



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Kathrinebjerg**

*Supplement til vindklima undersøgelse*

Rasmussen, Michael Robdrup; Nielsen, Jesper Ellerbæk

*Publication date:*  
2016

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Rasmussen, M. R., & Nielsen, J. E. (2016). *Kathrinebjerg: Supplement til vindklima undersøgelse*. Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg. DCE Technical reports Nr. 192

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

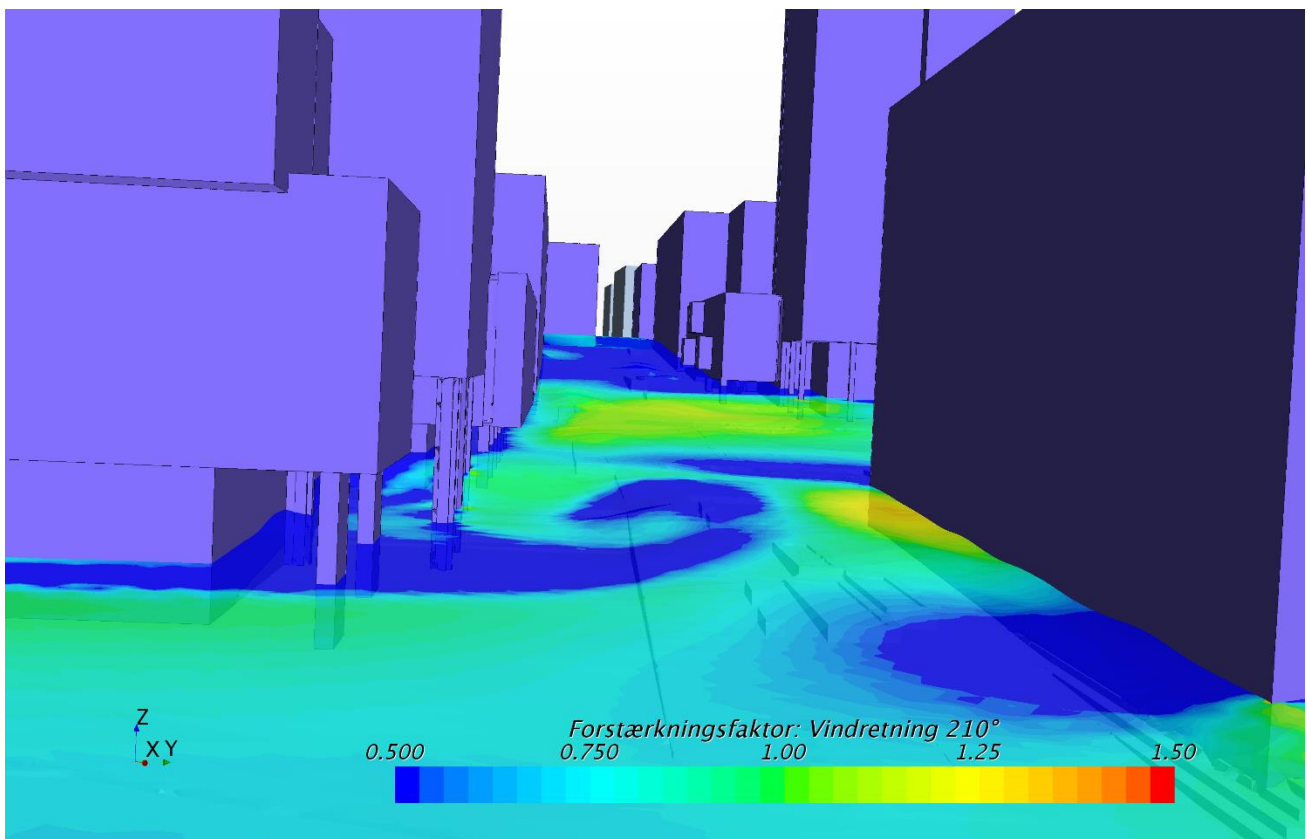
### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Kathrinebjerg

## Supplement til Vindklimaundersøgelse

Michael R. Rasmussen  
Jesper E. Nielsen



ISSN 1901-726X

DCE Technical Report No. 210



AALBORG UNIVERSITET

Aalborg Universitet Institut for Byggeri og Anlæg

Vand og Miljø

**DCE Technical Report No. 210**

## **Kathrinebjerg**

**Supplement til vindklimate undersøgelse**

Michael R. Rasmussen

Jesper E. Nielsen

Maj 2016

© Aalborg Universitet

## **Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg**

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2016 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sofiendalsvej 11  
DK-9200 Aalborg SV, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 210

# Indhold

<b>1 Indledning</b>	<b>5</b>
1.1 Indledning .....	5
<b>2 Resultater</b>	<b>6</b>
2.1 Faktaboks .....	6
2.2 Komfortkriteriet .....	7
2.3 Sikkerhedskriteriet .....	9
2.4 Fokusområde: Den centrale plads .....	10
<b>3 Hastighedsfordelinger</b>	<b>13</b>
3.1 Faktaboks: Hvordan læses hastighedsfordelinger? .....	13
3.2 Vindfordeling .....	14
<b>4 Konklusion</b>	<b>20</b>
<b>5 Anbefalinger</b>	<b>20</b>
<b>Litteratur</b>	<b>21</b>

# 1 Indledning

At analysere vindforhold om et eksisterende eller kommende byggeri kan tjene flere formål. Dels at afklare årsagen til eventuelt vindpåvirkede zoner og mulige tiltag til forbedring heraf, og dels at fastlægge om nye bygninger skaber forhold, der er ukomfortable eller direkte farlige. Ved vindundersøgelser foretaget ved Aalborg Universitet skelnes der mellem:

- Vindscreening
- Vindklimateanalyse.

En *vindscreening* er en overslagsberegning med det formål at identificere zoner hvor vinden enten er forstærket eller hvor der skabes gode læforhold. Metoden er et godt værktøj til planlægning af forskellige zoners brug, ligesom den kan give et billede af hvor der eventuelt er brug for afskærmning. Til beregningen benyttes en model med mindre udstrækning og med grovere opløsning end ved en vindklimateanalyse. Samtidig benyttes otte vindretninger med en forsimplet behandling af vindstatistikken.

En *vindklimateanalyse* har større fokus på, om komforten og sikkerheden i et område er overskredet i et større tidsrum, end det kan accepteres. For at svare på det, er der behov for en mere detaljeret og større model samt en mere detaljeret behandling af vindstatistikken. Ved en vindklimateanalyse regnes der med vind fra 12 forskellige retninger. Denne rapport er et supplement til vindklimateanalyse af Kathrinebjerg, 2015.

Undersøgelsen fandt at den østlige del af det gennemgående strøg, som deler området i nord/syd, påvirkes af vind i klasse D. Det betyder at det ikke er komfortabelt at sidde langs denne del af strøget, mens man godt kan gå igennem området. På samme strøg er der et område hvor vinden ved det vestlige højhus er kraftig. Den holder sig i det sikre område af skalaen.

Formålet med denne supplerende undersøgelse er at fokusere på pladsen mellem højhusene som tænkes brugt aktivt. Til det formål er der brugt den seneste geometriske model, hvor der er lavet mindre ændringer i placering og udseende af enkelte bygninger og der er lagt vægt på at beskrive terrænelementer og underskæring af bygninger med søjler. Ligeledes er der brugt et finere beregningsnet i dette område sammenlignet med den oprindelige beregning.

## 2 Resultater

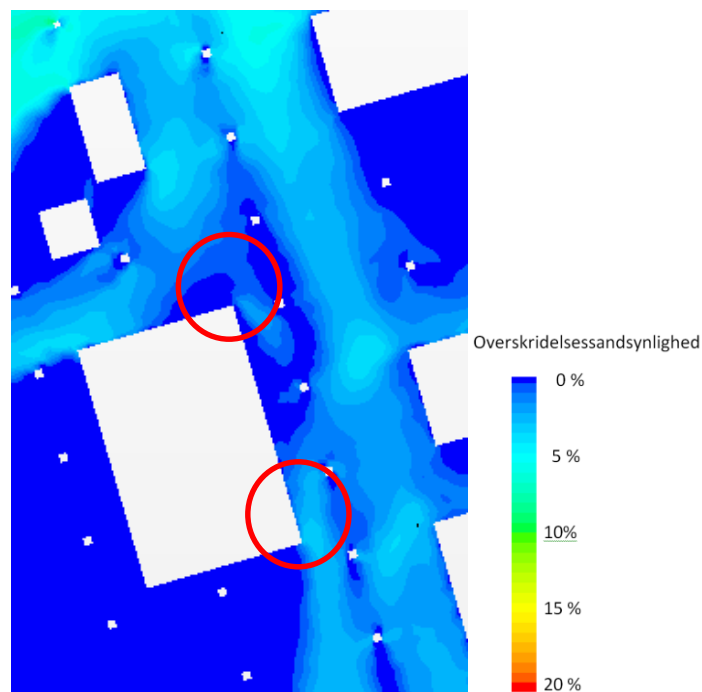
Det undersøges først om de generelle komfortniveauer er overskredet i forhold til de planlagte aktiviteter. Figur 3.1 angiver overskridelsessandsynligheden for komfortabel vind og skal sammenlignes med tabel 1.

### 2.1 FAKTABOKS

#### *Hvordan skal man læse overskridelsessandsynligheder?*

Overskridelsessandsynligheder fremkommer ved at studere beregningspunkter omkring bygningen. Disse punkter er udvalgt således at de befinder sig 1,7 meter over overfladen. I denne analyse er der undersøgt 480.000 punkter omkring bygningen. I hvert punkt betragter man vindhastigheden fra hver af de 12 undersøgte vindretninger. For hver retning beregnes hvor lang tid vindhastigheden er overskredet i forhold til det undersøgte komfortniveau (f.eks. 6 m/s). Da det ikke blæser lige hyppigt fra alle retninger multiplicerer man overskridelse tiden med hyppigheden for hver retning. Lægges resultaterne sammen fra alle regninger fås den årlige overskridelsessandsynlighed (i %) og dette afbildes som en farve i hvert analysepunkt. Overskridelsessandsynligheden er derfor ikke situationen i én vindretning men det samlede billede hen over året. Man kan derfor både opleve meget kraftige og meget svage vindhastigheder i de fleste områder, men hyppigheden af disse vindhastigheder vil variere.

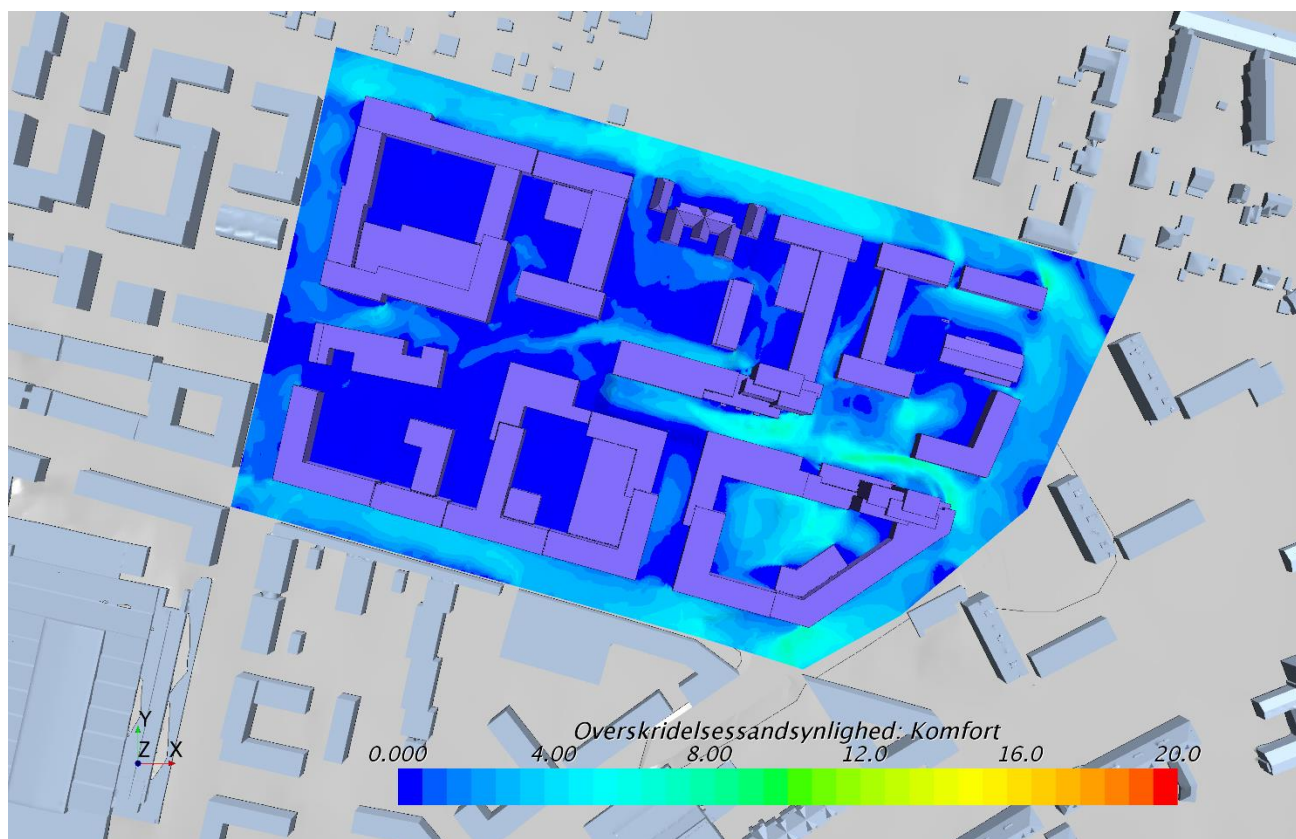
Betragtes f. eks. 2 hjørnepunkter (røde cirkler) omkring en bygning får man flg. figur:



Man kan ud fra farveskalaen se at overskridelsessandsynligheden for komfort ligger under 5 %, hvilket placerer det i niveau A eller B (tabel 1). Dette er fuldt acceptabelt til denne form for aktivitet.

## 2.2 Komfortniveauer omkring Kathrinebjerg

### Komfortniveauer



**Figur 2.1** Komfortniveauer (%)

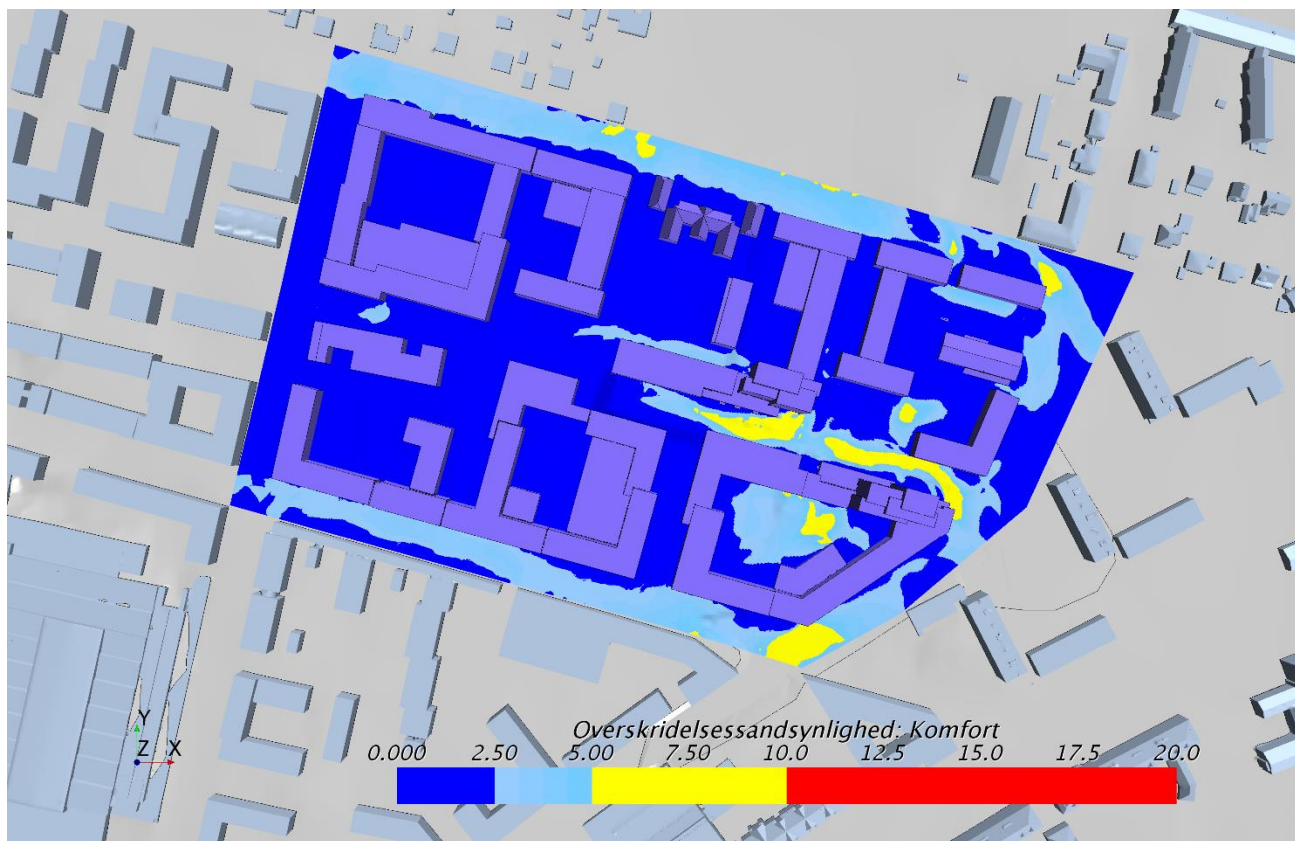
Det ses ud fra figur 2.1 at overskridelsessandsynligheden generelt ligger på 0 - 10% hvilket placeret område mellem niveau A og C, jf. tabel 1. Dette stemmer godt overens med den oprindelige beregning fra 2015

**Tabel 1** Inddeling af klasser for komforten i et givent område efter overskridelses-sandsynlighed (%) i den hollandske vindkomfortnorm (efter Blocken og Persoon 2009).

Aktivitet	Hurtig gang	Spadsere	Sidde
<2.5	A	God	God
2.5-5.0	B	God	Moderat
5.0-10.0	C	God	Dårlig
10-20	D	Moderat	Dårlig
>20	E	Dårlig	Dårlig



Kombineres figur 2.1 og tabel 1 fås et billede af vindkomforten der er nemmere at fortolke direkte.



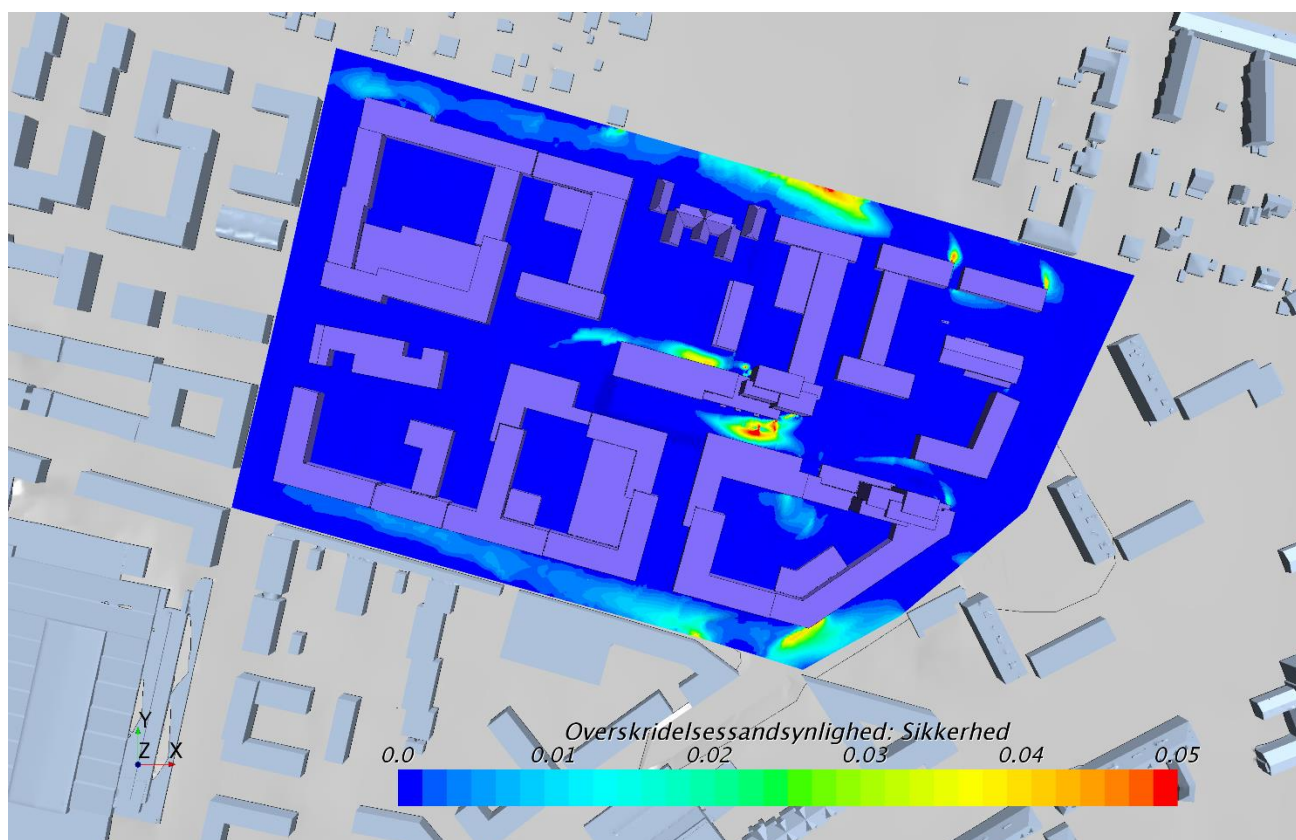
**Figur 2.2** Komfortniveauer inddelt efter (Blocken og Persoon 2009), tabel 1

Som det kan ses er de mørkeblå og lyseblå områder steder hvor man enten ligger i niveau A (bedst) eller B (næstbedst). De gule områder er hvor der kan være et dårligt komfortniveau for siddende ophold.

Den primære årsag til forringet komfortniveau i det gennemgående strøg er det vestlige højhus i kombination med at strøget er åbent hele vejen igennem

## 2.3 Sikkerhedsniveauer omkring Kathrinebjerg

### Sikkerhedsniveauer



**Figur 2.3** Sikkerhedsniveauer (%).

Der er generelt ikke de store afvigelser fra den oprindelige beregning. Mønstret er en smule mere detaljeret, men niveauerne er ikke højere end tidligere og ligger i området for sikkert vindklima, jf. tabel 2.

**Tabel 2** Oversigt over niveauer for sikkerhedsklasser efter overskridelsessandsynligheder (%) i den hollandske vindkomfortnorm (efter Blocken og Persoon, 2009).

Sikkert	Begrænset sikkerhed	Usikkert
<0.05 %	0.05 % – 0.3 %	>0.3 %

Der er en mindre udfordring omkring det vestlige højhus, hvor vinden accelerer rundt om bygningen. Dette giver højere vindhastigheder på strøget ved bygningens sydlige del. Udbredelsen af områder med højere værdier af overskridelsessandsynligheder er mindre en når man sammenligner med komfort beregningen.

## 2.4 Fokusområde: Den centrale plads

Der er i dette supplement fokuseret på pladsen mellem de to højhuse. Det er planen at der kan gennemføres forskellige aktiviteter, som kræver et acceptabelt vindklima.



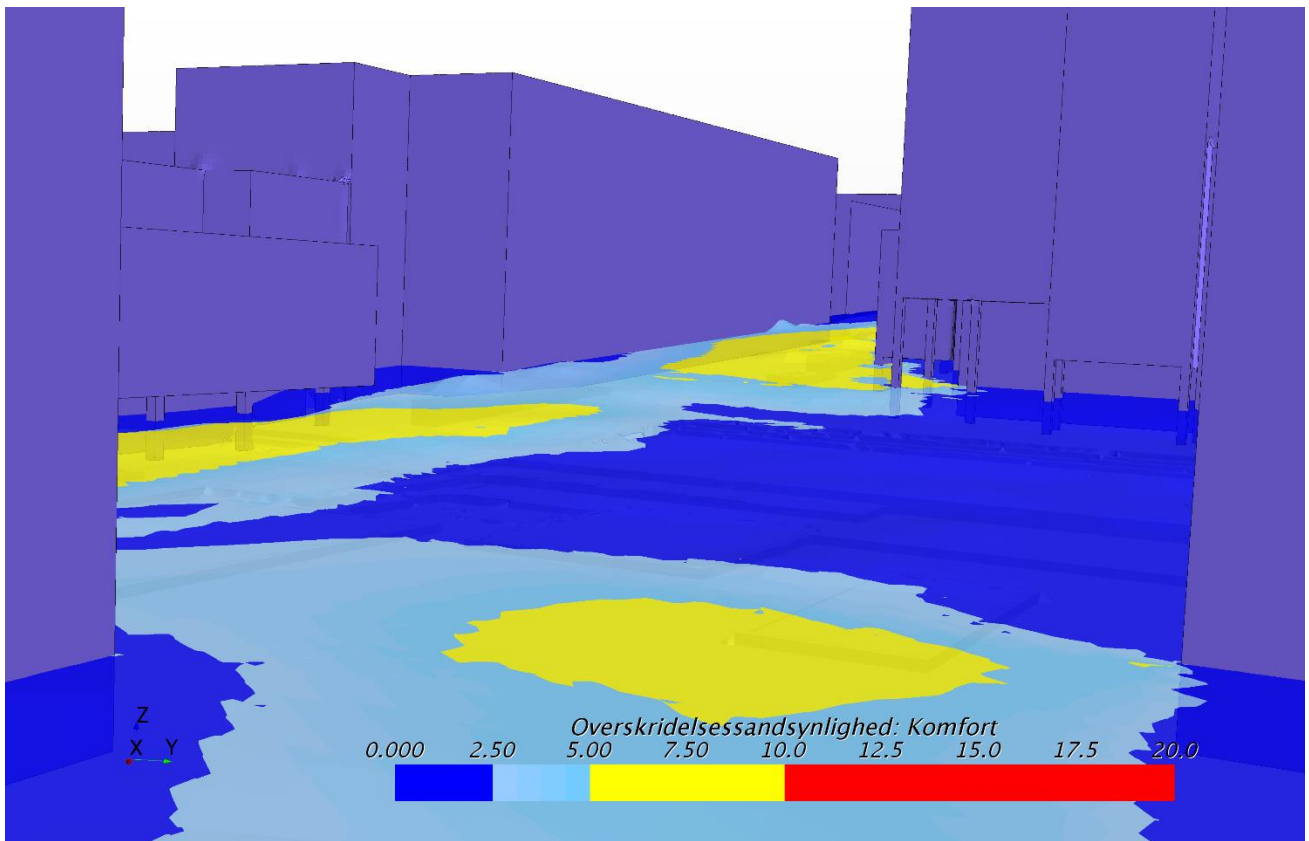
**Figur 2.4** Synsretninger angivet med figur nummer

Figur 2.5 til 2.8 viser komfortniveauerne fra de forskellige synsvinkler vist i figur 2.4. Det ses tydeligt at specielt er det gennemgående strøg som er vindeksponeret, hvor man godt kan bevæge sig gennem, men hvor stillesiddende ophold kan være dårligt. Samme situation ses på et område ved det nordøstlige hjørne af pladsen.

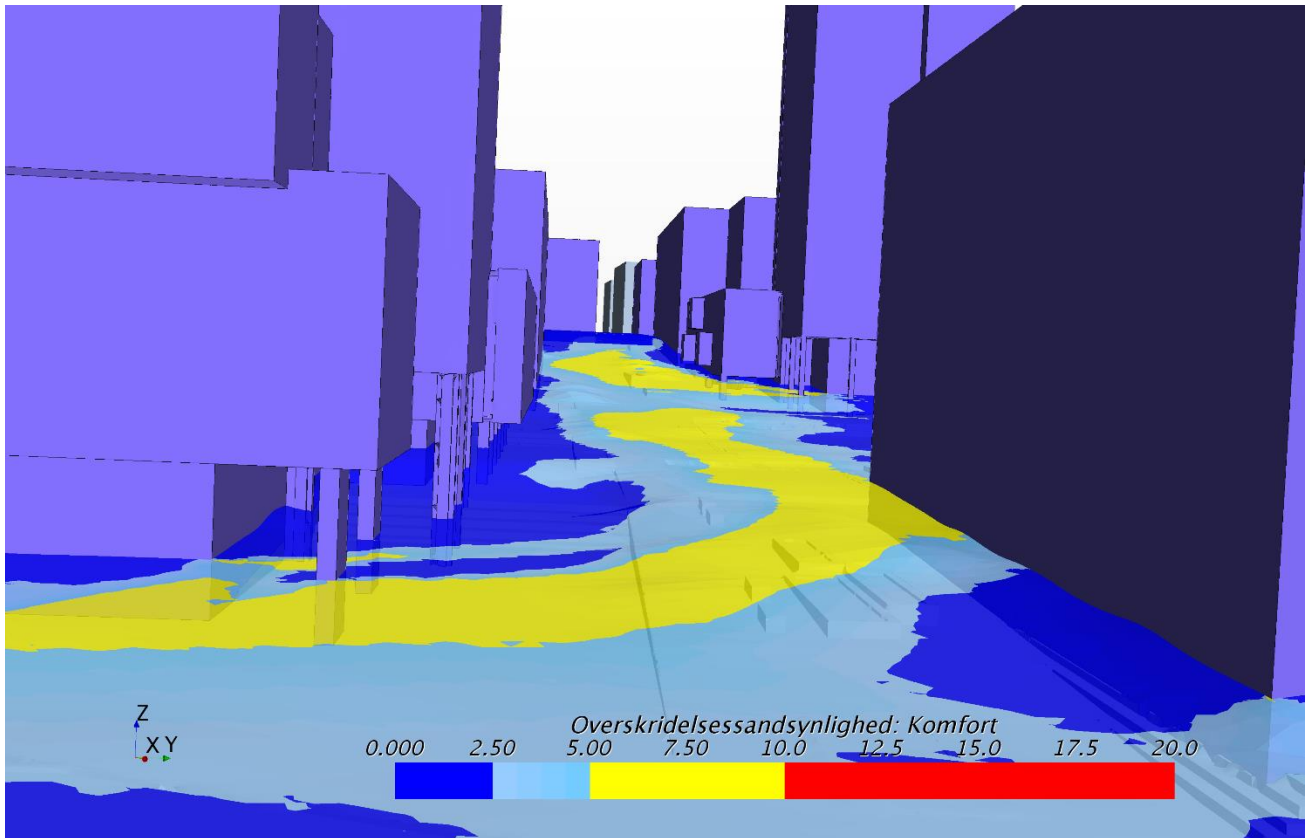
Generelt ligger komfortniveauet på selve pladsen acceptabelt for store dele af området. Sammenlignes dette med vindforstærkningerne i de 12 hovedretninger i beregningen (figur 3.1 – 3.12) ses det at de mindre komfortable vindforhold ikke optræder ved alle vindretninger. Belastningen på selve pladsen er størst i vindretninger fra sydsydøst til vest (figur 3.8 -3.10), som forekommer i ca. 25% af tiden i løbet af året.

Området i den nordøstlige del af pladsen åbner for en vindretning der påvirker pladsen. Hvis området mellem de 2 bygninger (angivet som 2.5 i figur 2.4) beplantes med forskellige planter og træer kan noget af denne vindpassage dæmpes gennem dette område.

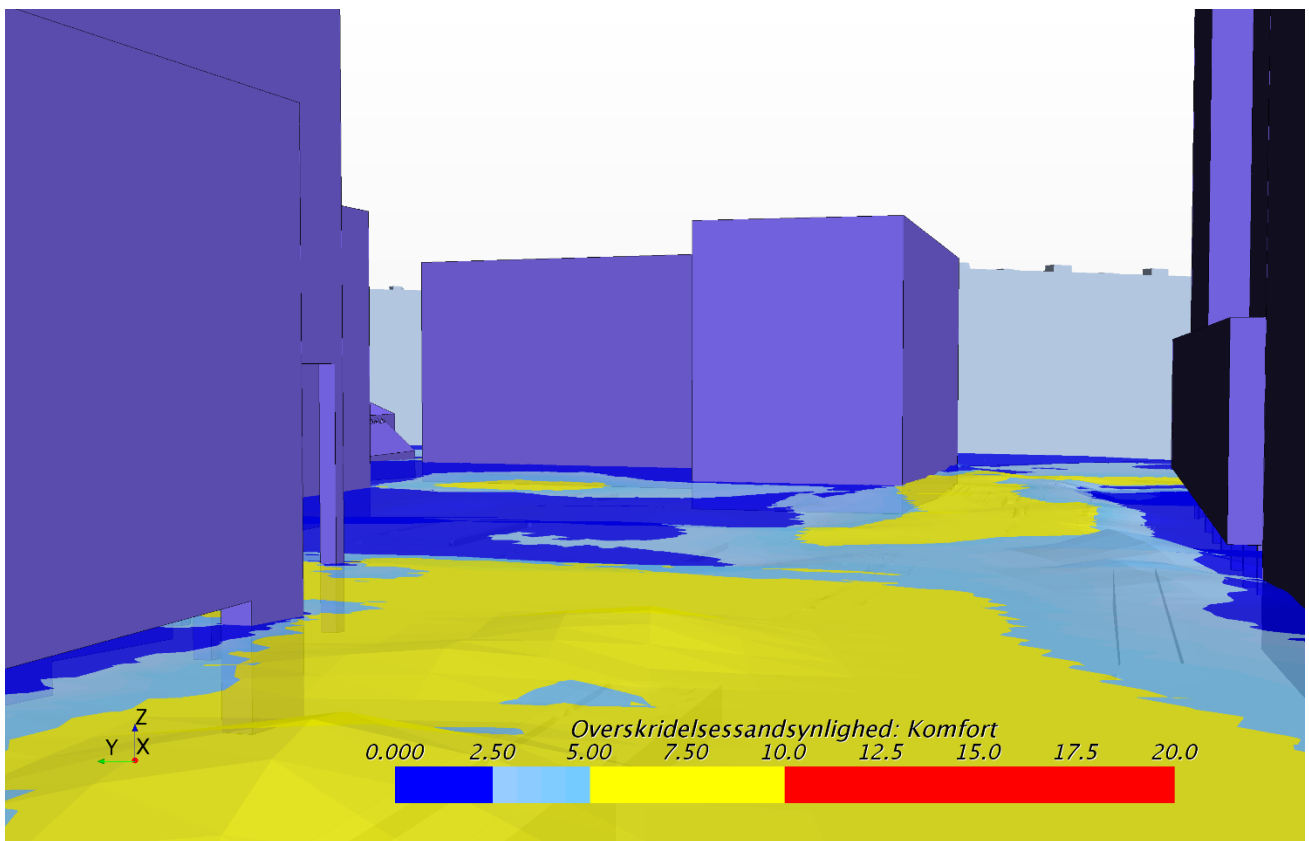
Det er svært at forestille sig at den del af pladsen, som udgøres af strøget, som kan ses i figur 2.6, kan dæmpes meget mere uden at lave fundamentale ændringer i områdets udtryk. Den lange sigtelinje gennem området vil forsvinde, hvis man beplanter strøget kraftigt.



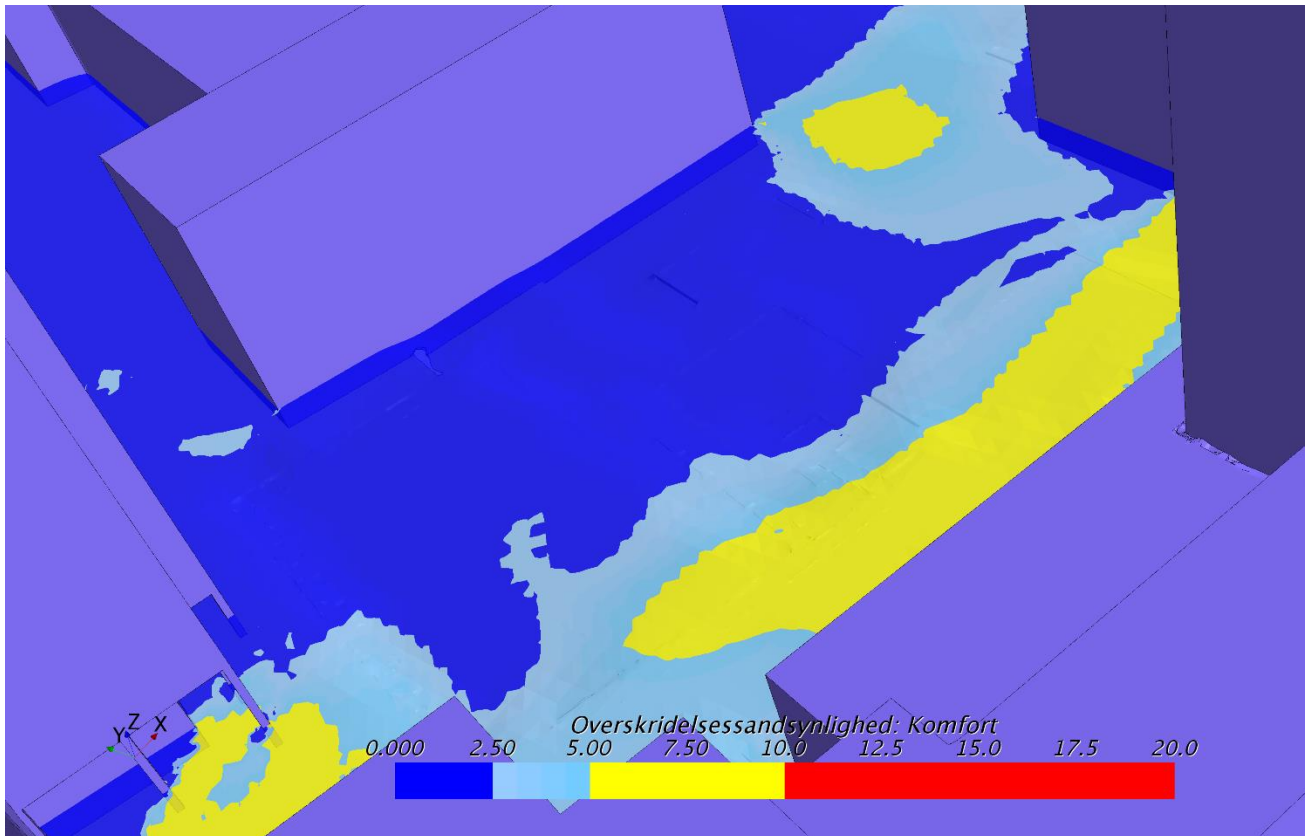
**Figur 2.5** Komfortniveauer på pladsen set fra Nordøst.



**Figur 2.6** Komfortniveauer på pladsen set fra Øst.



**Figur 2.7** Komfortniveauer på pladsen set fra Vest.



**Figur 2.8** Komfortniveauer på pladsen set fra syd vest.

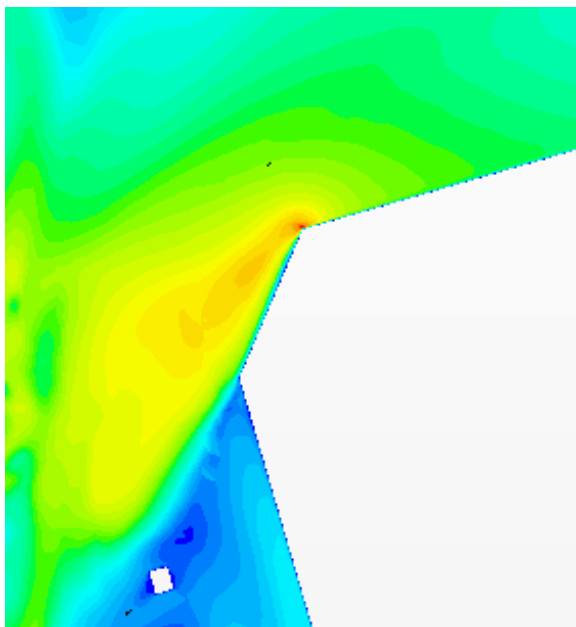
# 3 Hastighedsfordelinger

## 3.1 FAKTABOKS

### *Hvordan skal man læse forstærkningsfaktor?*

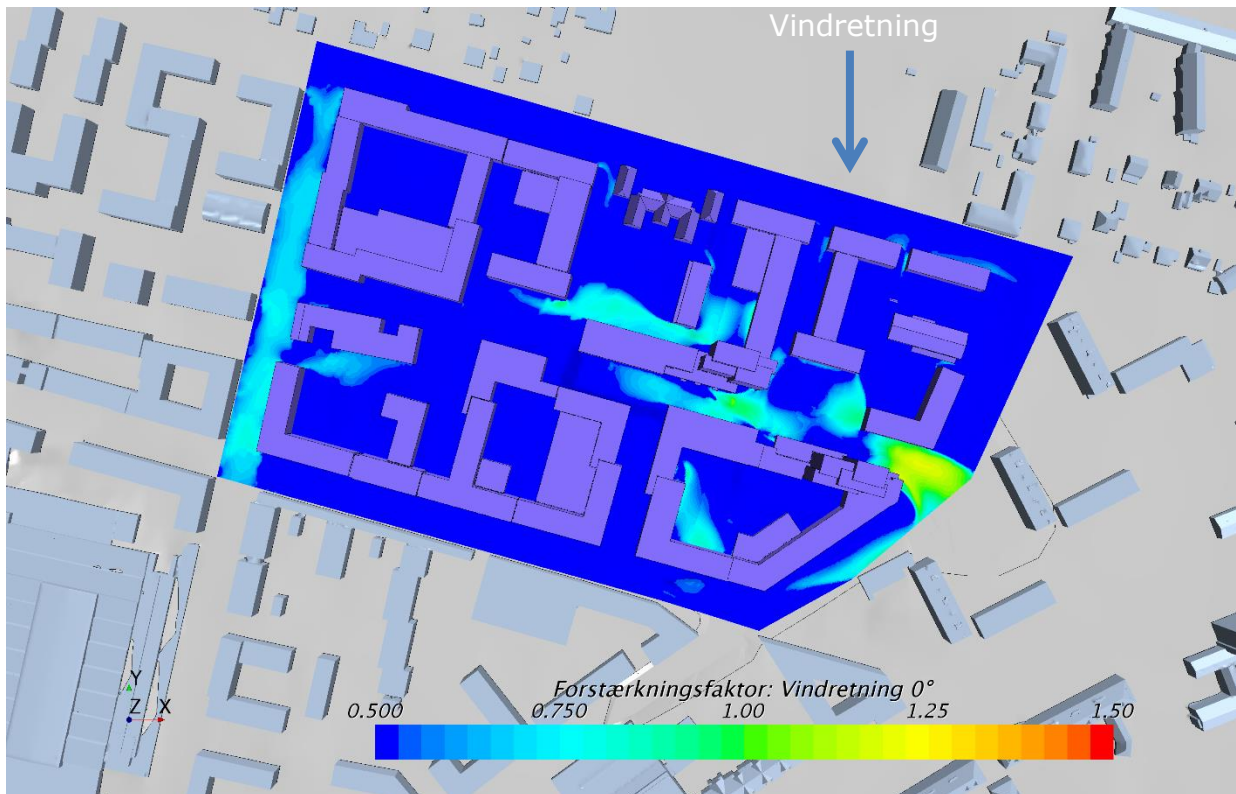
For at illustrere hvordan vinden virker på bygningen fra forskellige retninger er strømningshastigheden vist i et niveau der svarer til 1,7 meter over jord- eller terrasseniveau. Beregningerne er gennemført med en vindhastighed på 10 m/s i 10 meters højde. Herefter er den beregnede vindhastighed sat i forhold til denne referencehastighed. Dvs. at når der er en forstærkningsfaktor på f.eks. 1.25 vil det svare til en vindhastighed på 12,5 m/s. Havde de kun blæst 6 m/s vil hastigheden her således være 7,5 m/s på fodgængerniveau.

Betragtes f.eks. et bygningshjørne kan man se at hastigheden er meget stor lige i hjørnet.

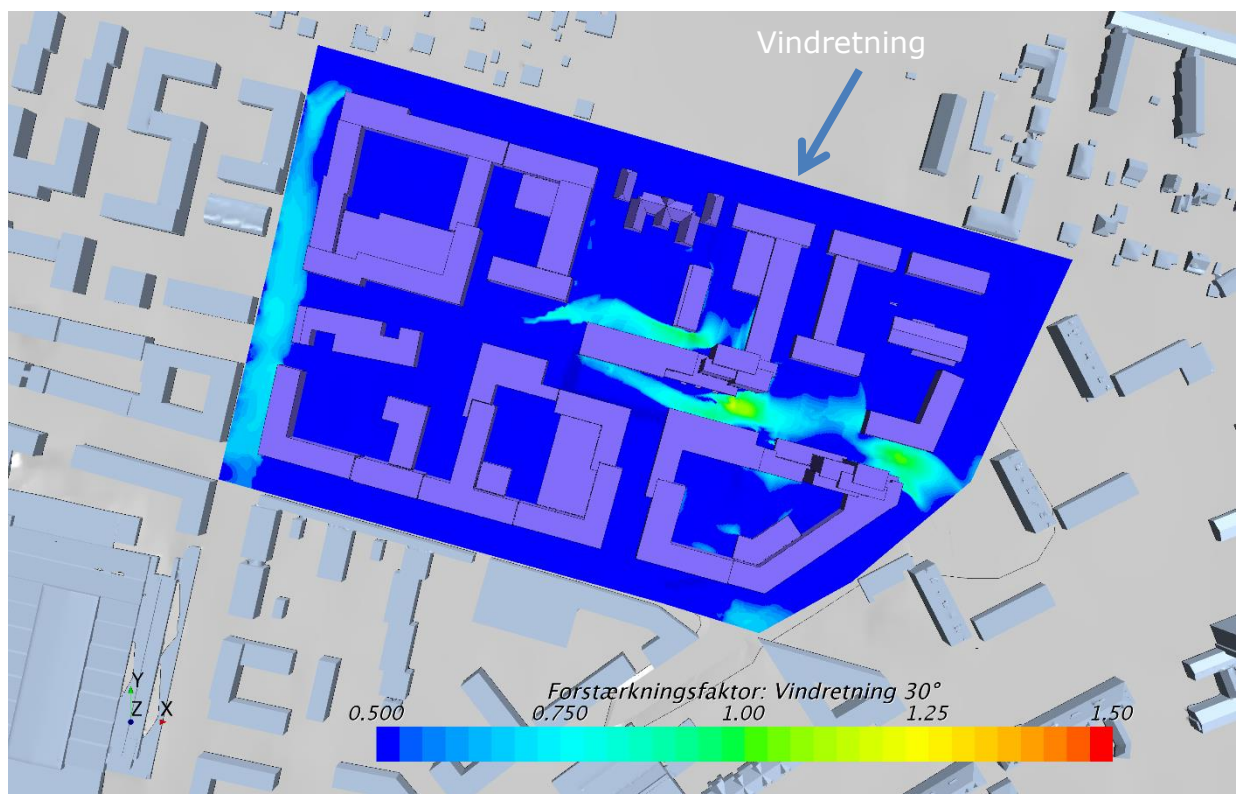


Faktisk kan man se, at fra denne vindretning bliver hastigheden ved hjørnet ca. dobbelt så høj som vinden væk fra bygningen i samme højde. Hastigheden bliver dermed forstærket med en faktor 2 i denne vindretning.

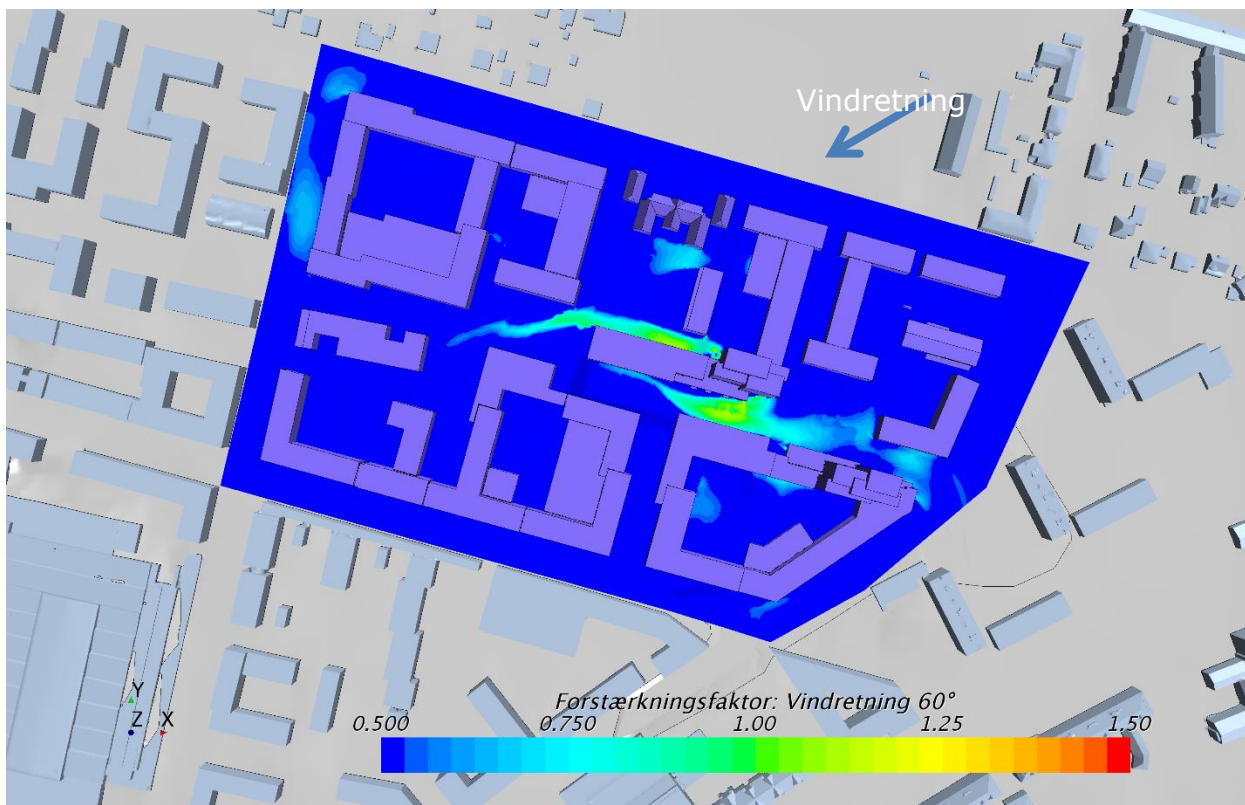
## 3.2 Vindfordeling



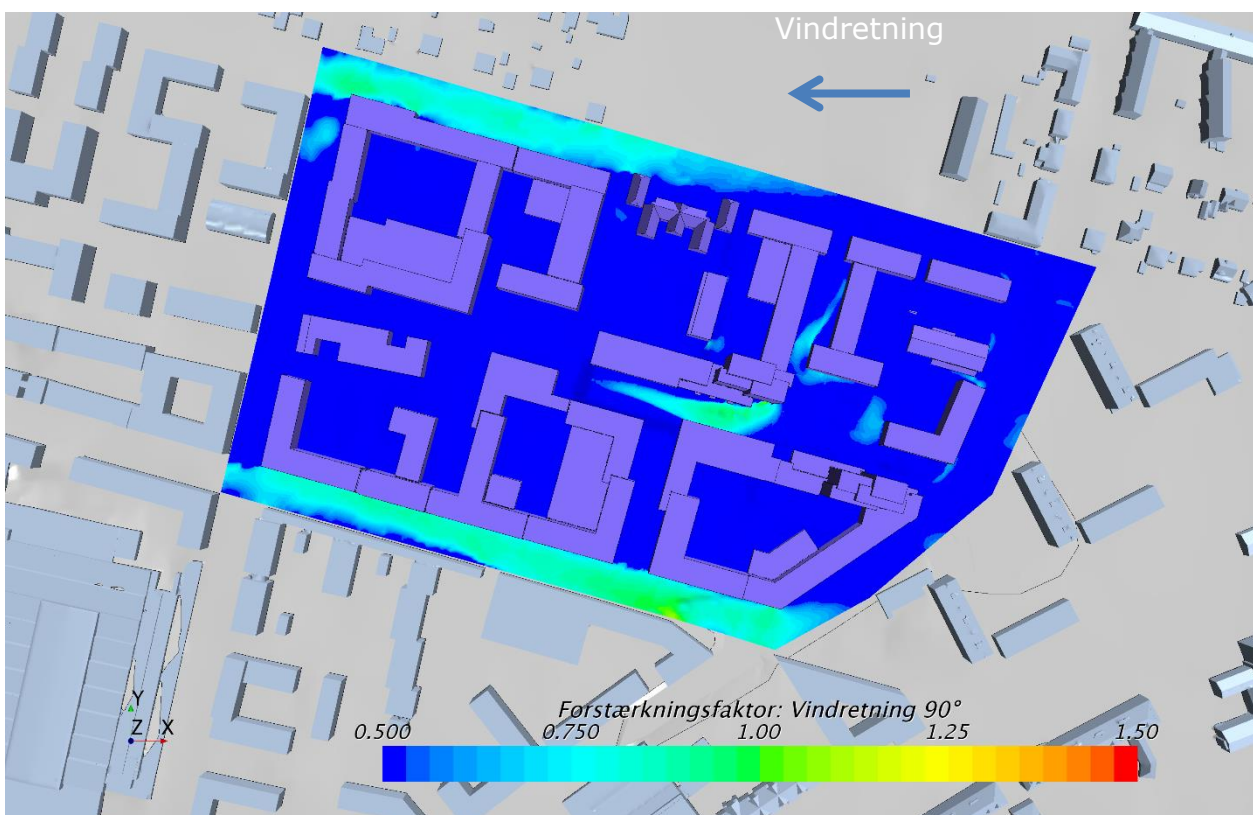
**Figur 3.1** Vindhastigheder ved vindretning 0°.



**Figur 3.2** Vindhastigheder ved vindretning 30°.

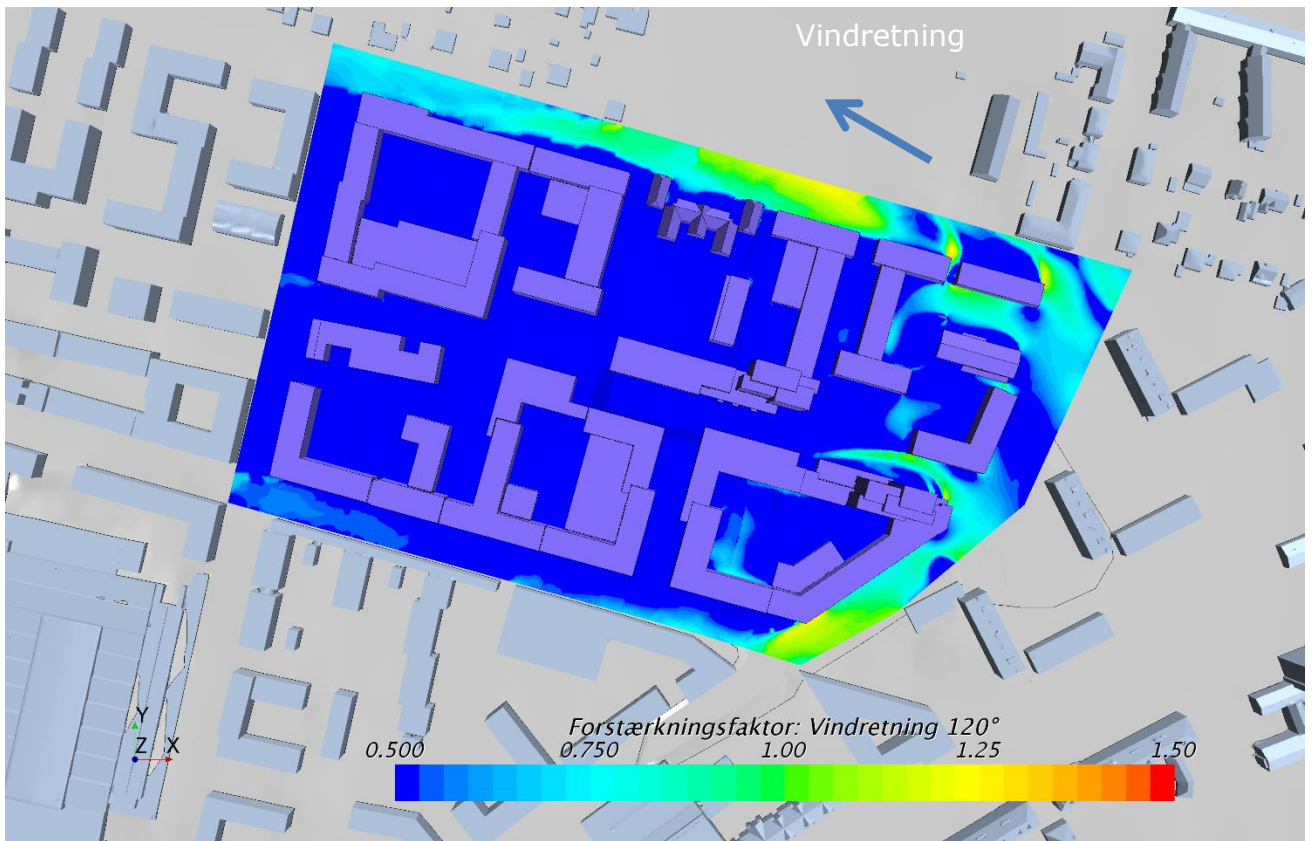


**Figur 3.3** Vindhastigheder ved vindretning 60°.

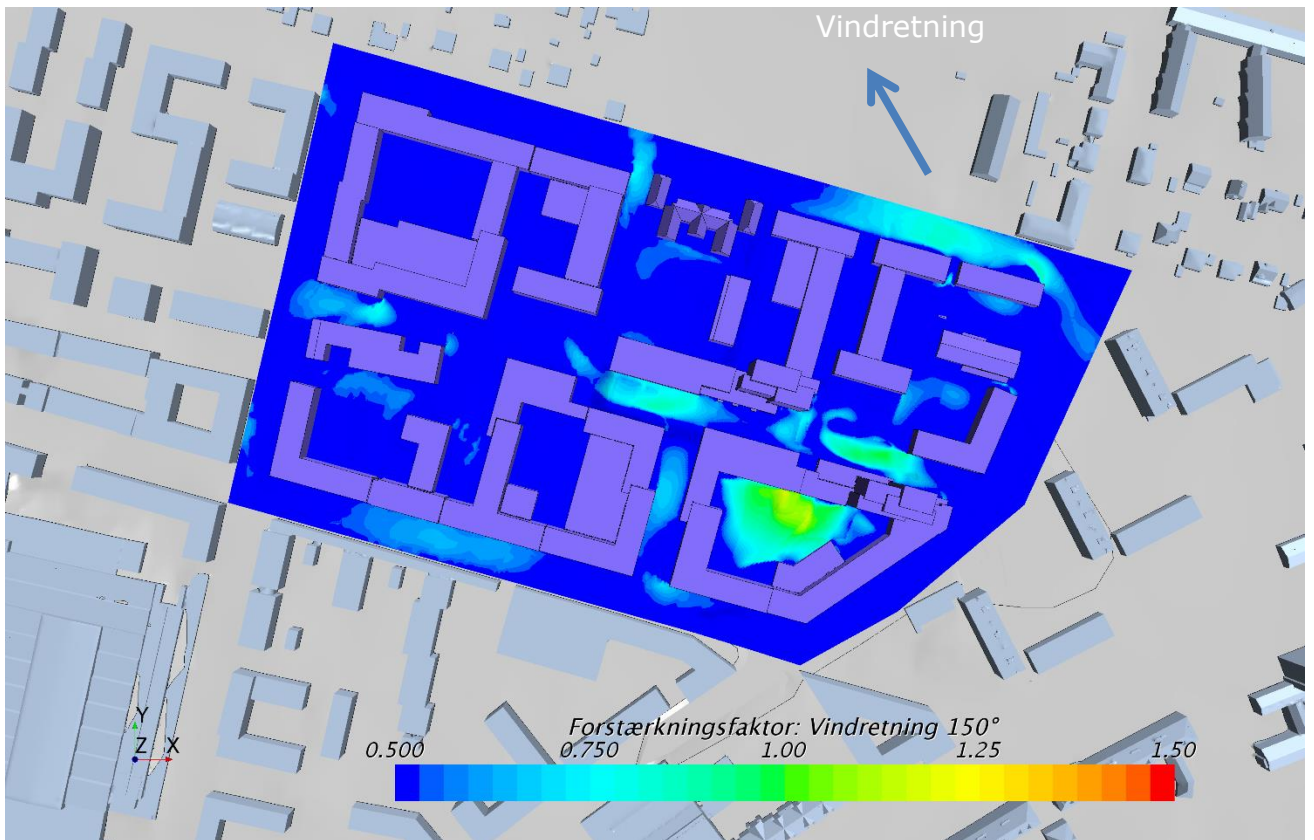


**Figur 3.4** Vindhastigheder ved vindretning 90° (Østlig vind).

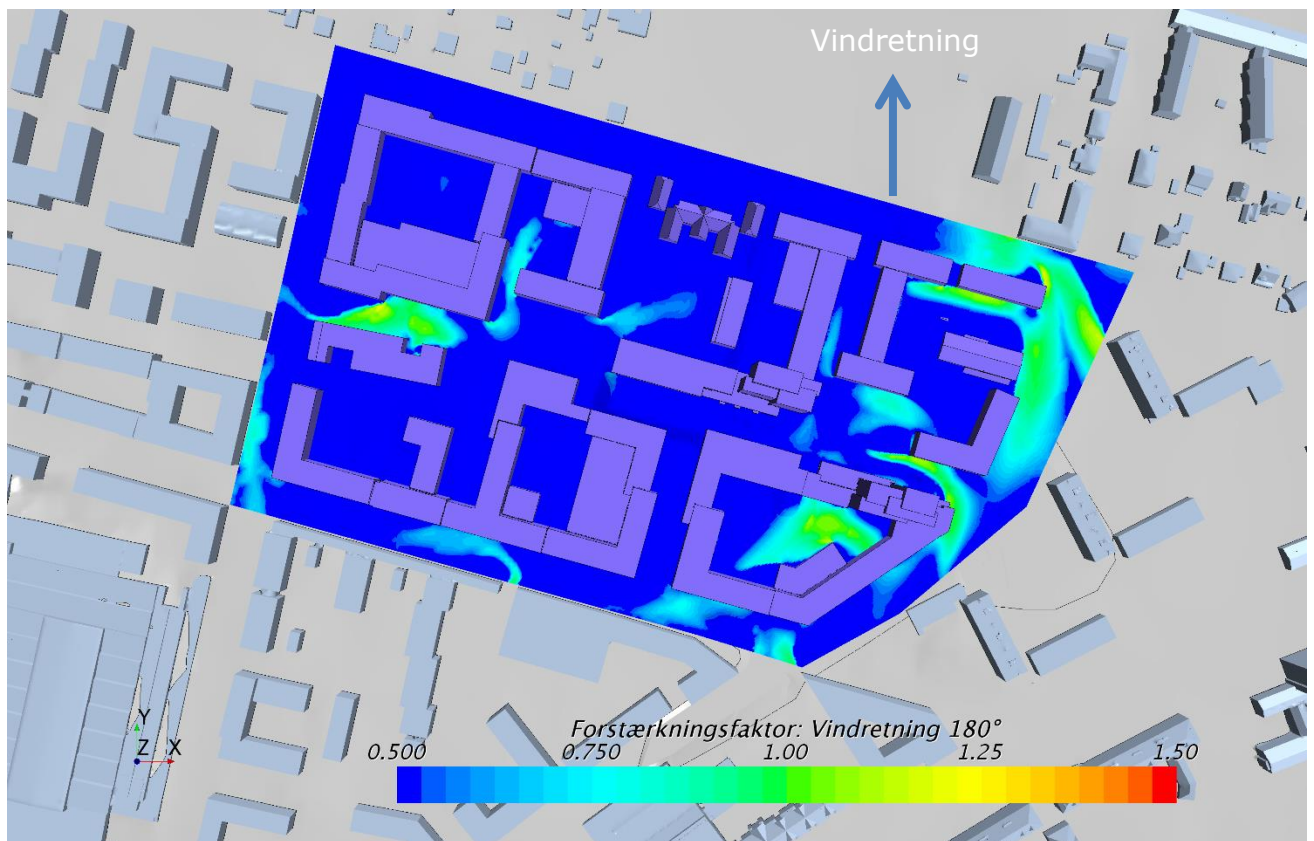




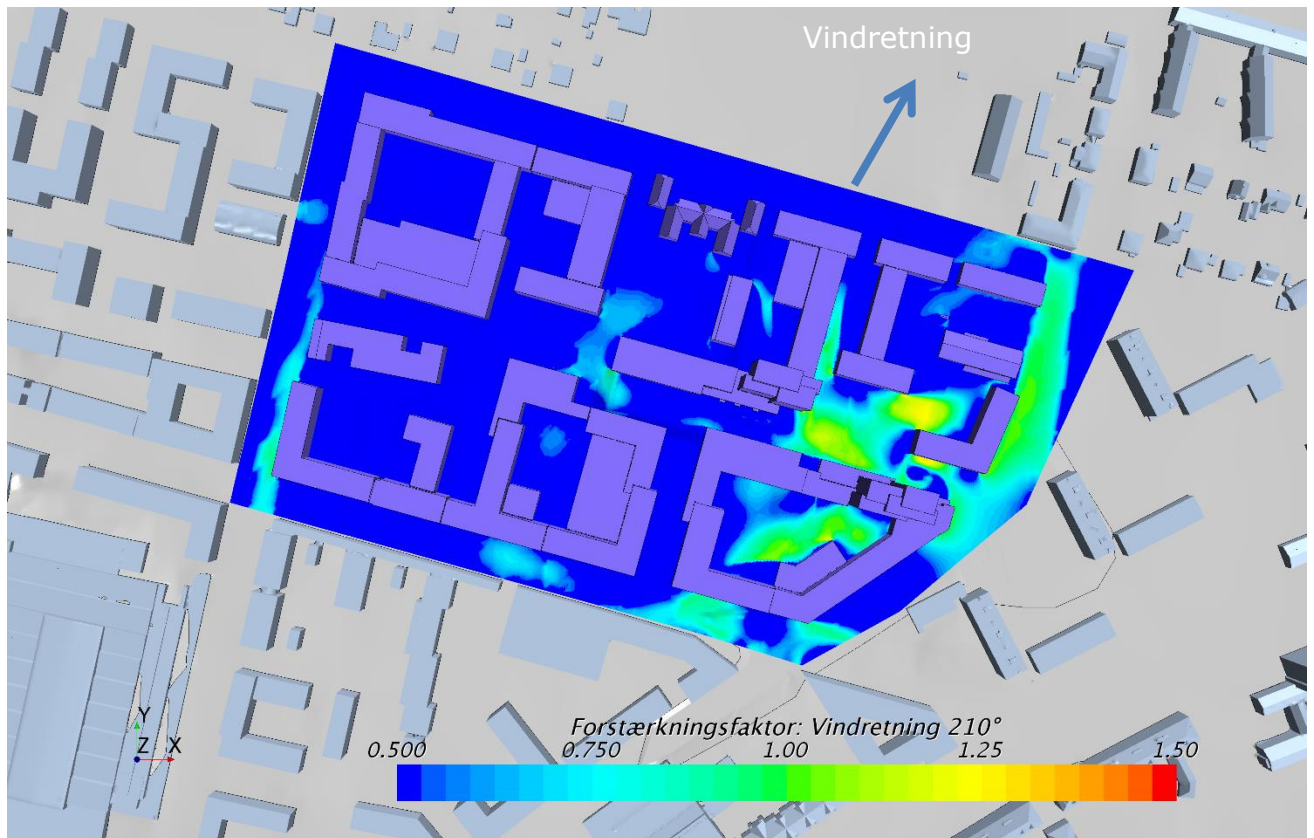
**Figur 3.5** Vindhastigheder ved vindretning 120°.



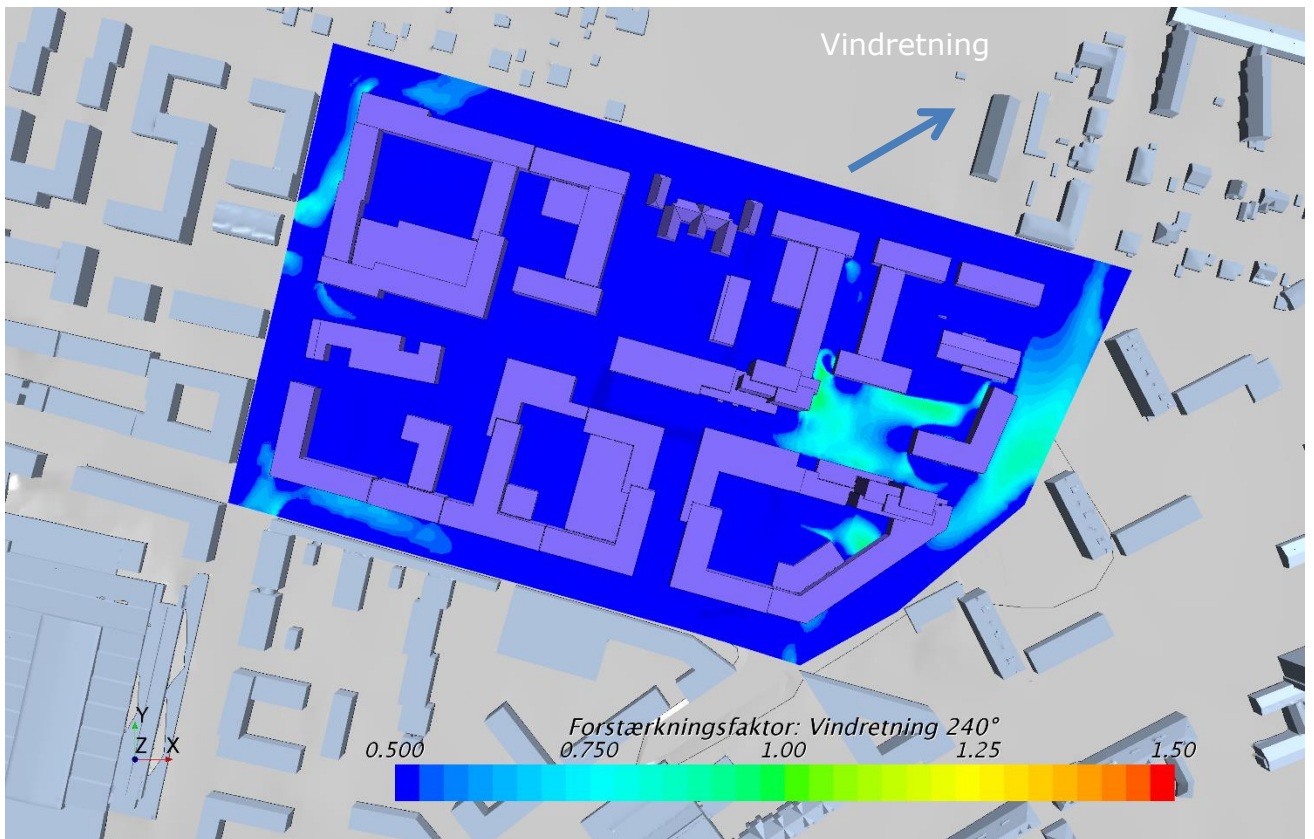
**Figur 3.6** Vindhastigheder ved vindretning 150°.



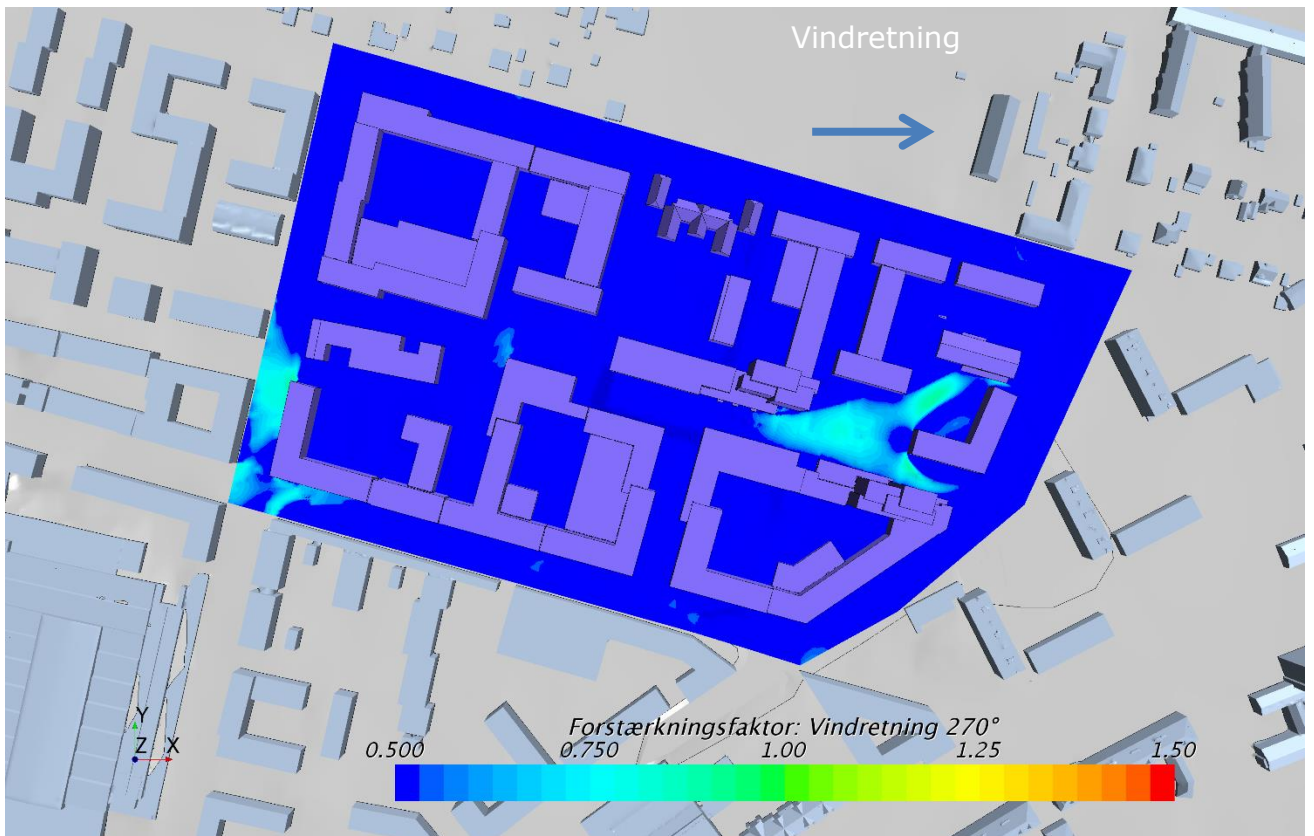
**Figur 3.7** Vindhastigheder ved vindretning 180° (Sydlig vind).



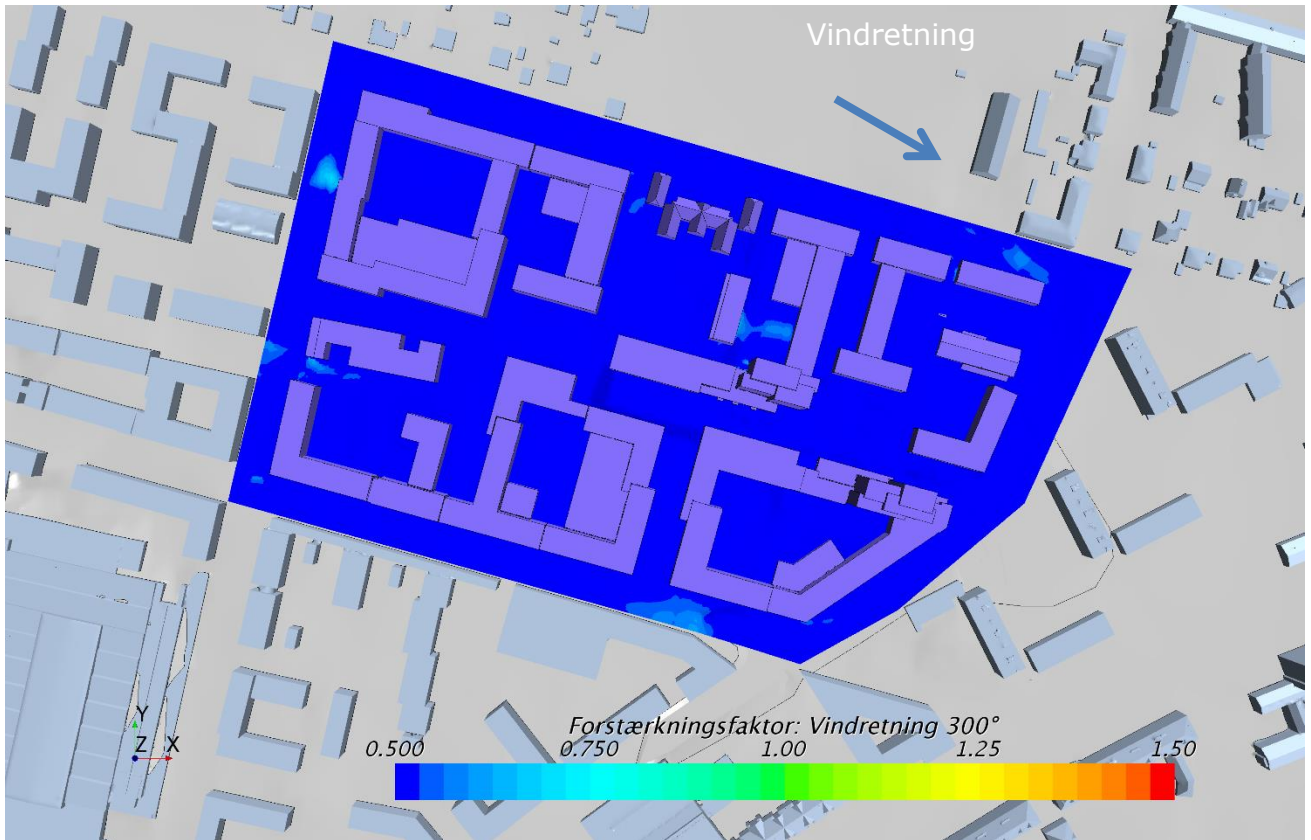
**Figur 3.8** Vindhastigheder ved vindretning 210°.



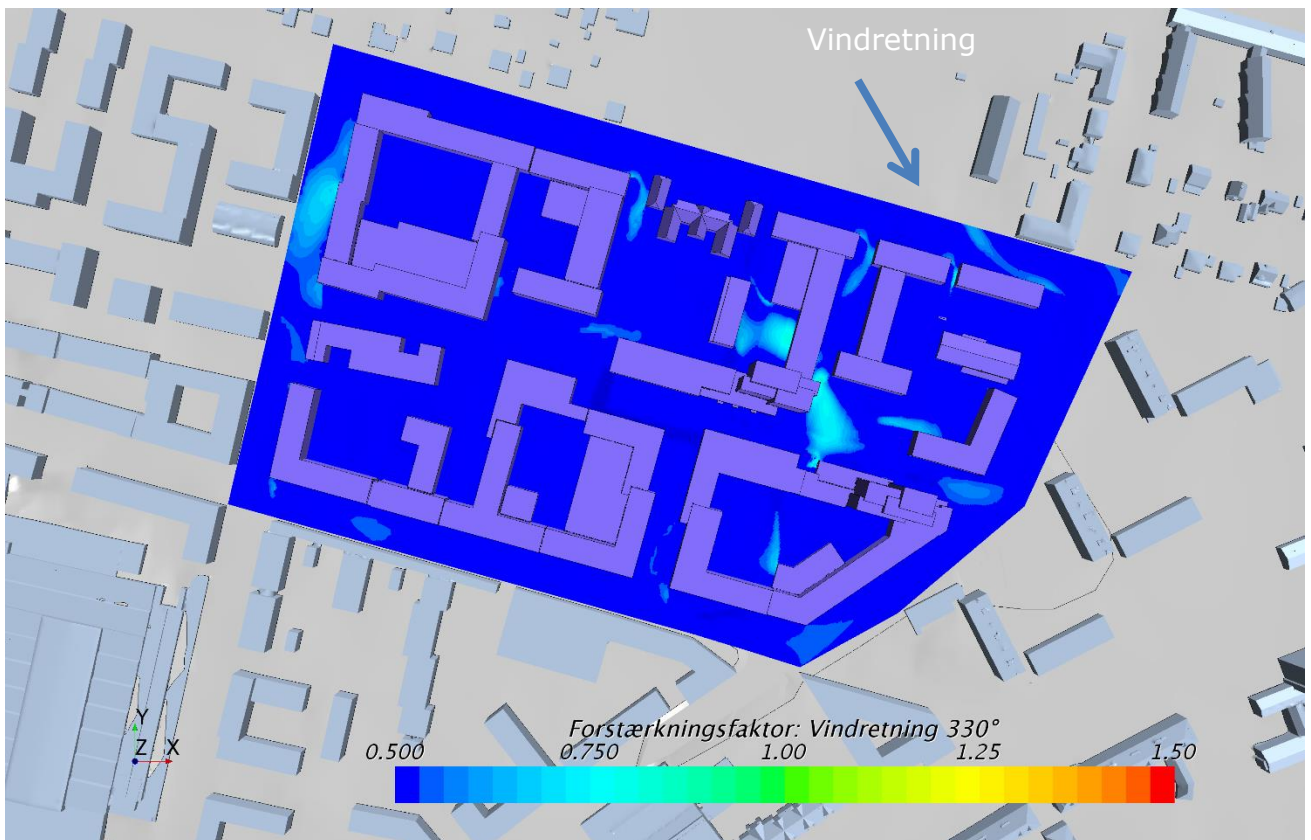
**Figur 3.9** Vindhastigheder ved vindretning 240°.



**Figur 3.10** Vindhastigheder ved vindretning 270° (Vestlig vind).



**Figur 3.11** Vindhastigheder ved vindretning 300°.



**Figur 3.12** Vindhastigheder ved vindretning 330°.

## 4 Konklusion

- *Der er generelt acceptable komfortforhold omkring bygningerne og i bygningernes indre områder.*
- *Sikkerheden for området er generelt meget tilfredsstillende. Hele området ligger på eller under niveau for det sikreste vindklima. De kraftigst påvirkede område er foran det centrale højhus. Her kan vinden være grænsende til begrænset sikkerhed. Der kan med den anvendte metode dog ikke påvises at der er begrænset sikkerhed.*
- *De langsgående veje udenfor og gennem området er medvirkende årsag til forøgede vindhastigheder. Det vil typisk optræde ved østlige vindretninger, som er relativt sjældne og ofte ikke kraftige.*

*Samlet set vurderes vindforholdene til at være acceptable.*

I dette supplement er der kommet frem til samme grundlæggende konklusion. Dog kan tilføjes at den del af pladsen der ligger I den oprindelige vindrapport blev der konkluderet:

*Kathrinebjerg komplekset ligger i et allerede bebygget område. Det 2 nye højhuse vil fremstå som karakteristiske elementer i området. De påvirker også det lokale vindmiljø tæt på højhusene.*

*Det kan konkluderes med baggrund i de foreliggende beregninger:*

uden for hovedstrøget ikke er belastet. Eneste undtagelse er det nordøstlige hjørne hvor vinden kan slippe igennem mellem bygningerne.

## 5 Anbefalinger

Det kan anbefales at der arbejdes med beplantning i det nordøstlige del af pladsen for at mindske vinden mellem de 2 bygninger der omkranser pladsen. Dette vil sænke vindhastighederne på denne del af pladsen og generelt forbedre komforten på pladsen.

# Litteratur

Blocken, B. og J. Persoon (2009). „Pedestrian wind comfort around a large football stadium in an urban environment: CFD simulation, validation and application of the new Dutch wind nuisance standard“. I: Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 97.5-6, s. 255 –270.