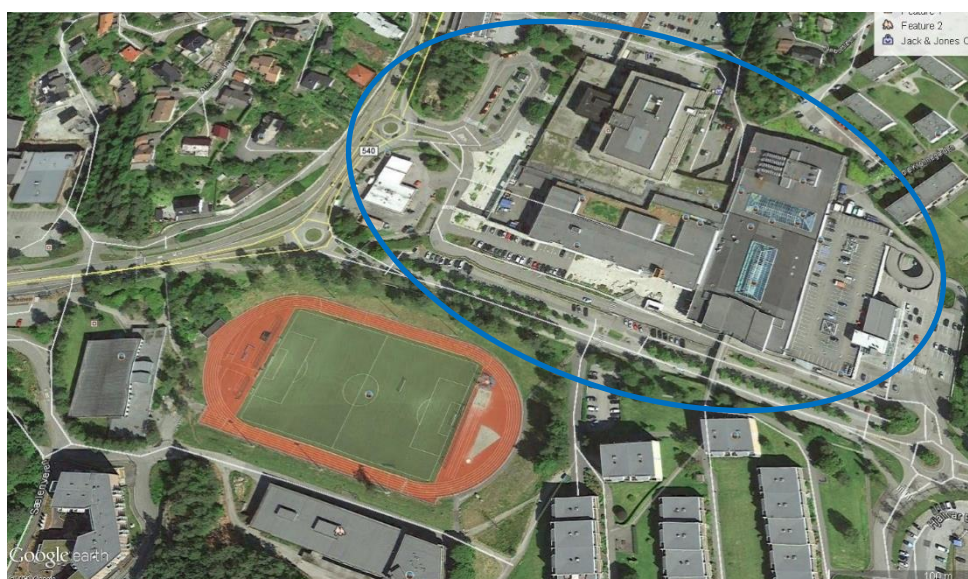
3.1 Området og bebyggelsen

Figur 3.1 viser satellittfoto av Bergen og omegn, med Hyllingsdalen i den røde sirkel.



Figur 3.1 Satellittfoto Bergen og Fyllingsdalen. Google Earth.

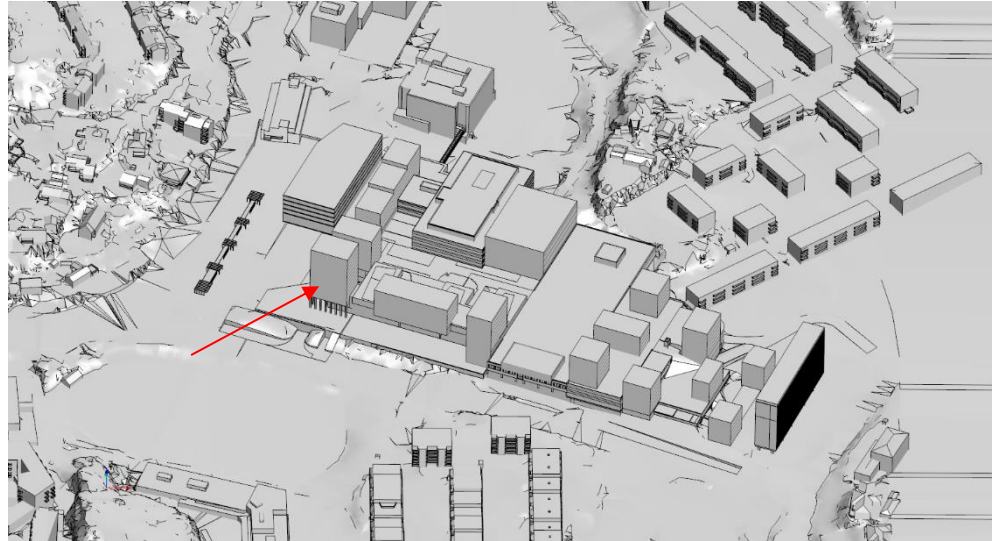
Figur 3.2 viser et bilde av Oasen som den ser ut nå.



Figur 3.2 Området, Oasen i den blå sirkel. Fra Google Earth.

Figur 3.3 viser arkitektens 3D modell av det nye prosjekt for Oasen. Stadion anes nederst til venstre i figuren. Det ses, at bebyggelsen er markant tettere og inneholder høye bygninger og punkthus.

Det høyeste hus, plassert i det sydvestlige hjørne (rød pil) er ca. 47 m høyt målt over gatenivå.



Figur 3.3 *Simplifisert 3D CAD modell av prosjektet for Oasen sett opppe fra og fra syd. Fra Mad arkitekter.*

3.2 Vindklimaet i Fyllingsdalen, Bergen

Oasen Fyllingsdalen ligger omtrent midt mellom de meteorologiske målestasjoner ved Flesland lufthavn (sydvest for) og ved Florida (nordøst for).

3.2.1 Årsklima

Figur 3.4 viser årsvindrosen for målestasjonen ved Florida, hentet fra Meteorologisk Instituttets måledatabase eKlima. Data dekker perioden 1957 til 2019. Tilsvarende viser Figur 3.5 årsvindrosen for målestasjon Flesland dekkende perioden 1956 til 2019. Begge disse perioder er lange (> 10 år) og således må de antas at vise et riktig godt bilde av det gjennomsnittlige vindklima på stedet. Det skal understrekes, at der kan være vesentlige variasjoner fra år til år. Disse variasjoner fremgår ikke av vindrosene.

Dataene refererer til 10 min middelvind i et nivå 10 m over jorden etter standard praksis.

Vindrosene viser fordelingen av vind på vindretninger og vindhastigheter. Således viser fargen hvit hvor hyppige vind opp til 5,2 m/s fra en gitt retning er (den prosentvise andel av vind indikeres med de konsentriske sirkler), gul viser hyppigheten vind fra 5,3 m/s til 10,2 m/s, etc.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

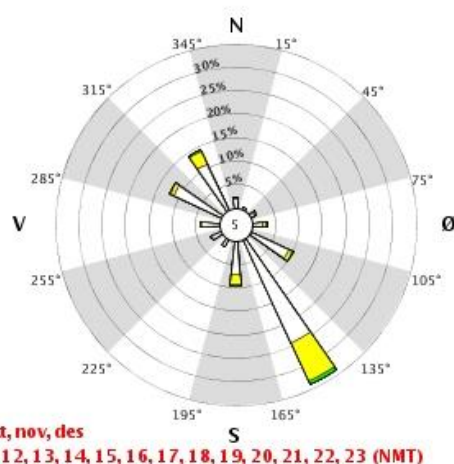
Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindhastighet (m/s)

- > 20.2
- 15.3–20.2
- 10.3–15.2
- 5.3–10.2
- 0.3–5.2

Stille (%)

5

**År: 1957 - 2019****jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des****Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)****50540 BERGEN - FLORIDA**

Figur 3.4 Vindrose, Bergen Florida, hele året.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

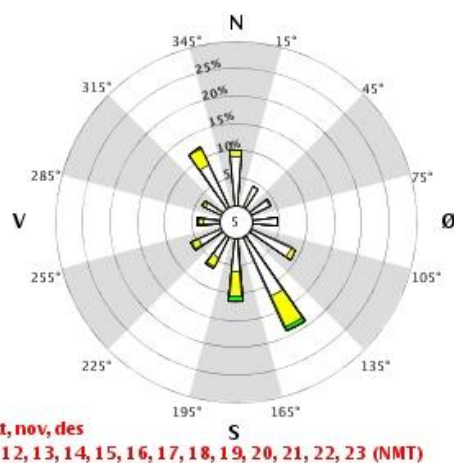
Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindhastighet (m/s)

- > 20.2
- 15.3–20.2
- 10.3–15.2
- 5.3–10.2
- 0.3–5.2

Stille (%)

5

**År: 1956 - 2019****jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des****Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)****50500 FLESLAND**

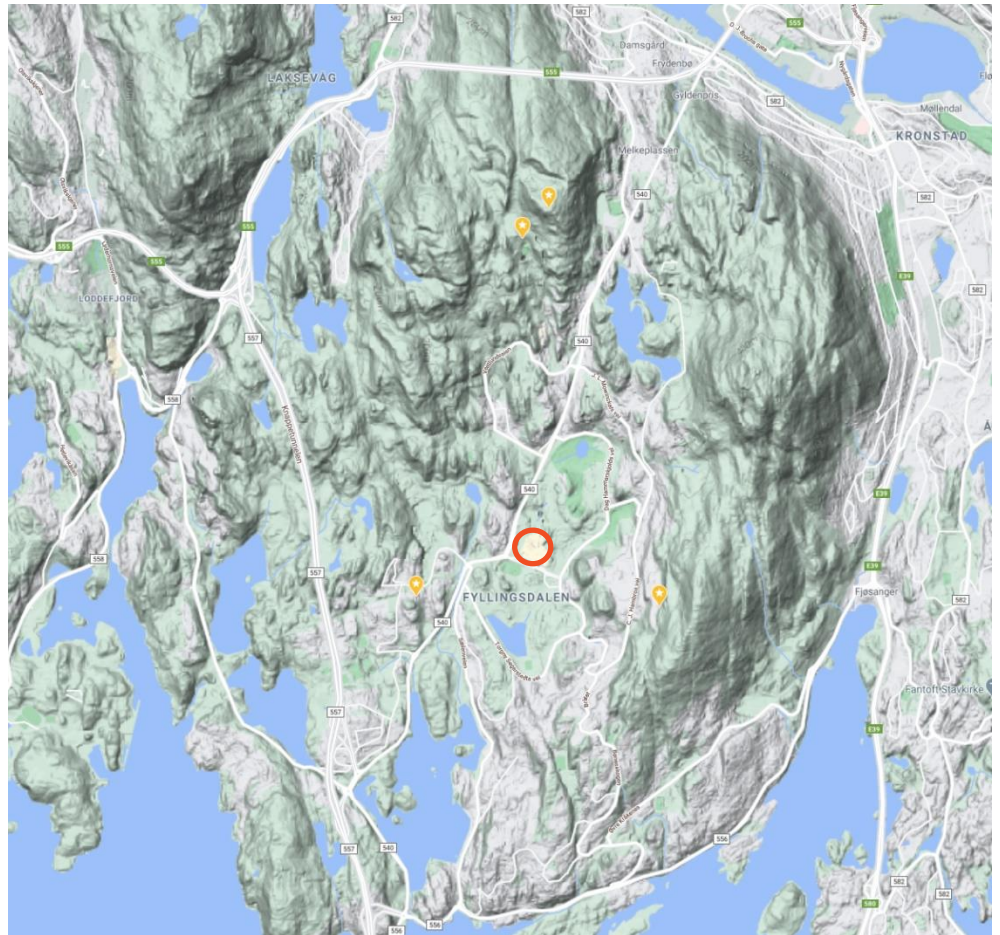
Figur 3.5 Vindrose, Bergen Flesland, hele året.

Det ses av vindrosene, at vindklimaet i Bergen er dominerte av vind fra syd syd-østlige og nordvestlige retninger. Likeledes ses at vindhastigheter over ca. 10 m/s er relativt sjeldent forekommende (grønn, rød og sort farge) men at de oftere ses fra sydsydøst enn nordvest. Der er lidt forskjell mellom de to stasjoner, idet vinden er konsentrerte på færre vindretninger i Florida enn i Flesland. Dette skyldes den lokale topografi, hvor Flesland ligger mere åpent enn Florida.

Begge målestasjoner viser vindhastigheter over 5,2 m/s i omkring 25% av tiden. Dette gjelder i 10 m høyde over terreng. For relativt åpent terreng vil Vindhastighetene være lavere jo tettere på terrengoverflaten, man kommer (dvs. den vindhastighet, der merkes av personer, som ferdes i terrenget, er lavere), men f.eks. i byområder vil bygninger og gateforløp kunne både forøke og forminske

Vindhastighetene ganske vesentlig og endog også endre vindretningen lokalt til det motsatte av den overordnede vindretning.

Fyllingsdalen ligger mellom to høydedrag mod nordvest og øst. For de dominerende nordvestlige vind kan det betyde en lokal reduksjon av høye vindhastigheter og en dreining mot nord (dvs. tettere på Flesland forholdene enn Florida). Fra sydøst vurderes at være vindforhold som umiddelbart ligger tettere på Flesland enn Florida. Det er ikke grunnlag for ytterligere kvantifisering av det helt lokale vindklima i Fyllingsdalen uten topografisk simulering, men det vurderes heller ikke relevant, da forskjellene er beskjedne og de helt lokale bymessige forhold av minst like så stor betydning, som omtalt ovenfor.



Figur 3.6 viser et topografisk kart over Fyllingsdalen med planområdet markert med en rød sirkel i kartet.

3.2.2 Sesongvariasjoner

Avhengig av et byområdes karakter og bruk, kan sesongvariasjoner være av stor betydning: om sommeren legges ofte vekt på uteopphold og der ønskes derfor gode forhold for caféer, shoppingområder og lignende. Især i Nordeuropa vil meget vind her redusere komforten (under meget varme forhold kan vind derimot være velkommen). Om vinteren kan vind føles bitende kald, og fokus er i høyere grad på områder med rask gang, frem for mere rekreative områder.

Figur 3.7 og Figur 3.8 viser vindrosene for henholdsvis vinter- og sommerhalvåret for Flesland. Den relative hyppighet av vind fra SSØ blir enda høyere om vinteren mens vind fra NNV blir mindre hyppige. Om sommeren fordeler de sydlige vinde sig lidt bredere ud, mens vinden fra NV-sektoren stadig er konsentrert på en retning. De kraftigste vindene, over ca. 10 m/s, ses nesten utelukkende i vinterhalvåret.

I sommerhalvåret falder hyppigheten av vind over 5,2 m/s til 18-19% mens hyppigheten i vinterhalvåret stiger til knapp 30%. Risikoen for ukomfortable vindforhold i området omkring Oasen er derfor høyere i vinterhalvåret.

Wind rose, frequency distribution of wind

Wind direction divided in sectors of 30°

Frequency distribution of wind speed in percent %

Wind speed (m/s)

- > 20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Calm (%)

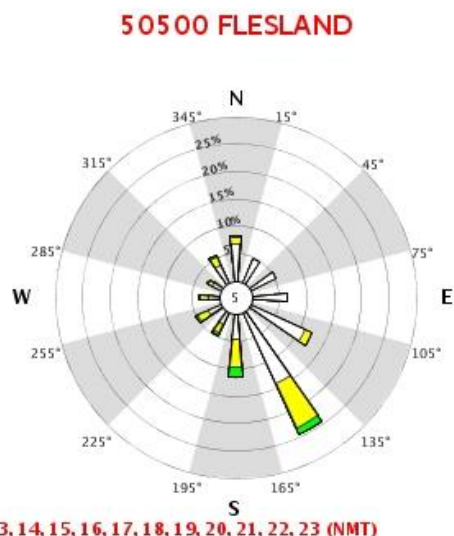
5



Year: 1956 - 2019

Jan, Feb, Mar, Oct, Nov, Dec

Hour: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)



Figur 3.7 Vindrose, Bergen Flesland, vinterhalvåret.

Wind rose, frequency distribution of wind

Winddirection divided in sectors of 30°
Frequency distribution of wind speed in percent %

Wind speed (m/s)

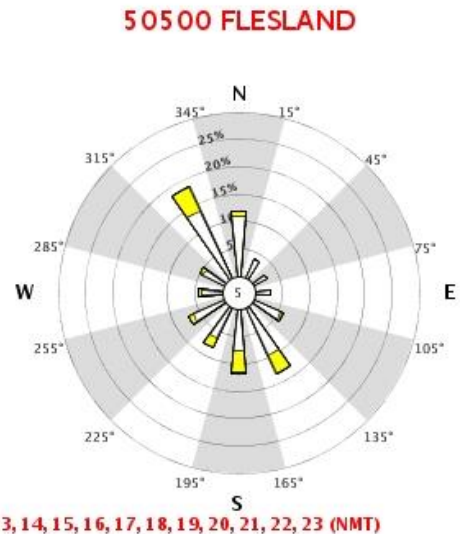
- >20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Calm (%)

5



Year: 1956 - 2019
Apr, May, Jun, Jul, Aug, Sep
Hour: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)

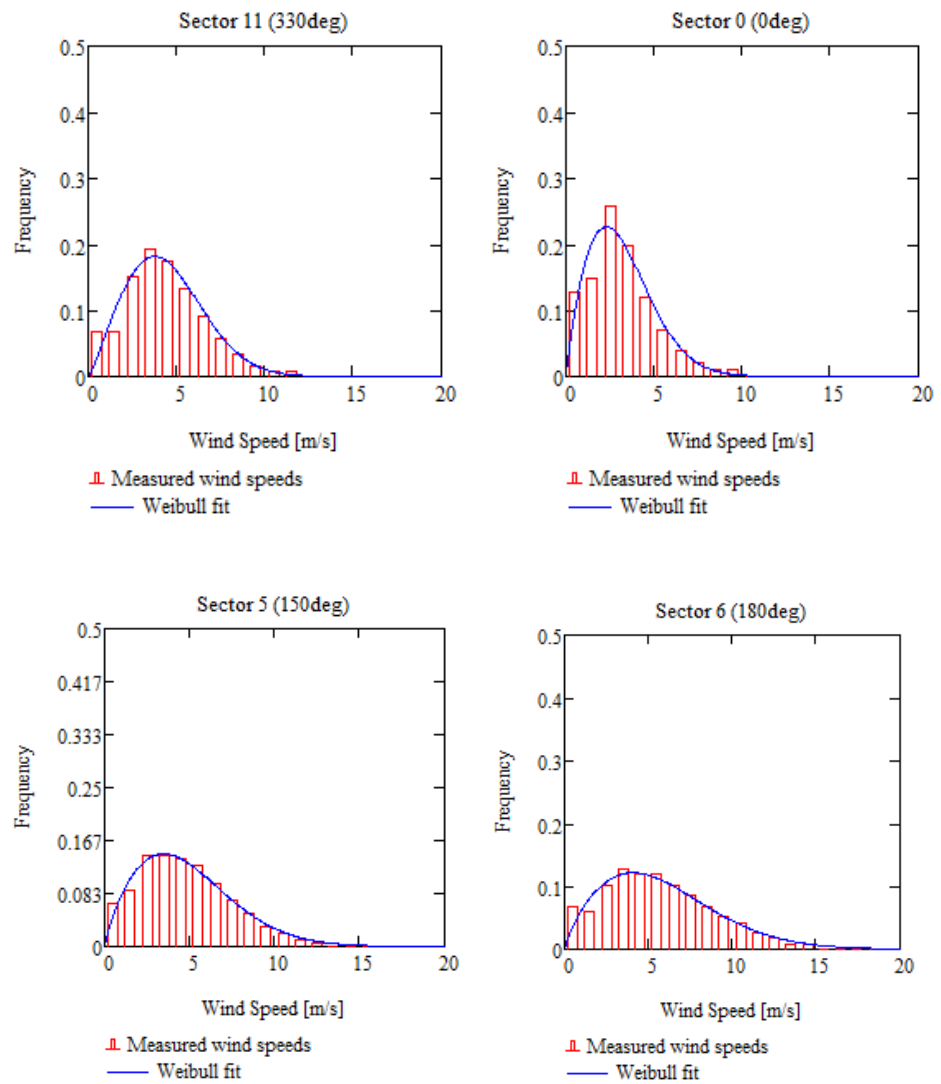


Figur 3.8 Vindrose, Bergen Flesland, sommerhalvåret.

3.2.3 Weibull-fit, årsklima Flesland

Av hensyn til de etterfølgende simuleringer av vinden og kvantifisering av vindkomforten for de dominerende vindretninger omkring Oasen, er årsklimatet fra Flesland-målestasjonen analyserte og tilpasset til Weibull-fordelinger. Tilpassninger er laget for vindhastigheter i 1 m/s-intervaller og vindretninger i 30°-intervaller. Resultatet fremgår av Tabel 3.1.

Figur 3.9 viser Weibull-fittene for de fire mest hyppige vindretninger i årsklimatet: 0°, 150°, 180° og 330°. Disse tre retninger representerer til sammen 43,1 % av vinden ved Flesland i et gjennomsnittsår.



Figur 3.9 Weibull-fit for vind fra 330°, 0°, 150° og 180°, for hele året. Flesland målestasjon.

Tabel 3.1 Weibull-parametre for Flestrand, hele året. Basert på data hentet fra eKlima-databasen, NMI.

vindretning	parameter A (m/s)	faktor k	hyppighet f (%)
0°	3,58	1,82	10,1
30°	1,96	1,55	4,2
60°	1,80	1,46	3,9
90°	2,38	1,37	4,7
120°	3,36	1,66	9,2
150°	5,50	1,79	19,0
180°	6,55	1,77	11,8
210°	5,14	1,76	6,2
240°	4,60	1,79	5,8
270°	4,69	1,44	4,0
300°	3,98	1,41	3,6
330°	5,00	2,17	12,0

Med kjennskap til Weibull-parametrene er det mulig å estimere hyppigheten av overskridelser av en bestemt vindhastighet, f.eks. U, fra en given vindretning ved bruk av følgende uttrykk:

$$h(V > U) = f \left[1 - \left[1 - \exp \left[- \left(\frac{U}{A} \right)^k \right] \right] \right]$$

Ovenstående uttrykk gjelder for én vindretning, for hvilken Weibull-parametrene er kjent. Ønskes den samlede hyppighet for flere vindretninger, summeres hyppighetene for disse vindretninger.

4 Vindvurdering

På basis av de ovenfor beskrevne overordnede vindforhold, gis i det følgende en vurdering av de forventede vindforhold i og omkring Oasen-prosjektet basert på erfaring supplert med 3D vindsimuleringer. Fokus vil bli lagt på steder, hvor det er risiko for dårlige vindforhold for personer i gatenivå.

4.1 Generelt

Når vind strømmer rundt om et enkeltstående høyt hus, Figur 4.1, vil det dels dannes en hvirvel på jorden oppstrøms for bygningen, dels skjer en hastighetsforøkelse langs sidene av bygningen. Denne hastighetsforøkelse er forårsaket av, at vindhastigheten økes når den presses rundt om bygningens hjørner; men også at hvirveldannelsen foran bygningen strekkes rundt om bygningen og overlejrer (overtar) det fri vindfelt.

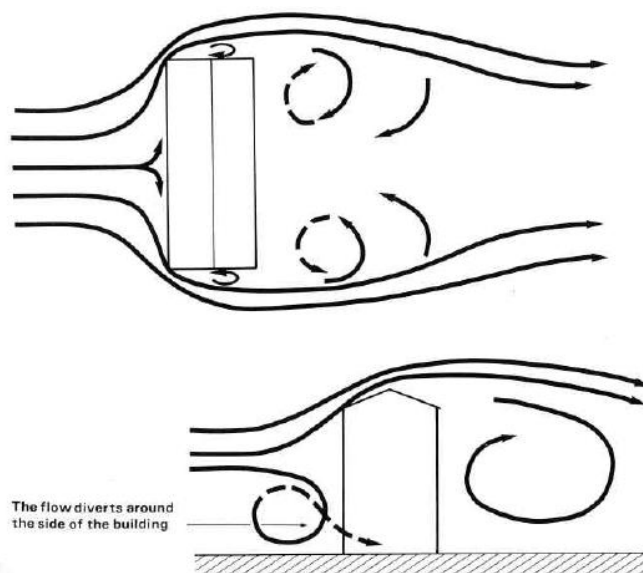
Dette strømningsmønster sin årsak er at det langs randen av le-området bak bygningen vil være randhvirvler eller soner, hvor vindhastigheten vil være høyere enn vindhastigheten foran bygningen. Vindtunnelforsøk med forskjellige

byggningsmodeller angir, at middelvindhastigheten i gatenivå kan forventes at være ca. 95% av vindhastigheten i nivå med bygningens tak.

Når to høye hus står tett på hverandre, kan det gi anledning til ytterligere forsterkning av vind i gatens retning (tunneleffekt). Enn videre kan der på forsiden av bygningen oppstå nedfaldsvinde til gaten ved f.eks. inngangspartier.

Når vinden rammer en bygningsfasade vil den presses dels over og dels utenom bygningen under dannelse av randhvirvler som beskrevet ovenfor. Er bygningen forsynet med en portåpning i gatenivå, der forbinder bygningens forside med baksiden, vil en del av vinden presses igjennom denne åpning.

Vindtunnelforsøk angir, at vindhastigheten i sådanne portåpninger overslagsmessig kan regnes til at være ca. 15% høyere enn vindhastigheten i nivå med bygningens tak.



Figur 4.1. Prinsippkisse av hvirveldannelse omkring høye bygninger.

Bak hus og beplantninger reduseres vindhastigheten i forhold til åpent terreng. Den presise reduksjon er svær at forutsi uten at lage detaljerende computerberegninger eller vindtunnelforsøk; men som en indikator kan det erfaringsmessig sies, at vindhastigheten reduseres med størrelsesordenen 40% - 50% i forhold til vindhastigheten i taknivå, hvis man ikke befinner seg i soner med hvirveldannelse.

Bak tette beplantninger av løvtrær reduseres vindhastigheten med størrelsesordenen 30% - 50% i forhold til vindhastigheten på åpen mark.

4.2 Simuleringer

For at få mere viten om vindens forløp omkring især de høye bygninger, simuleres de vindretninger, der forventes at dominere omkring Oasen, i en 3D CFD modell. Simuleringene er laget med det kommersielle CFD software Star CCM+ (version 2020.01). CFD = Computational Fluid Dynamics.

En 3D CAD modell fra Mad Arkitekter danner utgangspunkt for beregningsmodellen. Denne modell inneholder en simplificeret geometrisk modell av Oasen og omkringliggende bygninger og det lokale terreng. Utenom denne modell er terrenget forlenget i alle retninger (uten bygninger) av modelltekniske grunner. Således inneholder beregningsmodellen ikke høydedragene omkring Fyllingsdalen, og den formodede endring av det lokale vindklima i forhold til vindklimaet på Flesland modelleres ikke, ei heller modelleres eventuelle nye bebyggelse i Fyllingsdalen rundt Oasen. Et unntak er det gjort for to bygninger ved Selmy borettslag.

Hele beregningsmodellen har størrelsen 1500 m x 1450 m x 300 m (henholdsvis øst-vest, nord-syd og oppover).

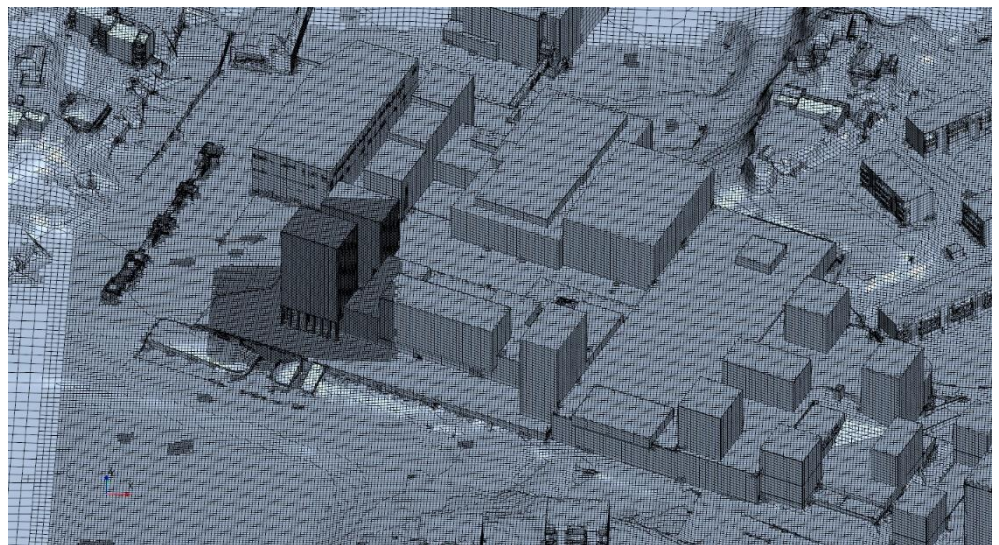
Beregningene er utført som tidsmidlede simuleringer av vind og turbulens. Turbulensmodellen er en $k-\epsilon$ modell (*realizable, two-layer modell*). Luften modelleres under antagelse av konstant densitet ($1,25 \text{ kg/m}^3$), dvs. uten temperaturlagdeling.

Der settes logaritmiske profiler for vindhastighet og turbulensintensitet på tilsvarende til terrengklasse II og med en vindhastighet på 10 m/s i 10 m høyde over terreng. Det logaritmiske hastighetsprofil er angitt nedenfor.

$$u(z) = v \cdot k_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{og} \quad I(z) = \frac{1}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

hvor $k_t = 0,19$, $v = 10 \text{ m/s}$ samt $z_0 = 0,05$.

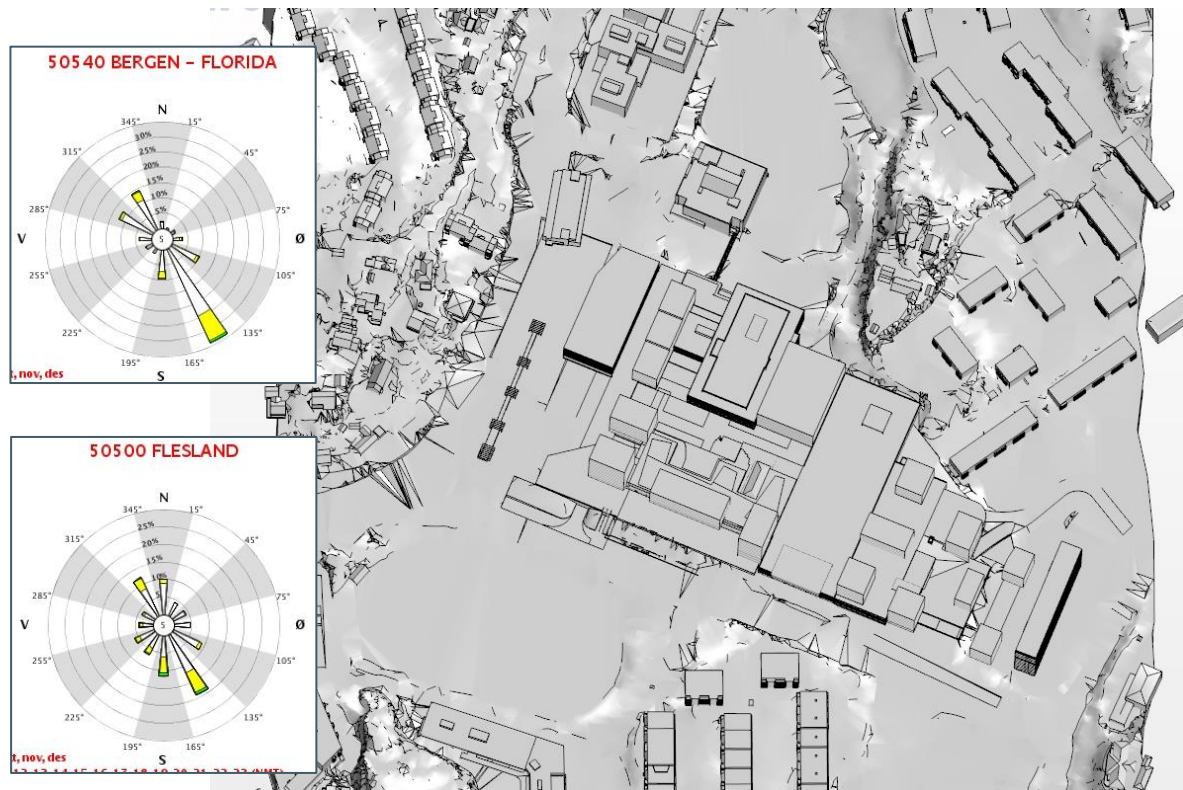
Det anvendte beregningsnett inneholder ca. 2,5 millioner celler (hexaheder). Omkring Oasen og især omkring hjørnehuset på hjørnet er beregningsnettet lavet særlig fint som vist i Figur 4.2.



Figur 4.2 Beregningsnett på bygningenes overflater, Oasen.

4.3 Forventet vindmiljø for Oasen

Figur 4.3 viser 3D CAD-modellen sammen med vindrosene fra Flesland og Florida for gjennomsnittsåret for hurtig referanse.



Figur 4.3 Oasen, bebyggelse og vindroser (hele året). 3D CAD modell fra Mad arkitekter.

Figur 4.4 viser illustrasjon av Oasen sett fra vest, med hjørnehuset og søylegangene.

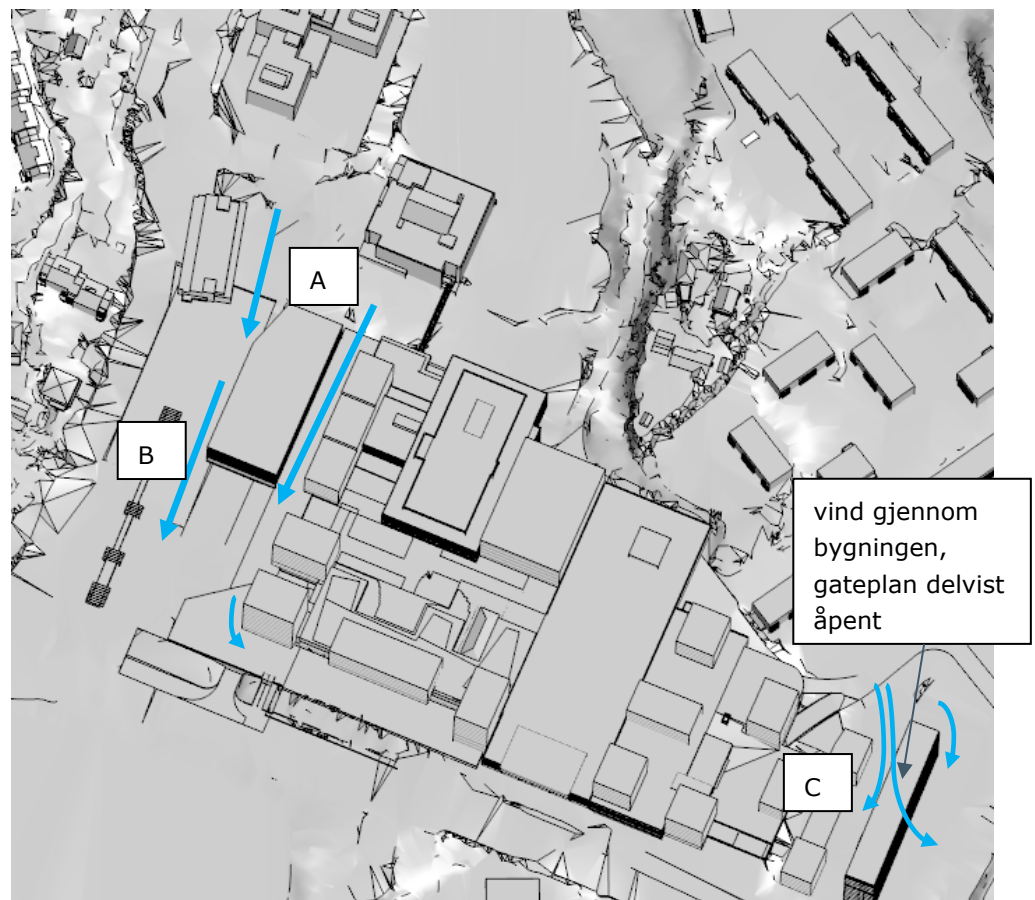


Figur 4.4 Oasen, Illustrasjon av hjørnehuset sett fra vest. Fra Mad arkitekter.

4.3.1 Vind fra N og NNV

Som beskrevet i avsnitt 3.2.1 vurderes vind fra den nordvestlige sektor ved de to målestasjoner at være mere nordlig i Fyllingsdalen og i området omkring Oasen. Videre fremgikk det, at vind fra denne sektor er hyppig og med potensiale for vind også i gatenivå på mere enn 5 m/s.

Figur 4.5 viser gater, hvor der ut fra en umiddelbar vurdering kan være forhøyet risiko for tunneleffekt og derav forsterket vind. Selv om disse gater ikke er orienterte helt parallelt med den overordnede vindretning, viser erfaring og simuleringer av lignende byområder, at vinden stadig fanges, især når der er høye bygningene langs med gatene, som det er tilfellet her.



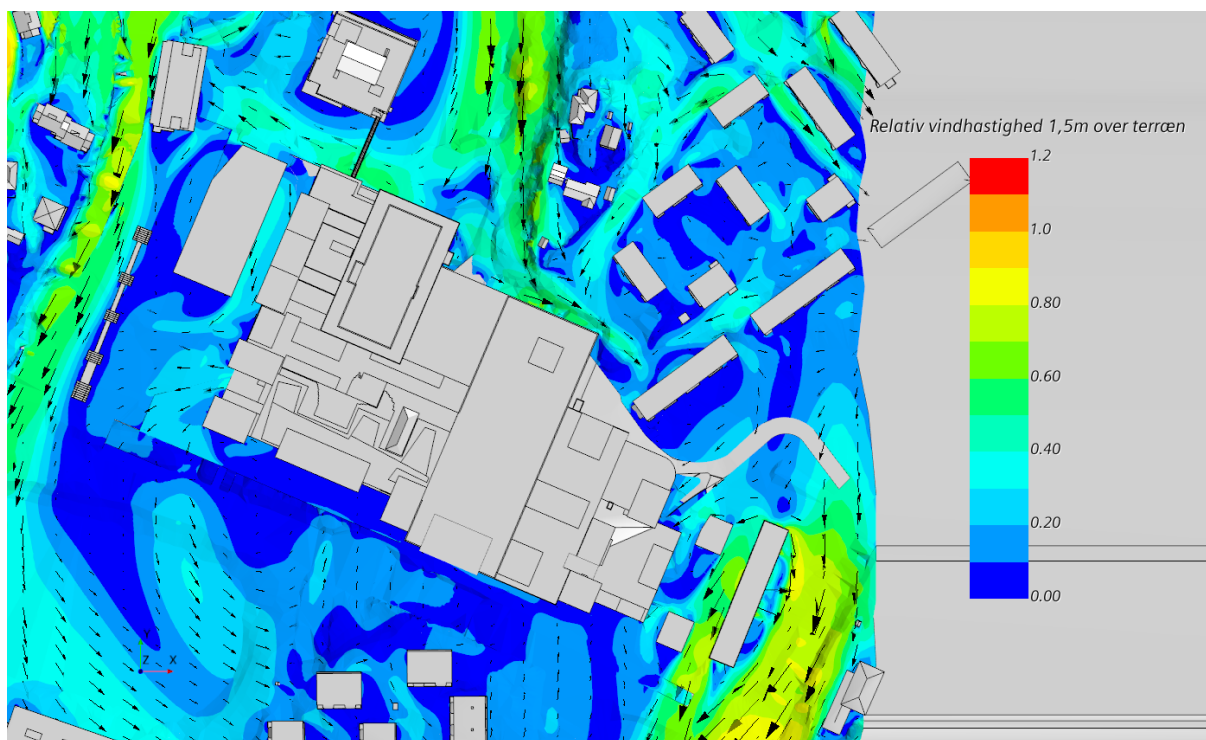
Figur 4.5 Oasen, sett oppefra og litt fra syd. Områder med forventet risiko for forsterket vind i gatenivå for vind fra N / NNV. Bokstaver refererer til kommentarer i tekst.

De etterfølgende figurer, Figur 4.6 og Figur 4.7, viser de *simulerende* vindhastigheter 1,5 m over gatenivå for vind fra nord (0°) og vind fra nord nordvest (330°). Vindhastigheten er angitt relativt til den uforstyrrede vindhastighet i 10 m høyde på modellens rand. Dermed angir en verdi under 1 at vinden er svakere enn i 10 m høyde, og en verdi over 1 at vinden er kraftigere enn i 10 m høyde. Ikke overraskende er vinden generelt ikke så høy som i 10 m høyde, da vindhastigheter generelt vokser med høyden.

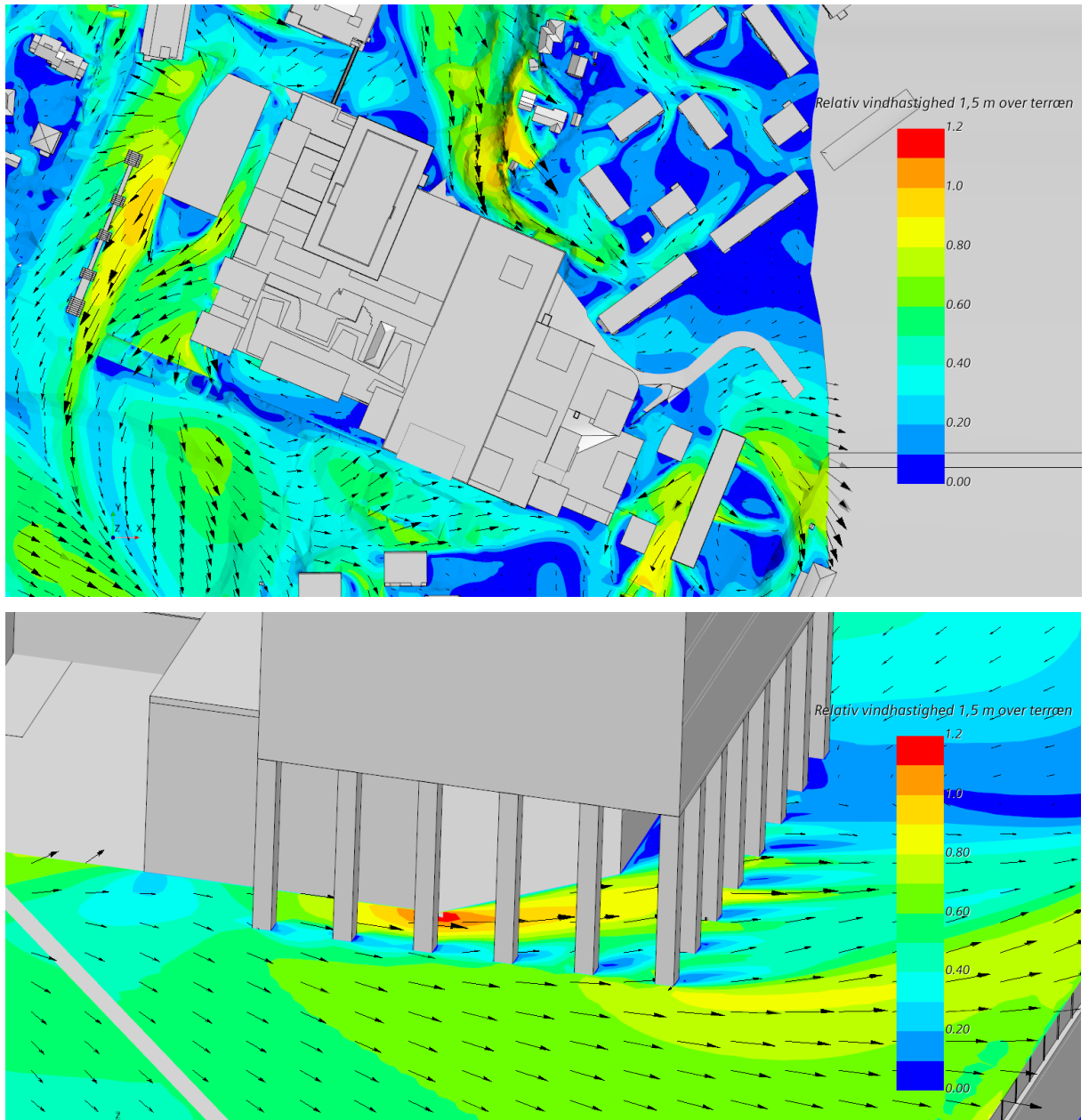
Pilene viser vindretningen projiserte på 1,5 m-flaten.

Simuleringene av de to vindretninger viser, at der i det nordvestlige hjørne av Oasen ikke opptrer helt så kraftig vindforsterkning som fryktet ("A" i Figur 4.5), men at den kraftige vindforsterkning mod syd ("B") bekreftes av simuleringene. Likeledes ses, at det forventede vindmønster omkring Sælemyr Borettslag ("C") bekreftes av simuleringene.

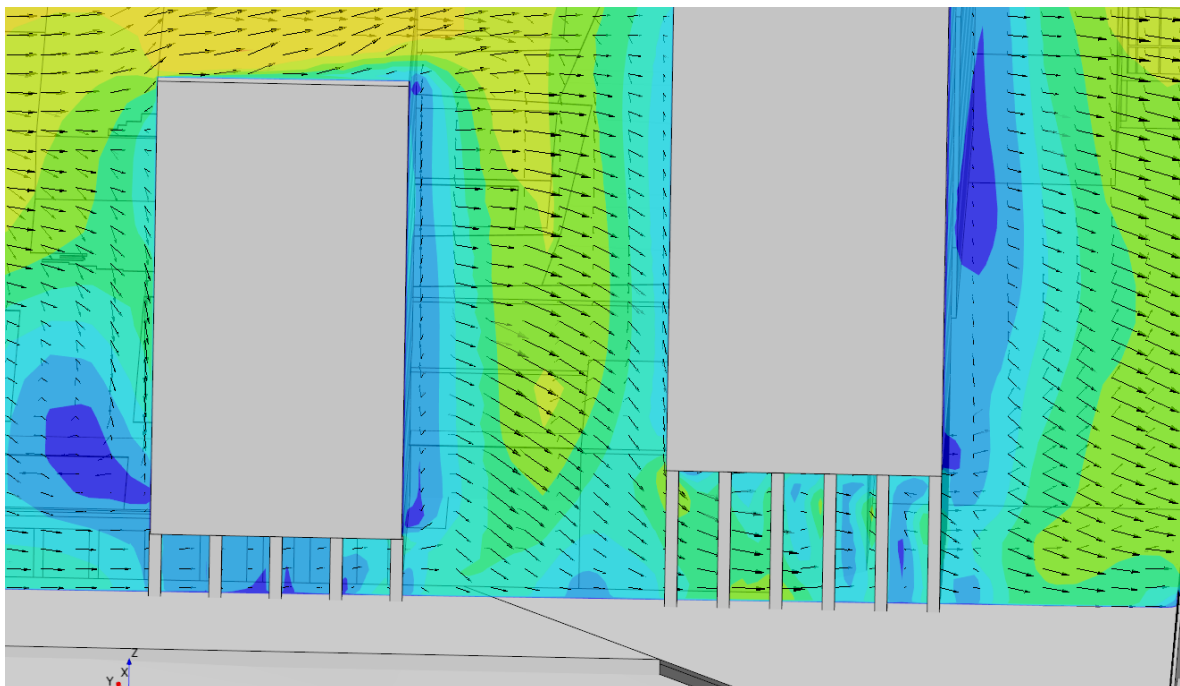
For vinden fra NNV ses også en forsterkning av vinden i søylegangen ved hjørnehuset, som ikke ses for vind fra Nord. Det ser ut til at skyldes vind, der løper ned langs den fremspringende hjørnehusfasade, se Figur 4.8.



Figur 4.6 Relativ vindhastighet 1,5 m over terreng for vind fra N.



Figur 4.7 Relativ vindhastighet 1,5 m over terreng for vind fra NNV, ved hushjørnet.

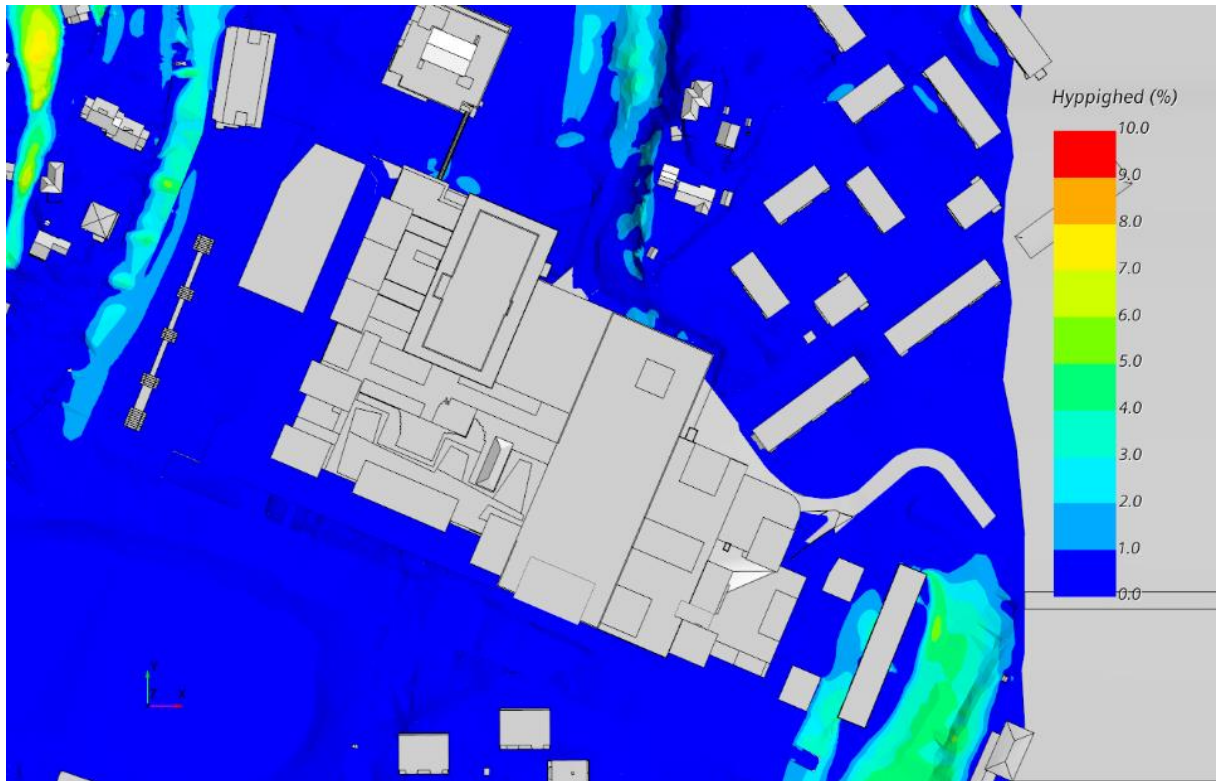


Figur 4.8 Vind fra NNV, loddrett snitt langs vestsiden av hjørnehuset, sett fra vest.

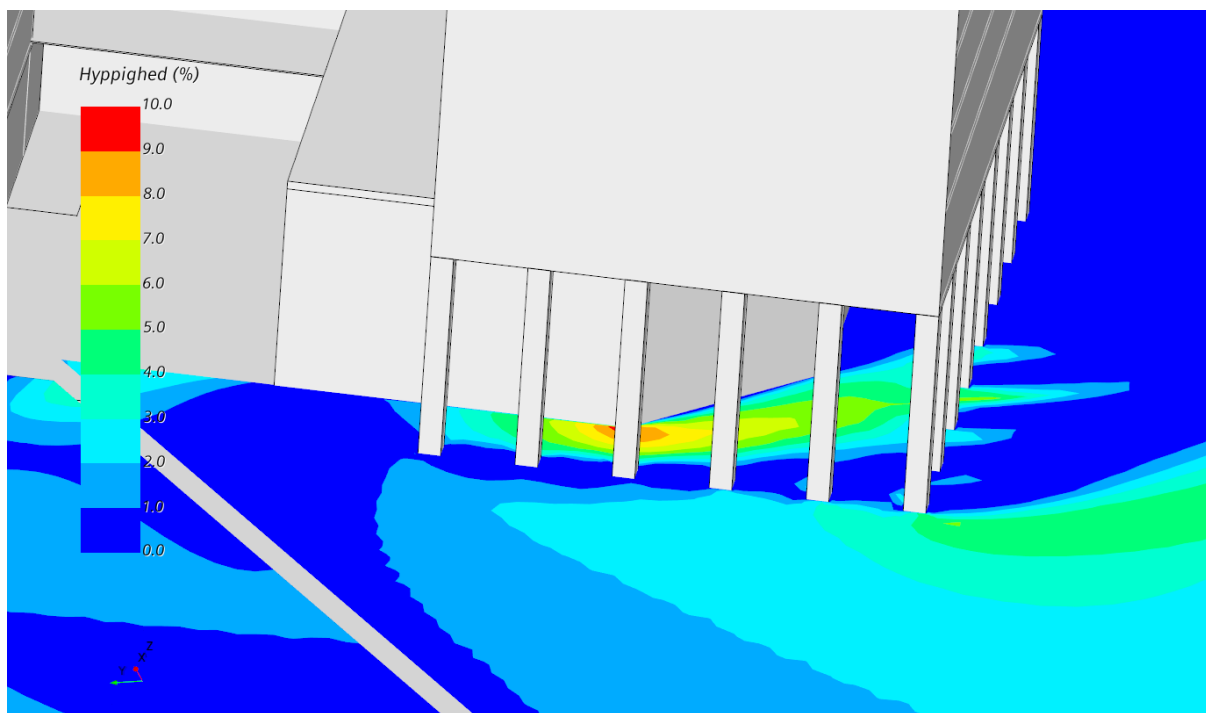
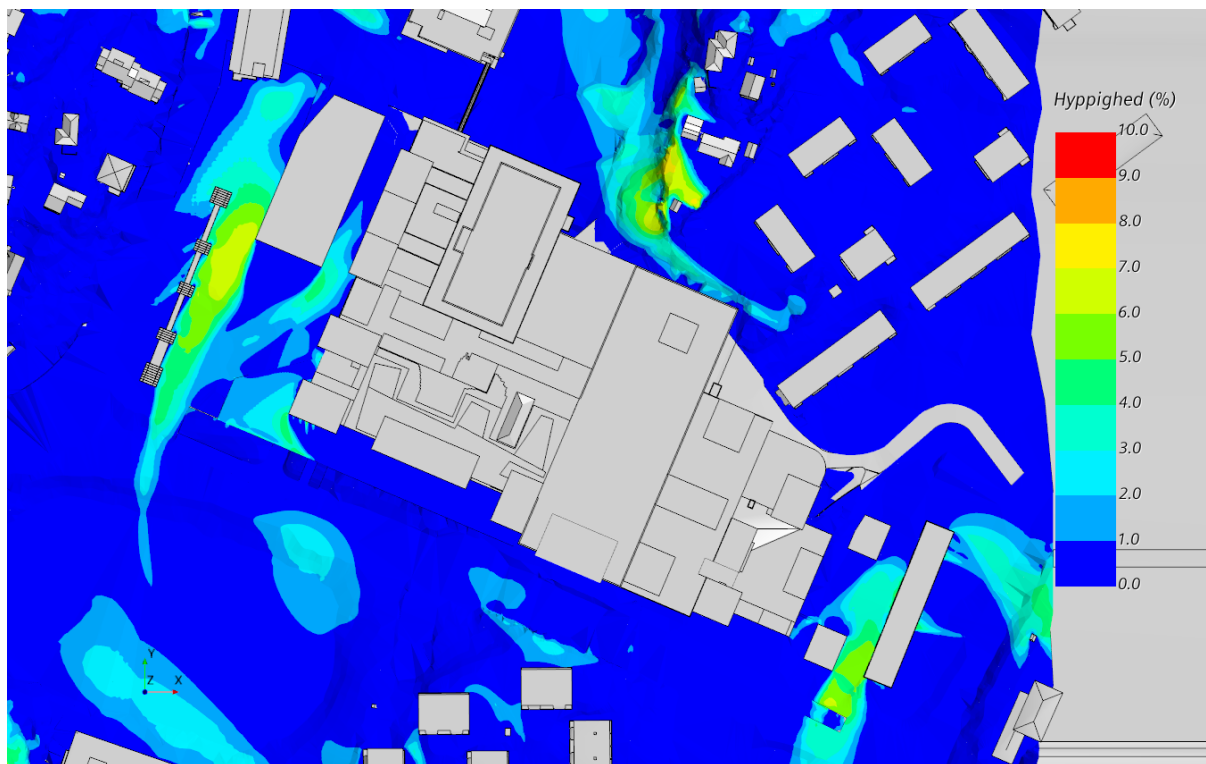
For at få en ide om hvorvidt de viste vindhastigheter kunne gi dårlig vindkomfort, kan de simulerende vindhastigheter relateres til vindklimaet, dvs. hvor hyppig vind fra disse to vindretninger vil forventes at være.

Som omtalt i avsnitt 3.2 må der forventes at være forskjeller mellom det lokale vindklima i Fyllingsdalen og så vindklimaet ved Flesland og Florida målestasjoner, men til dette formål vurderes vindklimaet ved Flesland at være akseptabelt i forhold til at oppnå en rimelig vurdering av overskrideshyppigheten for komfortkriterierne (avsnitt 2).

For at holde det simpelt, ses på hyppigheten for overskridelse av en vindhastighet på 5,4 m/s (kriterier: sittende 1%, stående 6%, og inngangspartier/dør 6%, ifølge Tabel 2.1). De 6% overskrides f.eks. sydvest for Kulturhuset ("B"), men hvis plassen syd for skal brukes også som rekreativt område for stillesittende aktivitet, ses vindkomforten beregnet på basis av Flesland-vindklimaet ikke at være helt akseptabel for vind fra NNV.



Figur 4.9 Hyppighet for overskridelse av 5,4 m/s beregnet 1,5 m over gatenivå. Vind fra N. Beregnet ut fra Weibull-parametrene for Flesland.



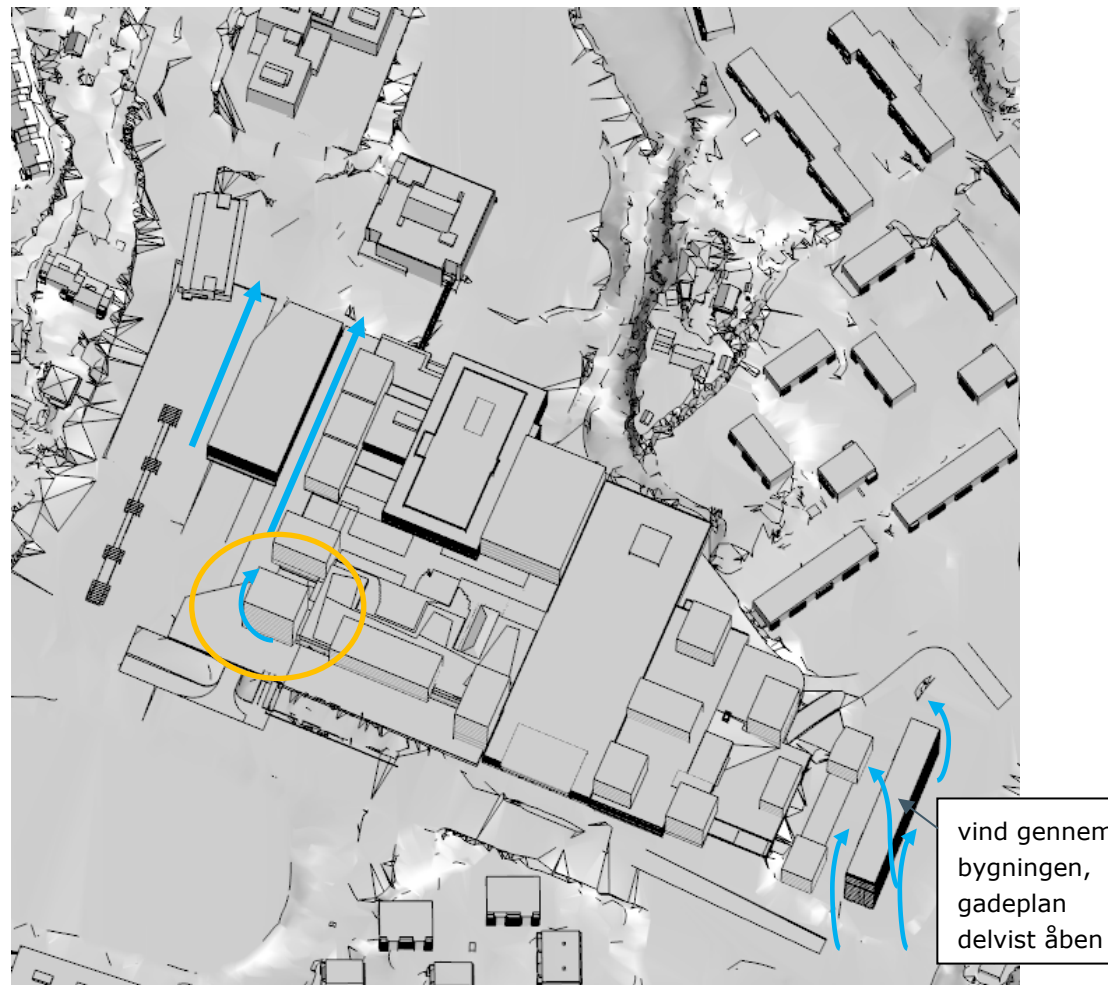
Figur 4.10 Hyppighet for overskridelse av 5,4 m/s beregnet 1,5 m over gatenivå. Vind fra NNV, med hjørnehuset. Beregnet ut fra Weibull-parametrene for Flesland.

4.3.2 Vind fra S og SSØ

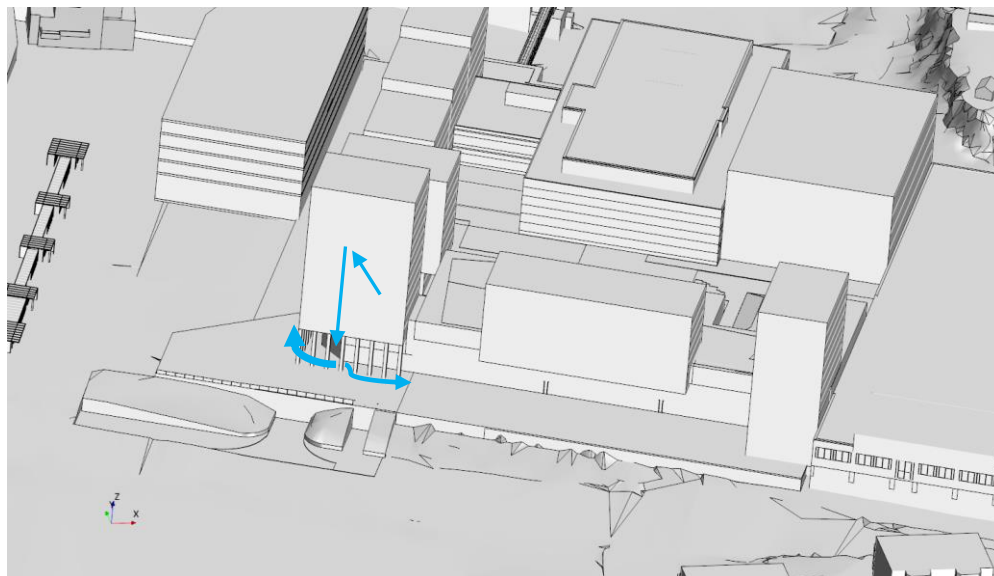
Figur 4.11 viser de forventede steder med forhøyet risiko for forsterket vind når vinden kommer fra den motsatte retning, nemlig den syd sydøstlige og sydlige sektor.

Figur 4.12 viser et nærbilde av den simplificerede CAD-modell av hjørnehuset på hjørnet (markert med den gule sirkel i Figur 4.11). Når vinden rammer den høye fasade mot syd, dannes en nedad rettet strømning ned mot gatenivå som også illustrert i Figur 4.1 nederst. Når strømmingen nærmer seg gatenivå, vil noe løpe mot øst langs karré-fasaden, men størstedelen vil løpe mot vest rundt om hjørnet av hjørnehuset. Da dette hjørne til og med er skåret skrått av i gatenivå, kan der skje en ytterligere forsterkning av vinden her.

Følges tommelfingerreglene fra avsnitt 4.1, fås at vindhastigheten i gatenivå kan bli i størrelsesordenen 2 gange høyere enn hastigheten i nivå med hjørnehusets tak.

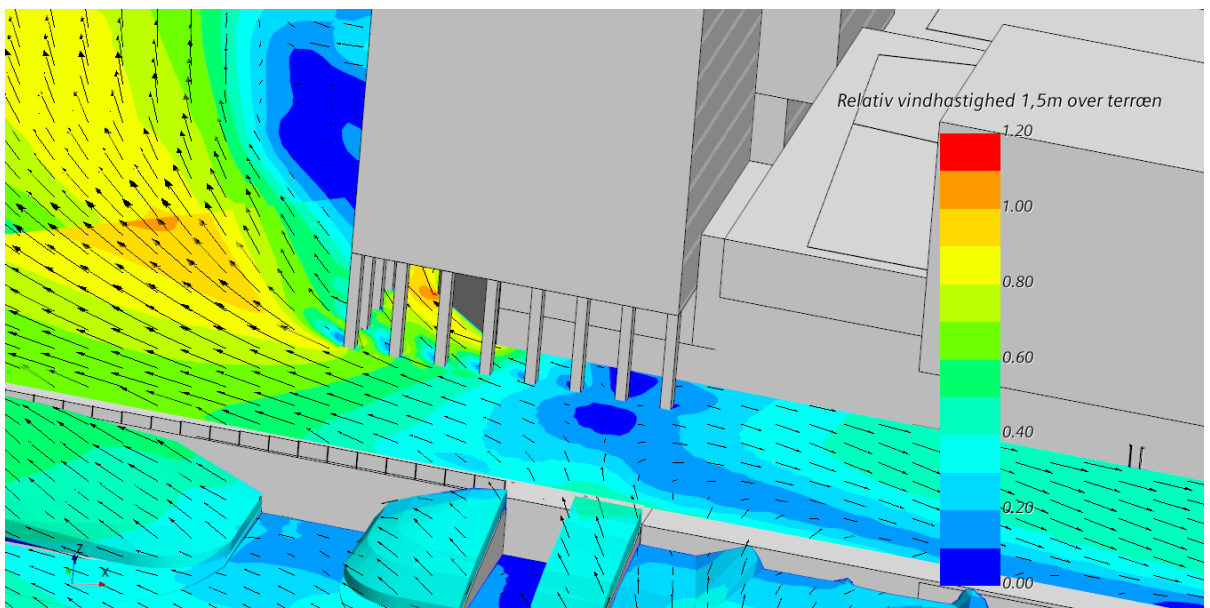
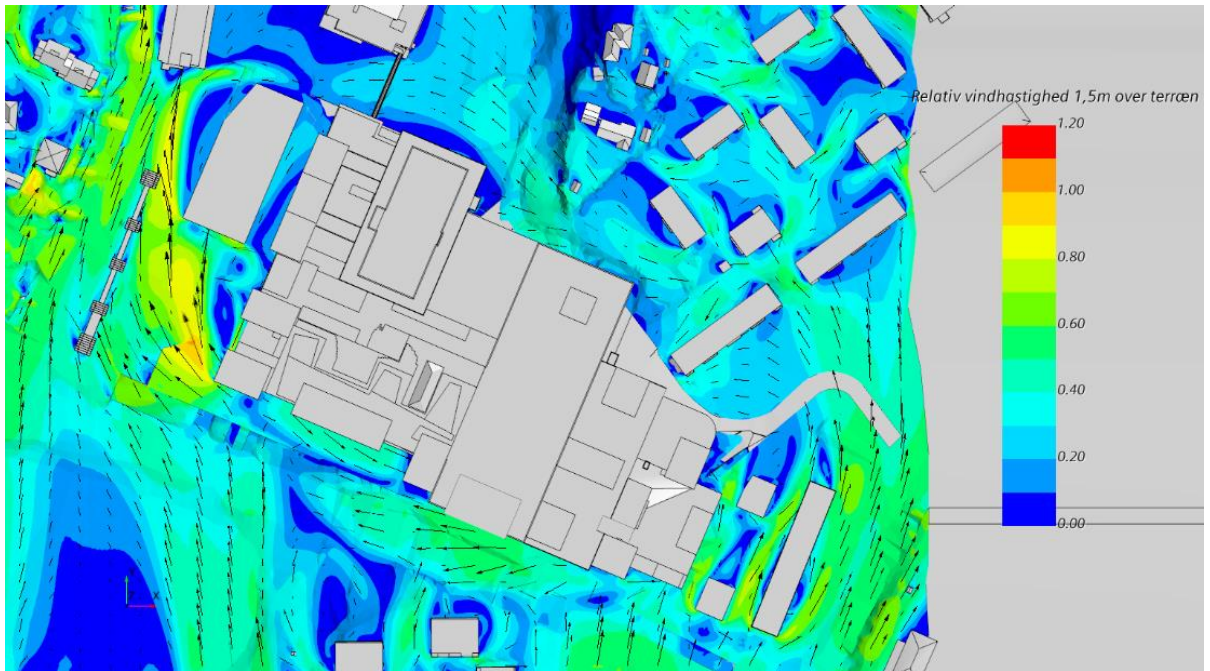


Figur 4.11 Oasen, sett ovenfra og litt fra syd. Områder med forventet risiko for forsterket vind i gatenivå for vind fra S / SSØ.

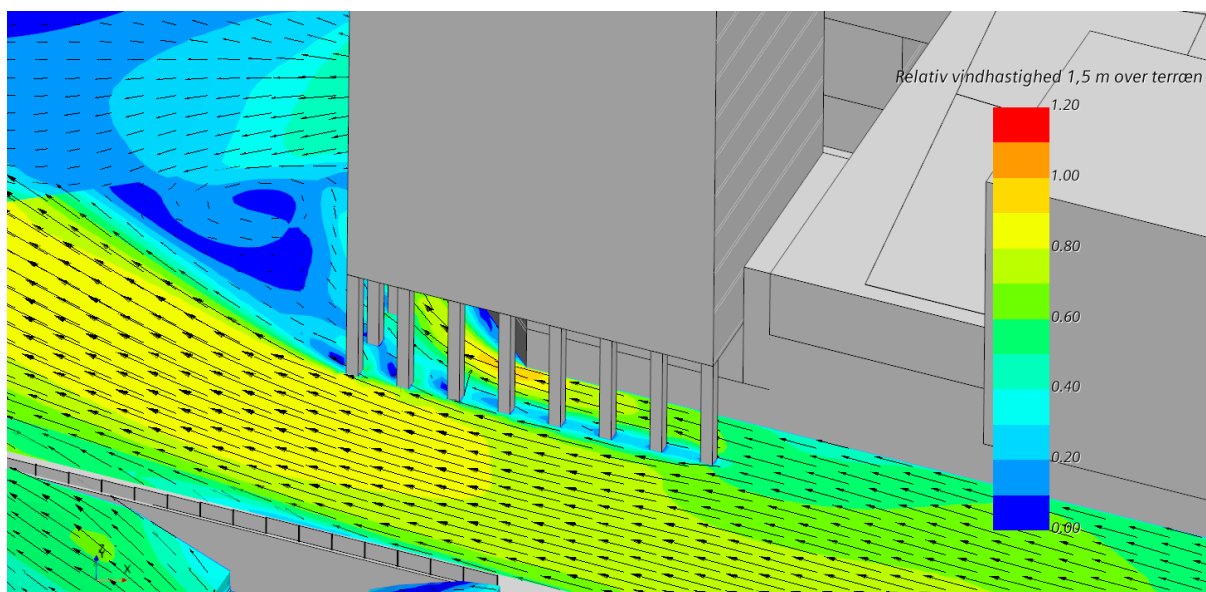
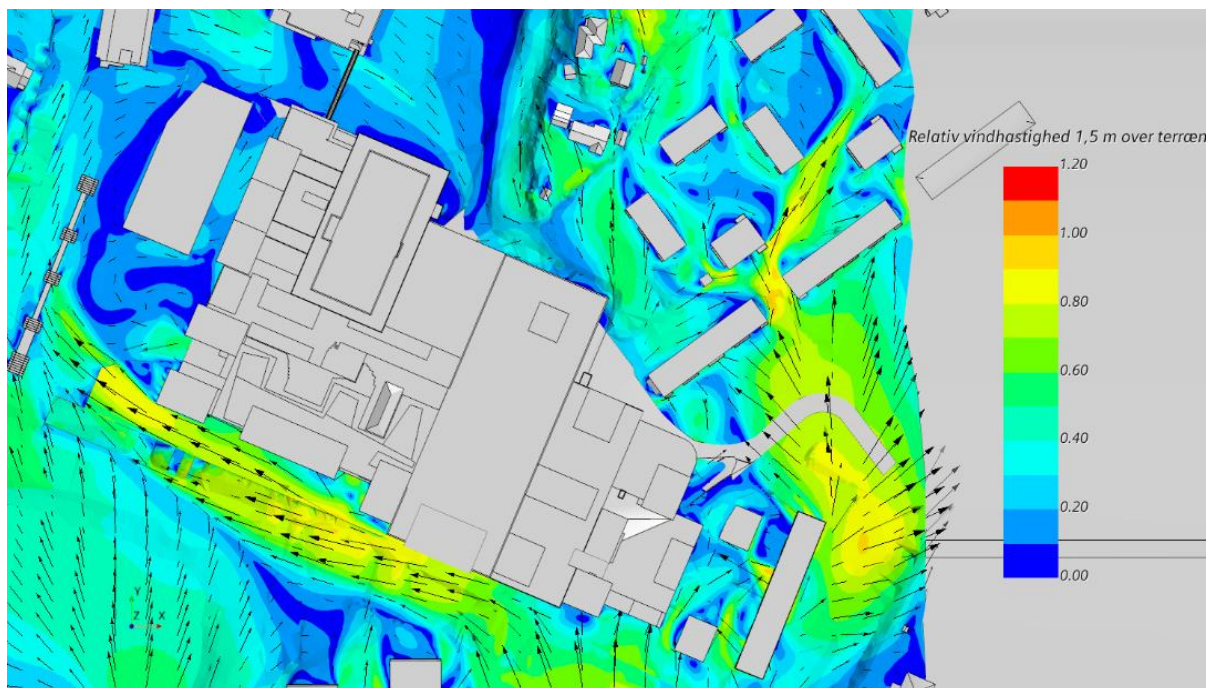


Figur 4.12 Oasen, hjørnehus mod sydvest. Vind fra S / SSØ. Illustrasjon av strømning ned av fasade og rundt om hjørnet og langs karré-fasaden.

På samme måte som for de nordlige vindretninger vises i Figur 4.13 og Figur 4.14 de relative vindhastigheter for vind fra syd (180°) og syd sydøst (150°). Figurere inneholder også skrå nærbilder av forholdene rundt om hjørnet på hjørnehuset på hjørnet.



Figur 4.13 Relativ vindhastighed 1,5 m over terræng for vind fra S, ved hjørnehuset.



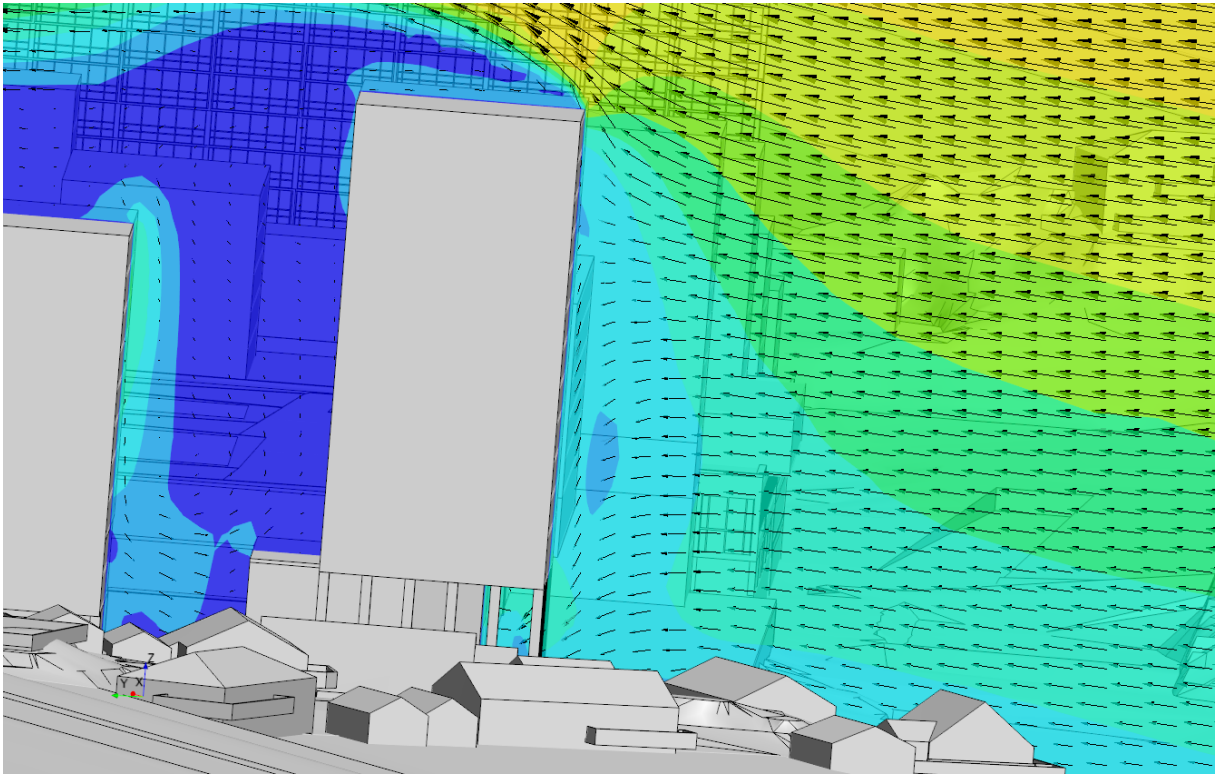
Figur 4.14 Relativ vindhastighet 1,5 m over terreng for vind fra SSØ.

Av disse plot ser man, at der skjer en vesentlig vindforsterkning lang sydsiden av Oasen og rundt om hjørnet ved hjørnehuset og ut på plassen syd for Kulturhuset. Forholdene i gatene langs Kulturhuset er ikke så kritiske som umiddelbart vurderte. Langs sydsiden av Oasen rammer vinden den fremspringende fasade og avbøyes mod nordvest langs fasaden. Da denne er relativt høy, dreier vinden ikke over men løper langs fasaden i stedet.

For vind fra SSØ, løper der også vind direkte inn i søylegangen ved hjørnehuset. Når vinden kommer fra syd, se Figur 4.13, ses en motsatt rettet vindstrømning fra hjørnehuset på hjørnet i retning sydøst, jf. skissen i Figur 4.12.

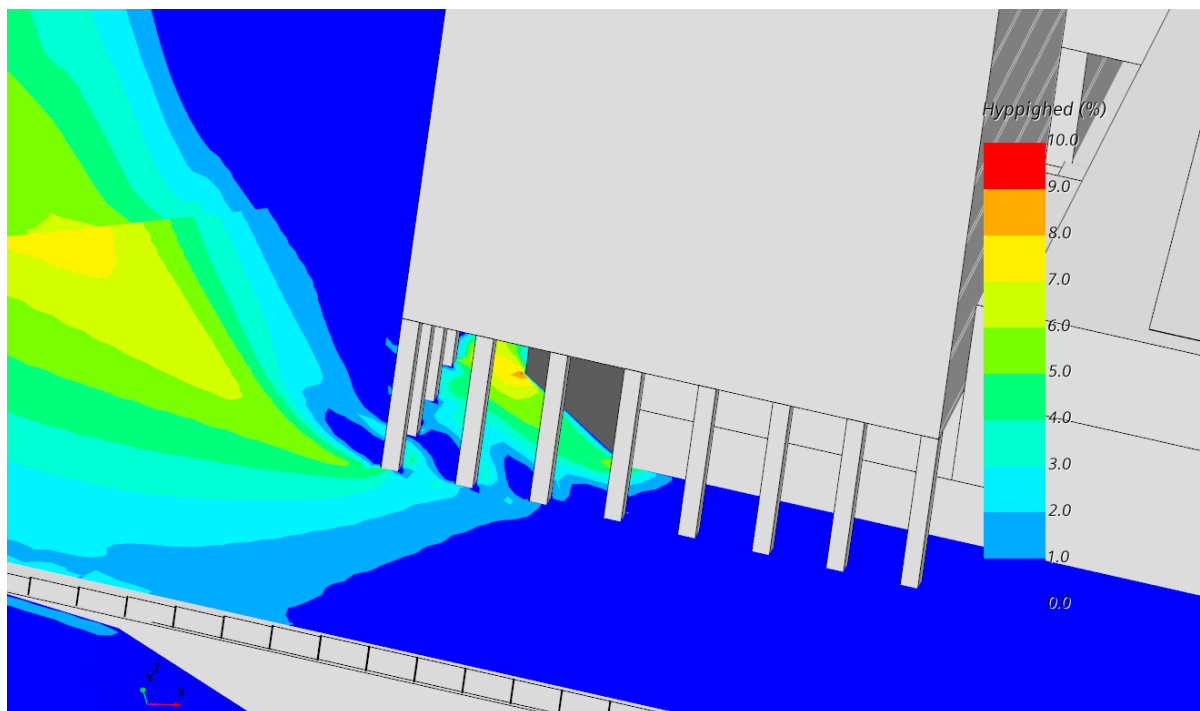
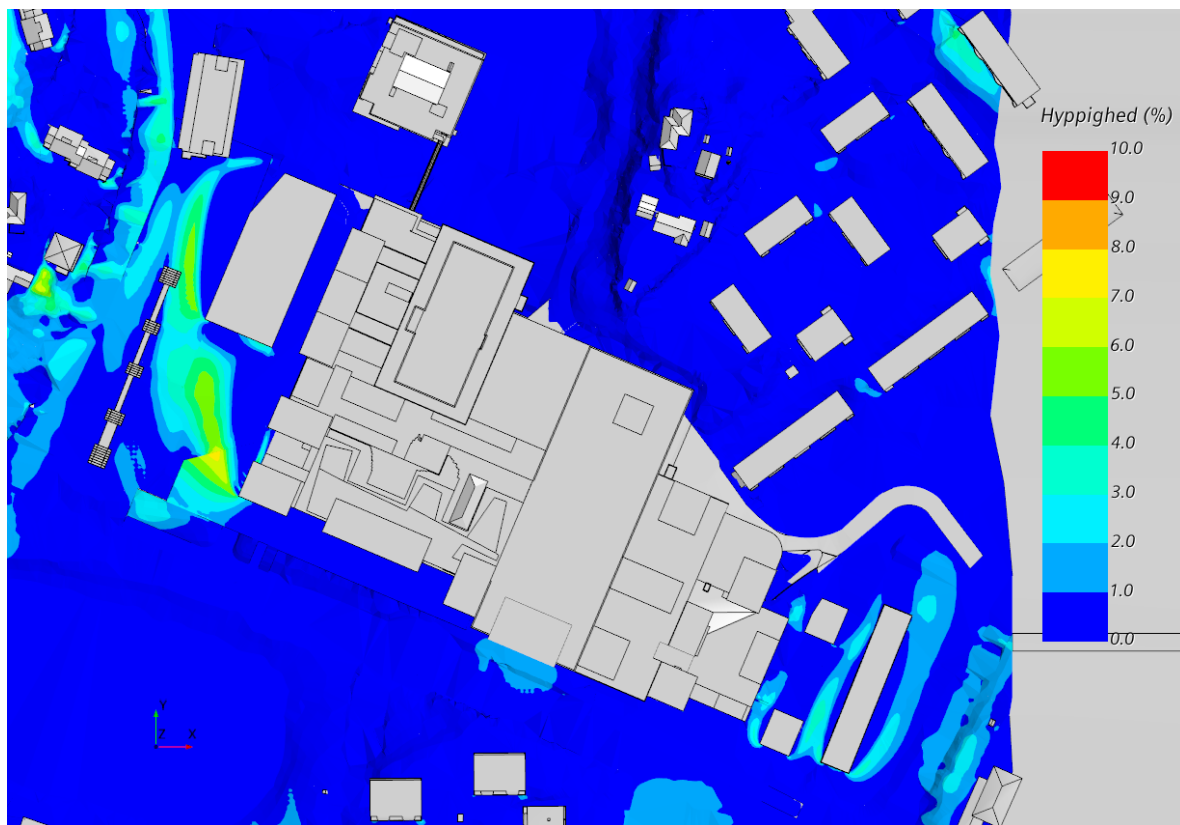
Figur 4.15 viser Vindhastighetene i et loddrett snitt igjennom hjørnehuset sett fra vest for vind kommende fra syd. Hastighetsvektorene er projiserte på

snittplanen. Man ser, hvorledes vinden rammer fasaden og på den øverste tredjedel løper opp på fasaden og over bygningen, og på den nederste tredjedel løper ned på fasaden og inn i søylegangen og rundt.

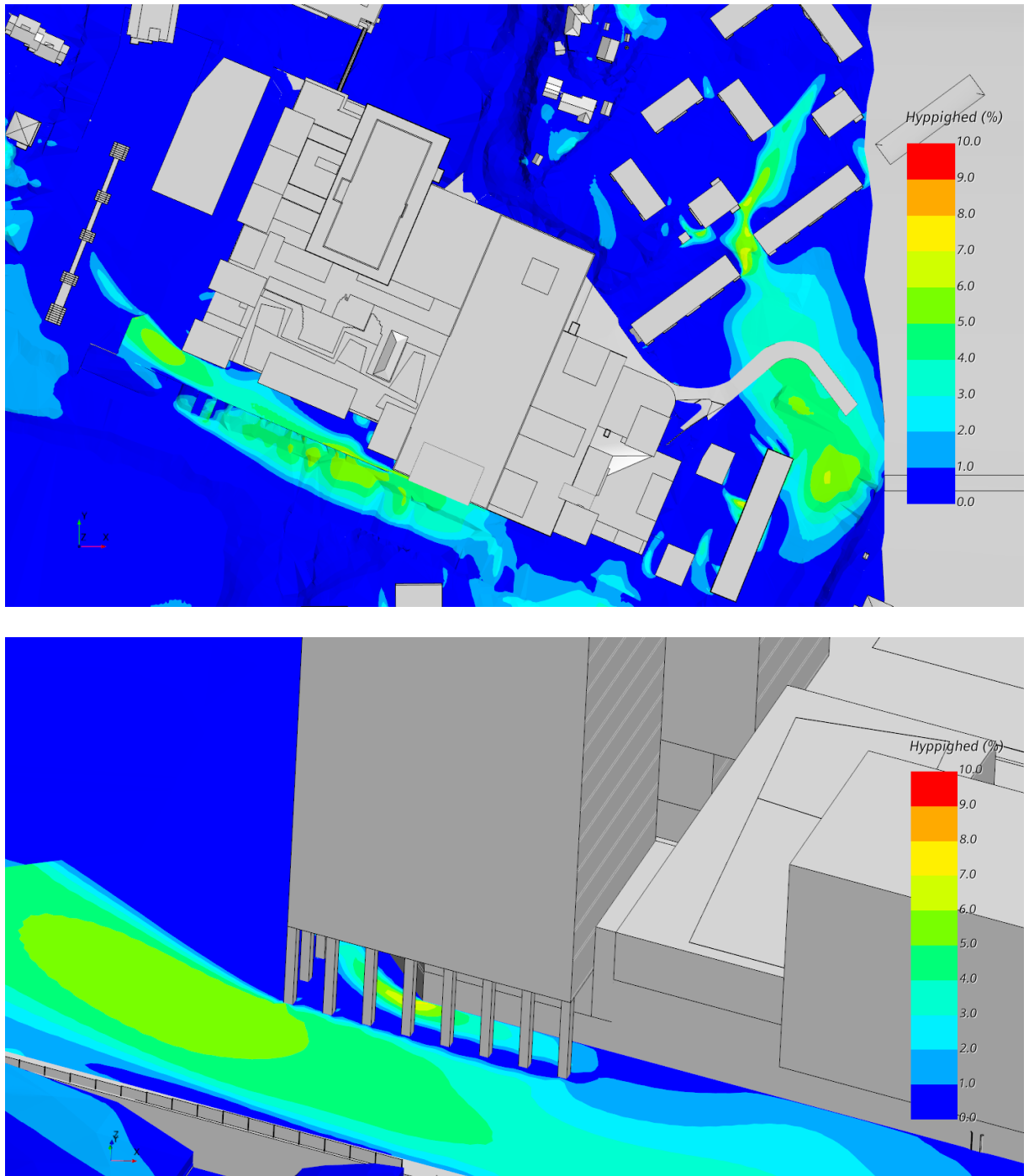


Figur 4.15 Vind fra syd, loddrett snitt foran hjørnehuset på hjørnet, sett fra vest.

Som før ses på hyppigheten for overskridelse av en vindhastighet på 5,4 m/s (sittende 1%, stående 6%, og inngangspartier/dører 6%, ifølge Tabel 2.1). De 6% overskride rundt om hjørnehuset samt på dele av plassen syd for Kulturhuset (se også avsnitt 4.1). De 1% for stillesittende aktivitet overskride for området som ligger utenfor Oasen på sørsiden for vind fra SSØ.



Figur 4.16 *Hyppighet for overskridelse av 5,4 m/s beregnet 1,5 m over gatenivå, med hjørnehuset. Vind fra S. Beregnet ut fra Weibull-parametrene for Flesland.*



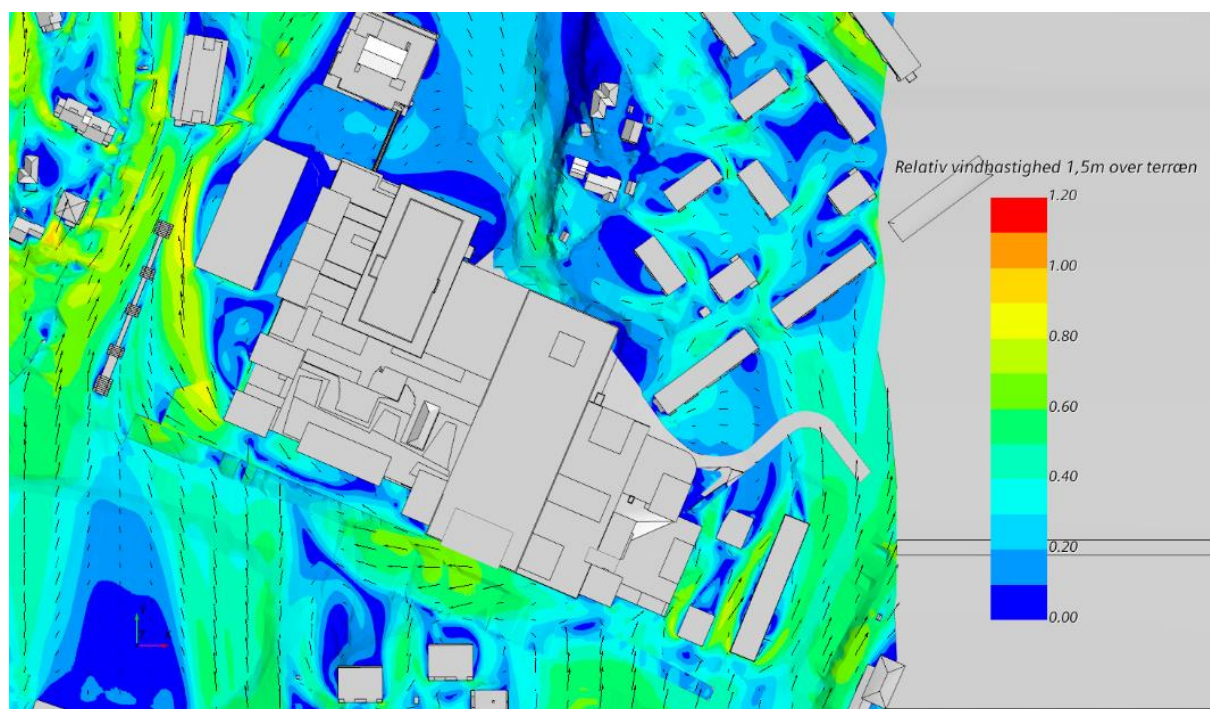
Figur 4.17 Hyppighet for overskridelse av 5,4 m/s beregnet 1,5 m over gatenivå, med hjørnehuset. Vind fra SSØ. Beregnet ut fra Weibull-parametrene for Flesland.

4.4 Reduserende høyder på bebyggelse, vind fra syd

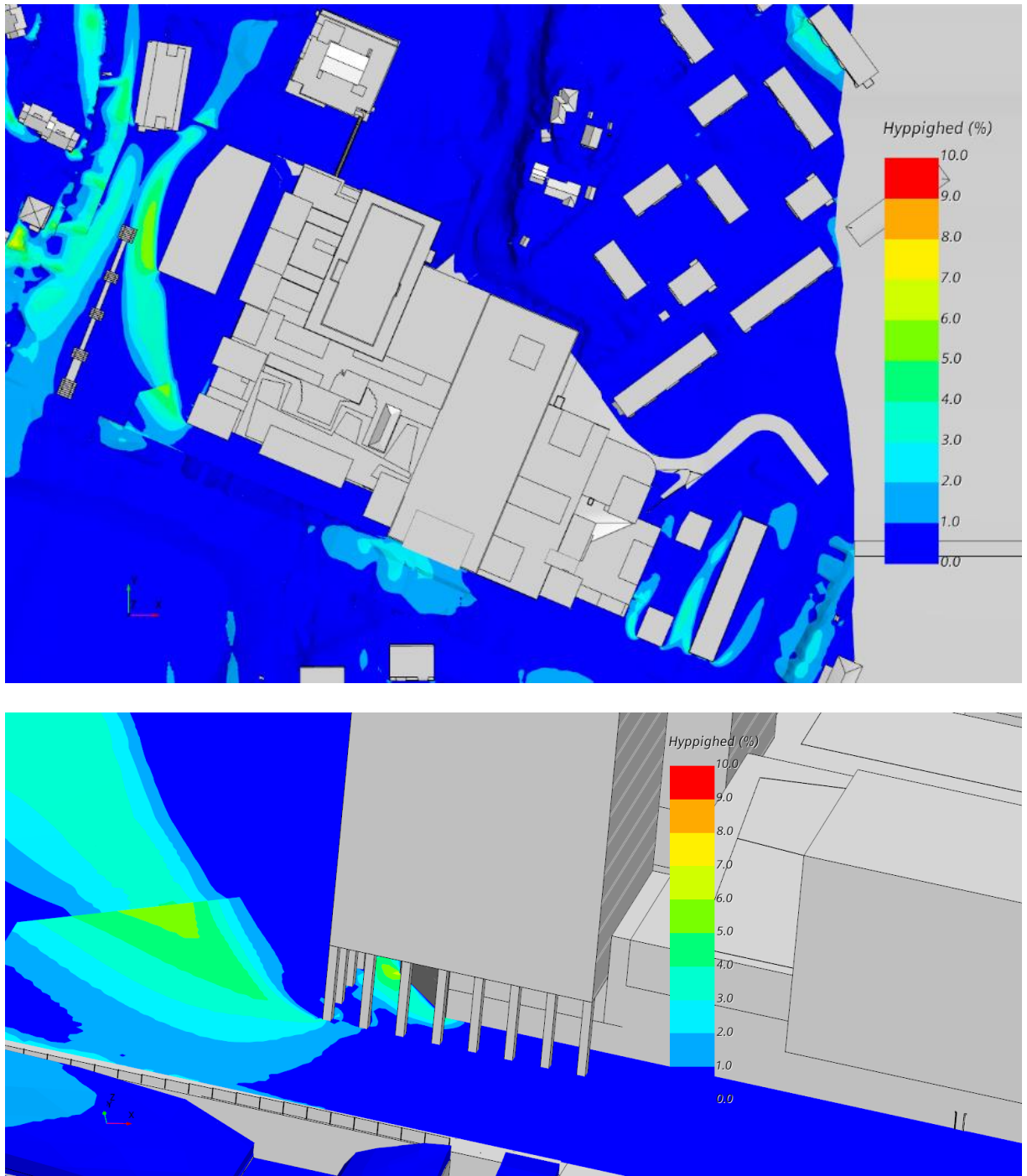
For at vurdere innflytelsen av blant annet hjørnehuset på vindkomforten og på plassen syd for Kulturhuset, er der laget en enkelt simulering med vind fra syd hvor husene er redusert til en høyde på maksimalt 22 m over gatenivå.

De relative vindhastigheter er vist i Figur 4.18. Der ses den forventede forbedrende effekt av at redusere høyden på hjørnebygningen. Også hyppigheten av

overskridelse av komfortkriterierne på plassen syd for Kulturhuset faller, se Figur 4.19.



Figur 4.18 Relativ vindhastighet 1,5 m over terreng for vind fra S. Alle huse redusert til max 22 m over gatenivå.



Figur 4.19 Hyppighet for overskridelse av 5,4 m/s beregnet 1,5 m over gatenivå, med hjørnehuset. Reduserende høyder av husene til max 22 m. Vind fra S. Beregnet ut fra Weibull-parametrene for Flesland.

5 Avbøtende tiltak og sammenfatning

Ut fra den generelle vurdering av vindmiljøet omkring Oasen og simuleringene av de fire hyppigste (bedømt ut fra Flesland målestasjonen) vindretninger, ser det ut til, at vindkomforten kan være redusert især to steder:

- > Ved/søylegangen på hjørnet av hjørnehuset
- > På området syd for Kulturhuset.

samt i noen grad langs sydsiden av Oasen.

Det ser ut til fra de utførte simuleringer, at de høye vindhastigheter rundt hjørnehuset skyldes vind, der løper ned langs fasaden og dykker under og rundt om hjørnet på bygningsmassen. En typisk løsning for å forhindre vindstrømning ned av fasaden er å etablere et halvtak eller lignende konstruksjon i 1. eller 2. etasjes høyde. Et slikt tak kan forhindre vinden i å nå helt ned i gatenivå, og i stedet dreier den rundt om hjørnet høyere oppe.

Hvis området syd for Kulturhuset skal anvendes til stillesittende aktivitet, hvor komfortgrensen er strengere (vindhastigheten ikke overskride 5,4 m/s i mere enn 1% av tiden), bør der innføres noen avbøtende tiltak for å sikre, at især vind fra den sydlige sektor, og til dels fra den nord/nordvestlige sektor, ikke gjør opphold altfor ubehagelig.

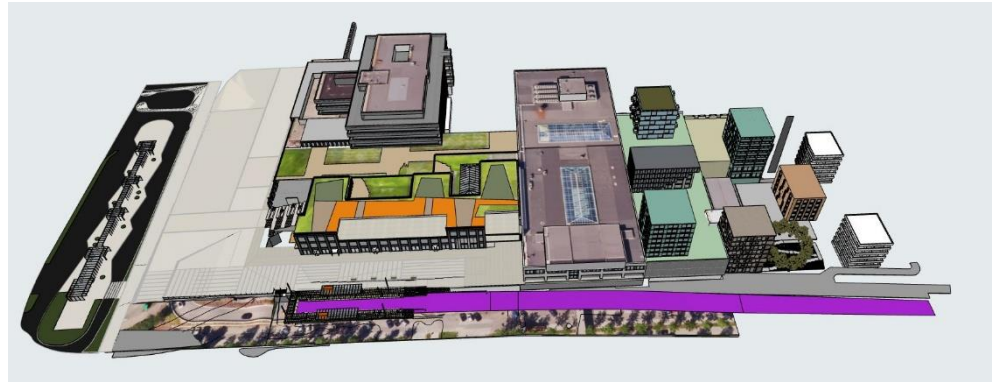
Noe av vindforsterkningen dannes ved Oasens sydfasade, ved at vinden fra syd møtes av den sydlige fasaden på Oasen og tvinges opp over fasaden, samt rundt fasaden mot vest. Vindforsterkningen kan også simpelthen skyldes, at området ligger relativt fritt (i hvert som modellert), og ikke har tatt med seg planlagte eller eksisterende bygninger som ligger sør for Oasen.

En reduksjon av hjørnebyggets høyde vil ha en liten effekt på vindhastigheten i området viser simuleringene. Vinden fra syd / syd øst vil møte en relativ høy bebyggelse på Oasen både i eksisterende situasjon og i planlagt situasjon som bør håndteres selv om det hjørnebygget etableres i full høyde. Tiltak på bakken for å dempe vinden har mye større effekt på komforten og gjør oppholdet her behagelig.

Derfor foreslås det, at avbøtende tiltak her overveiende utgjøres av le-givende tiltak, i form av f.eks. planter, hekk eller annen avskjermning. En meget stor del av den forringende vindkomfort syd for Kulturhuset virker til å skyldes vind fra sydlig retning, og en avskjermning mot syd kan derfor vise seg gunstig.

Beplanting er ofte å foretrekke frem for lukkede hekk, da det er bedre til å bryte vinden uten å danne baksidehvirvler, men samme effekt kan fås med porøse hekk eller avskjermning. Ofte kan forskjøvet le-tiltak også være gode.

Simuleringene viser dessuten, når vinden påsettes modellen fra SSØ, at der kan være noe vind langs sydfasaden av Oasen, som kanskje vil kunne være til en viss sjenanse for fotgjengere. Dog skal det påpekes at komfortkravet for gående er høyere (7,9 m/s) og dels at etablering av Bybanen nettopp langs med det mest utsatte sted vil kunne ha en vis le-givende effekt.



Figur 5.1 Plassering av Bybanen, lilla. Oasen: Dagens situasjon.

6 Referanser

/1/ Lawson, T. (2001). Building Aerodynamics. Imperial College Press.