

VINDMILJØVURDERING FOR COOPBYEN MASTERPLAN FAGNOTAT

Projekt navn **Coopbyen Masterplan**
Projekt nr. **1100042653**
Kunde **Coop Danmark A/S**
Dokumenttype **Fagnotat**
Version **0**
Dato **10-06-2020**
Til **Coop Danmark A/S**
Udarbejdet af **Christian Matthes Nørgaard, Rambøll**
Kontrolleret af **Daniel Plenser, Rambøll**
Godkendt af **Søren Randrup-Thomsen, Rambøll**

INDHOLD

1.	Indledning	2
1.1	Vindmiljø i bebyggede områder	2
2.	Metode	3
2.1	Bestemmelse af lokale vindstrømninger	3
2.2	Bestemmelse af fodgænger komfort og sikkerhed	3
3.	Eksisterende forhold	4
4.	Vurdering af Masterplanens miljøpåvirkning	6
4.1	Lokale vindstrømninger	6
4.2	Lokal vindkomfort og -sikkerhed	12
4.3	Vurdering af behov for afværgeforanstaltninger	14
5.	Konklusion	15
	Appendiks A: Anvendt metode for CFD	16
	Geometri og beregningsnet	16
	Randbetingelser og modeller	17
	Randbetingelser	17
	Anvendte modeller	19

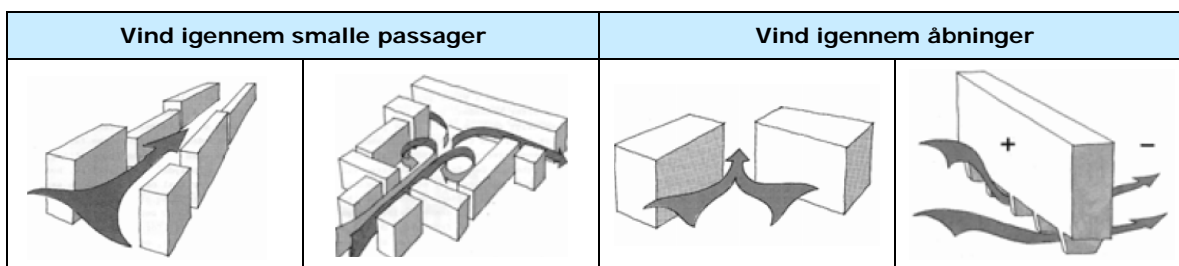
1. Indledning

Dette notat har til formål at belyse vindforholdene ved en byudvikling af Coopbyen, som beskrevet i Coopbyen Masterplan 11.05.2020. Planområdet er beliggende i Albertslund mellem Roskildevej mod nord og S-togs banelegemet mod syd. Vallensbæk Torvevej skærer igennem masterplanområdet og deler det i to. Den planlagte nye bebyggelse kommer til at bestå af bygninger i varierende højder (både etagehuse og rækkehuse). Dele af områdets nuværende bebyggelse bevares med masterplanen.

1.1 Vindmiljø i bebyggede områder

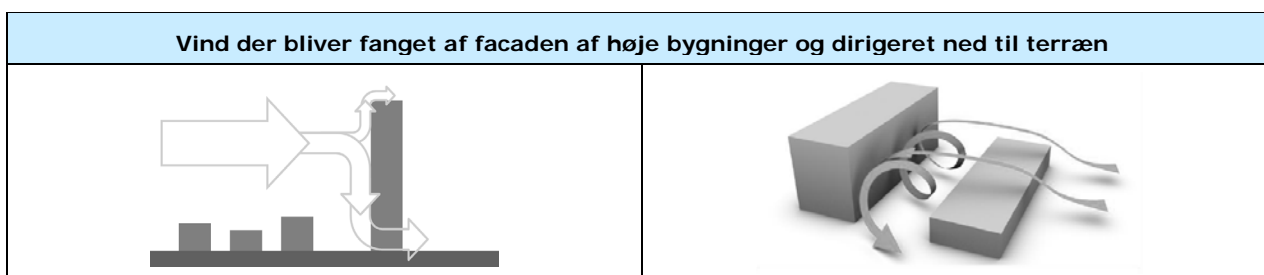
Når vind passerer hen over et tætbebygget bymiljø, vil der opstå storskala hvirvler (turbulens), der hvor vinden passerer hen over bygningstage, og der vil opstå kanalstrømninger, der hvor vinden fanges mellem bygningsfacader. Om dette har en positiv eller negativ effekt på det lokale vindmiljø, afhænger af situationen og orienteringen af bebyggelsen.

Generelt set vil vindforhold omkring bygninger være bestemt af gennemstrømningen af hele det omkringliggende område, fordi gennemstrømningen fører til komplekse samspil mellem vinden og bygningsstrukturerne. Figur 1-1 viser eksempler på karakteristiske strømningssituationer for bebyggede områder. Her ses at ved smalle passager kan der forekomme kanal-effekt, som forøger vindhastigheden.



Figur 1-1 - Principskitser for luftstrømning omkring flere strukturer.

Samtidig vil høje bygninger, der skyder betydeligt op over omkringliggende bebyggelse, fange vinden og føre den ned langs facaden mod jordniveau, som vist på principskitsen på Figur 1-2. Dette kan også medføre forstærkede vindstrømninger ved bygningshjørner. Fremspring på bygningen kan ligeledes fange vinden og dirigere den nedad langs facaden.



Figur 1-2 - Principskitse for hvorledes høje bygninger fanger vinden. [1]

Følelsen af vindkomfort i uderum er subjektiv fordi personer kan have forskellige opfattelser baseret på faktorer som alder, køn og forventninger. Derudover har opholdstiden og aktiviteten, der udføres imens personen påvirkes af vinden, indflydelse. Problemer med vindmiljøet opstår i områder der benyttes til formål, det ikke er egnet til ud fra de lokale vindforhold.

2. Metode

Effekten af Coopbyen Masterplan på det lokale vindmiljø kan kvantificeres vha. enten vindtunnelforsøg eller computer simuleringer, Computational Fluid Dynamics (CFD). I dette tilfælde er der anvendt CFD simuleringer.

2.1 Bestemmelse af lokale vindstrømninger

I CFD-programmet (ANSYS CFX) sendes vind fra 12 forskellige retninger hen over en 3D geometrimodel af den kommende nye og den nærmeste eksisterende bebyggelse. En konservativ modelleringsmetode, der ikke inkluderer beplantningseffekter eller eventuelle støjreducerende elementer, er blevet anvendt. Programmet beregner derefter de lokale vindstrømninger over og imellem bygningerne i hele det simulerede område.

Vinden er simuleret med én referencevindhastighed. For at generalisere resultaterne er de lokale vindhastigheder omregnet til en relativ hastighed i forhold til denne ene referencevindhastighed. Hvor den relative hastighed har en værdi på over 1, betyder det, at bygningerne forårsager mere vind i nærområdet. Har den relative hastighed en værdi under 1, skaber bygningerne læ i nærområdet.

Se Appendiks A for en mere detaljeret beskrivelse af den anvendte CFD-modelleringsmetodik.

2.2 Bestemmelse af fodgænger komfort og sikkerhed

Til denne vindvurdering er det valgt at anvende den hollandske NEN8100 fra 2006 [2]. Denne tager hensyn til aktiviteten og opholdstiden i et område, og den opstiller følgende kriterier for vind komfort og for vind sikkerhed:

$$U_{komfort} = U + \sigma_U \geq 6 \text{ m/s} \quad (1) \quad \text{og} \quad U_{sikkerhed} = U + 3\sigma_U \geq 20 \text{ m/s}$$

hvor U er middelvindhastigheden i [m/s] og σ_U er standardafvigelsen af hastigheden. Standardafvigelsen af hastigheden er et mål for vindstød og turbulensen i vinden.

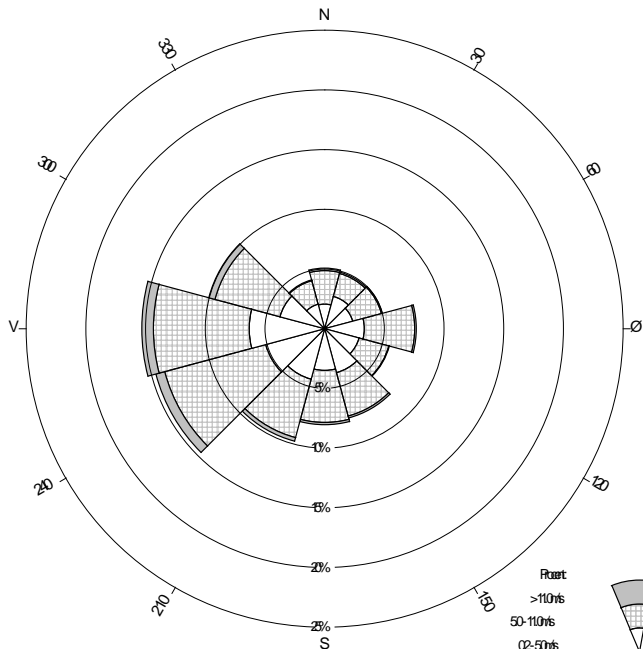
Turbulensen er generelt svær at bestemme, men undersøgelser fra Risø angiver en simpel sammenhæng med middelhastigheden for en metrologisk station, U_{10} :

$$\sigma_{10,u} = 0,151 * U_{10} + 0,119$$

Det antages, at forholdet mellem spredning og middelhastighed vil være det samme i 10m højde som på gadeplan, hvorfor dette udtryk er anvendt til at beregne turbulensen i 1,5 m højde.

3. Eksisterende forhold

En af de nærmest beliggende meteorologiske målestationer befinder sig ved Kastrup Lufthavn. Vindrosen herfra viser en tydelig dominans af vestlige vinde, Figur 3-1.



Figur 3-1 – Årlig vindrose fra DMI målestation ved Kastrup Lufthavn.

Tabel 3-1 viser, at den oftest har en hastighed på under 11 m/s. Den årlige middelvindhastighed for de forskellige vindretninger er 5,7 m/s (i målehøjden på 10 m over terræn).

	N	Ø	S	V	Ø	S	V	Ø	S	V	Ø	S	V	Ø
%	5	4	5	7	5	7	8	9	16	5	10	4	9	
% 02-50	2	2	2	3	3	3	5	4	5	6	3	2	4	
% 50-110	2	2	2	2	2	3	4	5	8	3	5	2	5	
% >110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
m/s	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	
Se tabel 3-2	8	6	9	7	9	5	6	4	5	8	4	5	5	

Tabel 3-1 – Årlige hastighedsfordeling for DMI målestation ved Kastrup Lufthavn.

Området for Coopbyen er omkranset af et tæt bebygget urbant område med en relativt homogen, lav bygningsmasse, Figur 3-2. Denne form for bebyggelse vil skabe udpræget læ, eftersom vinden vil have en tendens til at passere hen over bygningerne frem for at blive trukket ned på gadeplan.

Endvidere har området en del moden beplantning i form af træer og hække, som har en dæmpende effekt på vindturbulens.

Det vurderes derfor, at de eksisterende vindforhold i planområdet er gode sammenlignet med vindforholdene i åbent landskab eller byområder med spredt, høj bebyggelse.



Figur 3-2 – Luftfoto over Albertslund. Området for Coopbyen er markeret med rød, stiple linje.

4. Vurdering af Masterplanens miljøpåvirkning

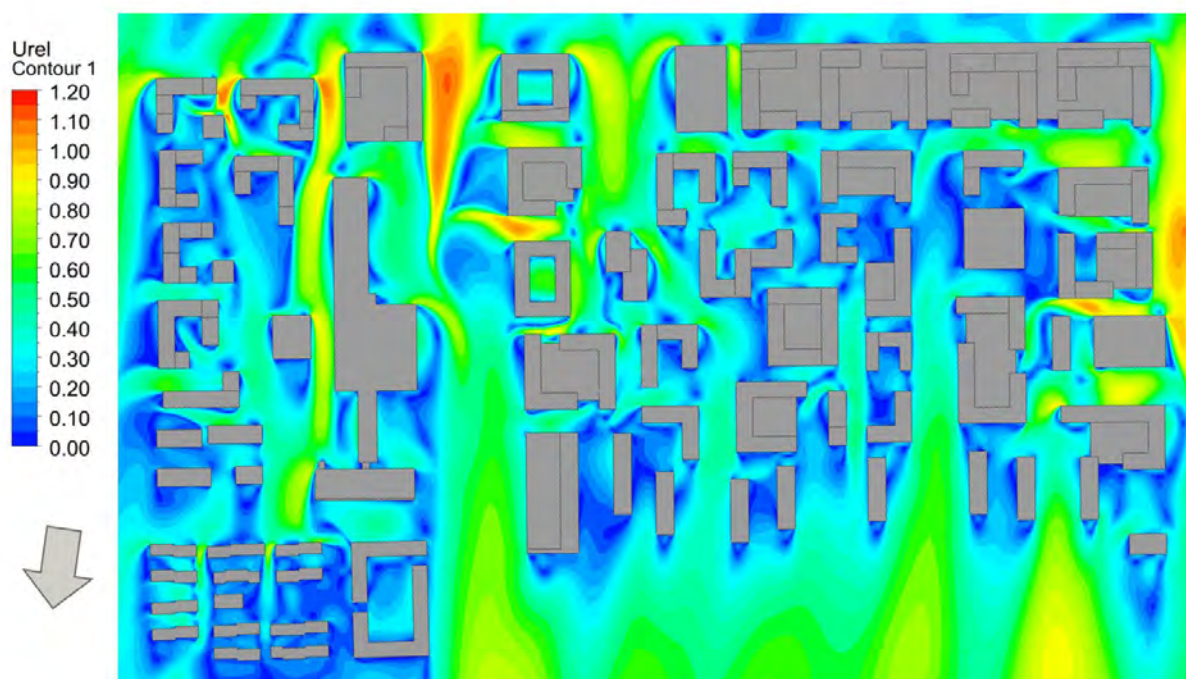
4.1 Lokale vindstrømninger

CFD simuleringresultaterne vises nedenfor på Figur 4-1 til Figur 4-12. På disse figurer ses masterplanområdet fra oven, og den relative vindhastighed, U_{rel} , er vist i en højde på 1,5 m over terræn (pilen under figurskalaen viser den simulerede vindretning). Dette giver et billede af vindforholdene, der kommer til at påvirke fodgængere i området.

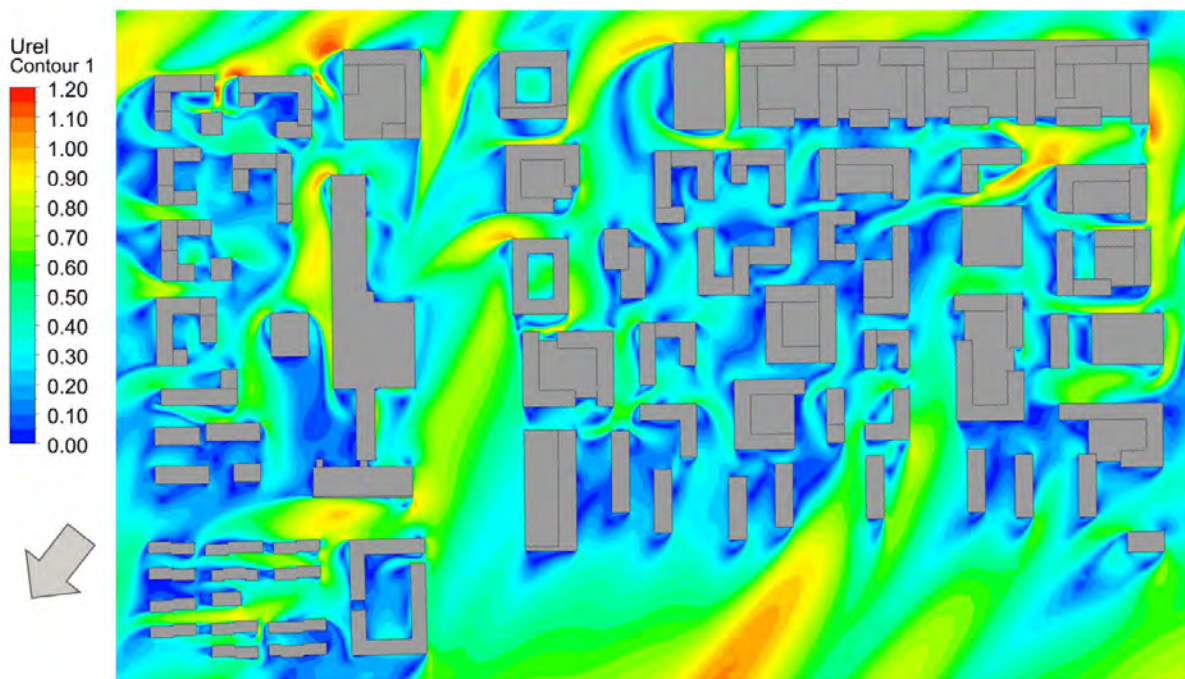
U_{rel} er den af CFD-modellen beregnede lokale vindhastighed normaliseret med referencevindhastigheden, U_{ref} , for den frie vindstrømning 1,5 m over terræn. Derved kan områder, hvor bebyggelsen genererer acceleration ($U_{rel} > 1$) eller mindsker ($U_{rel} < 1$) vindhastigheden, let identificeres.

U_{rel} vises på en skala fra 0-1,2, hvor værdier over 1,0 (orange, rød) betyder, at vindhastigheden i de områder er højere end vindhastigheden i den uhindrede vindstrømning. I de grønne og blå områder forventes afskærmning for vinden.

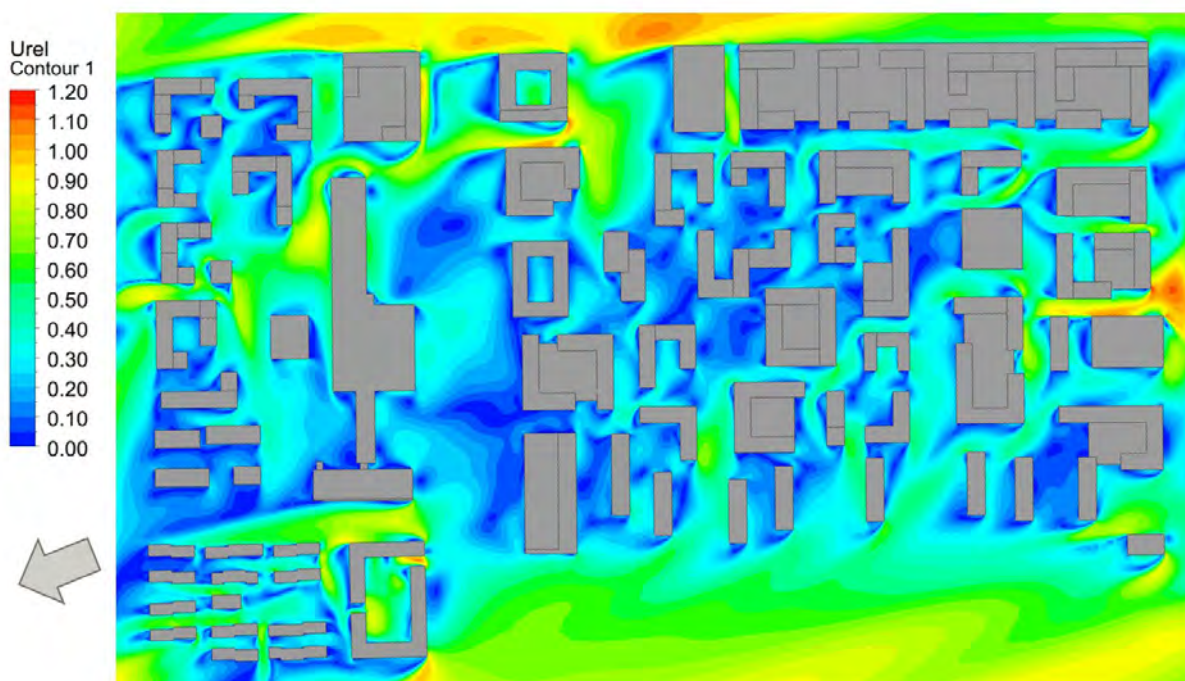
Bemærk at orange og røde områder betyder, at vinden bliver accelereret lokalt, hvilket ikke er ensbetydende med, at vindhastigheden er for høj. Det vil afhænge af referencehastigheden.



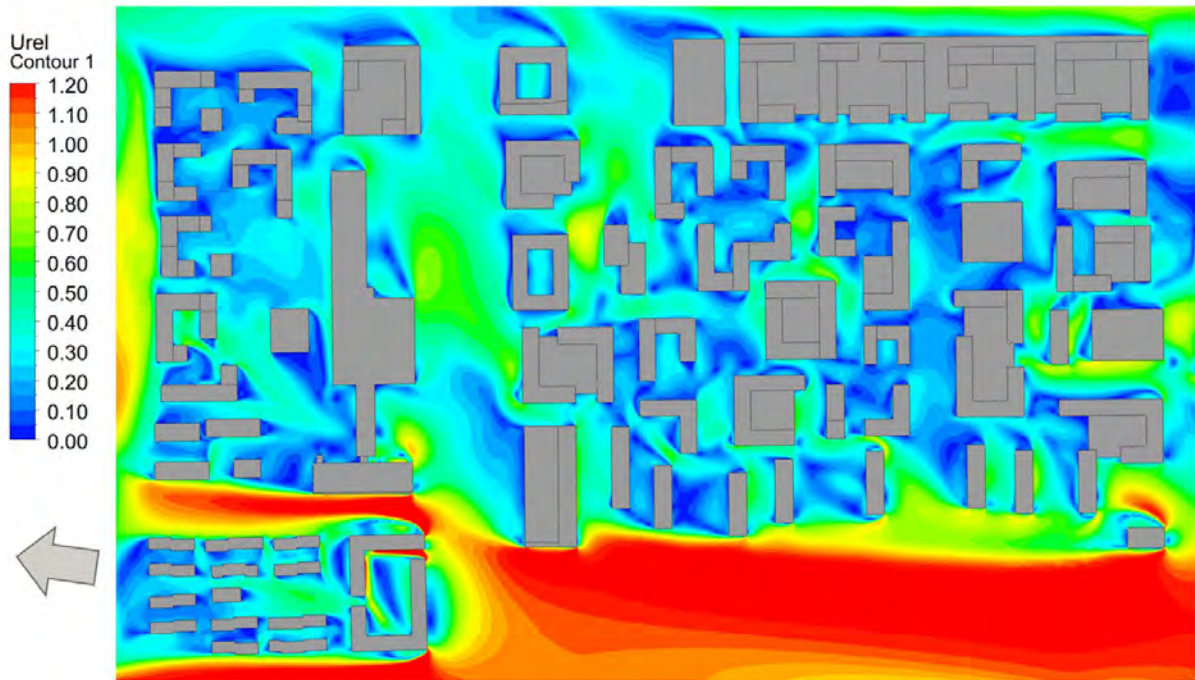
Figur 4-1 - Nord (5,1% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



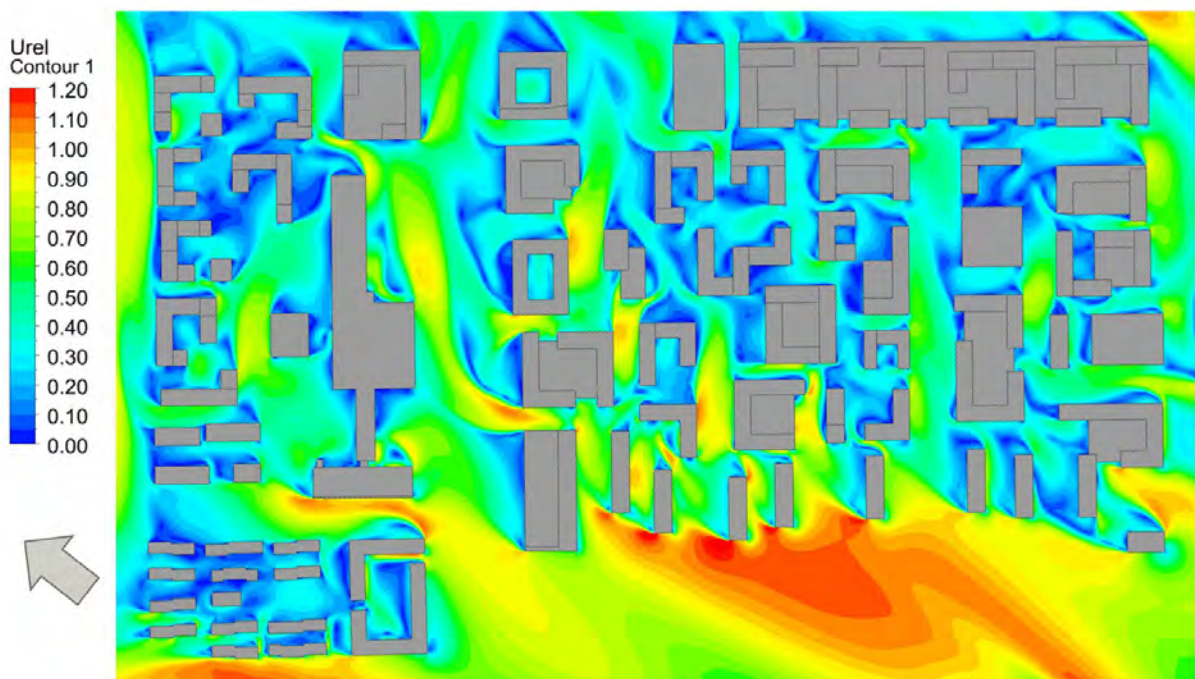
Figur 4-2 - Nordnordøst (4,9% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



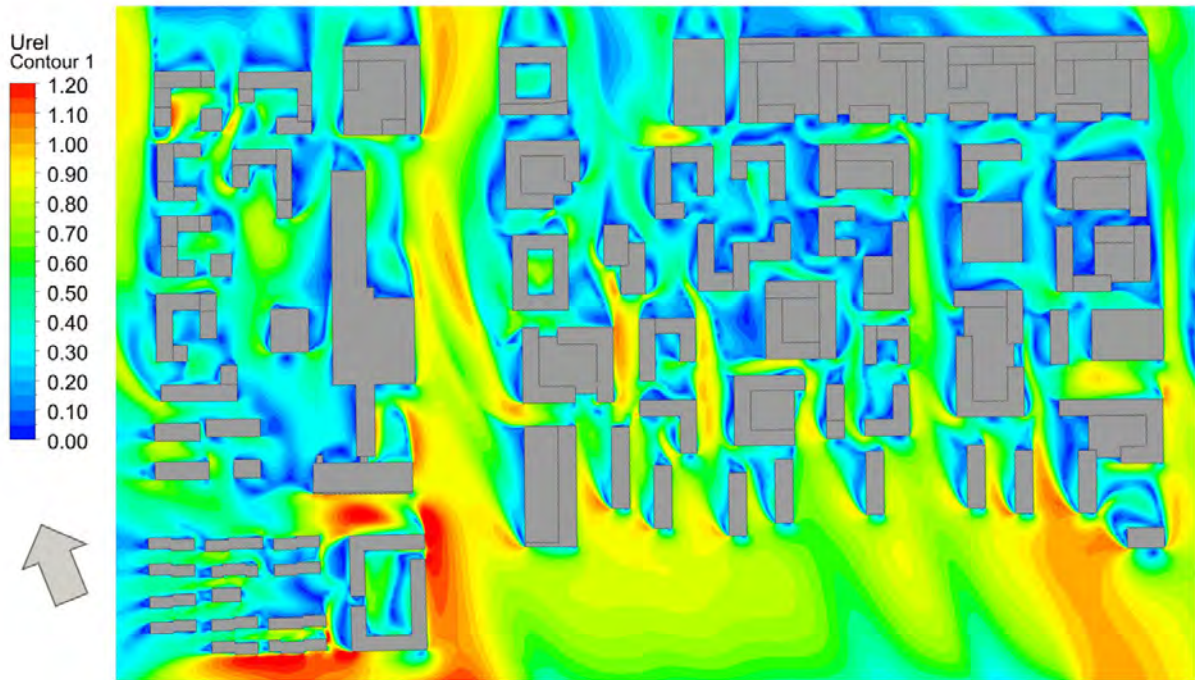
Figur 4-3 - Østnordøst (5,0% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



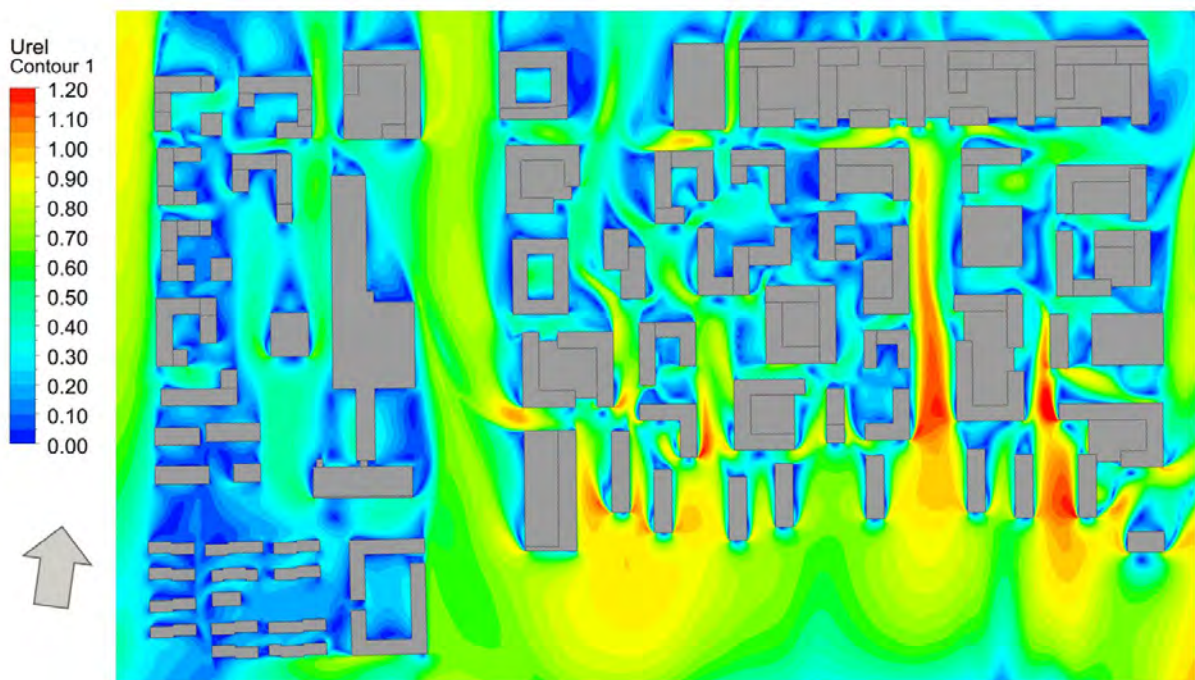
Figur 4-4 - Øst (7,7% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



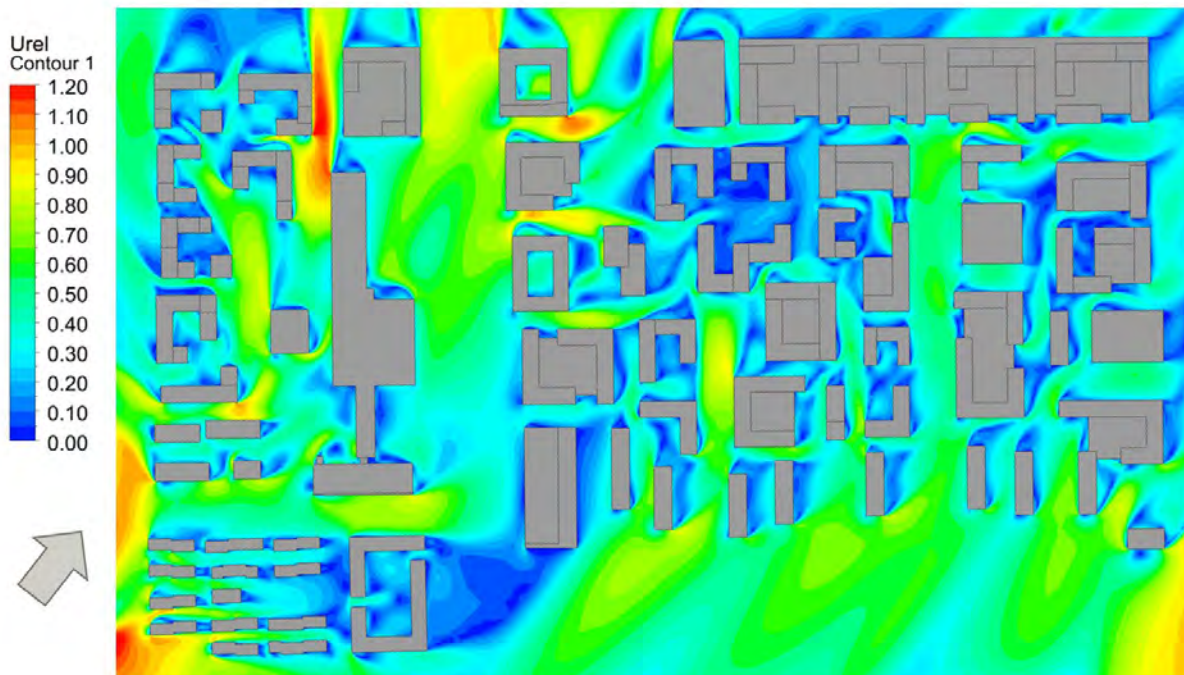
Figur 4-5 - Østsydøst (5,6% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



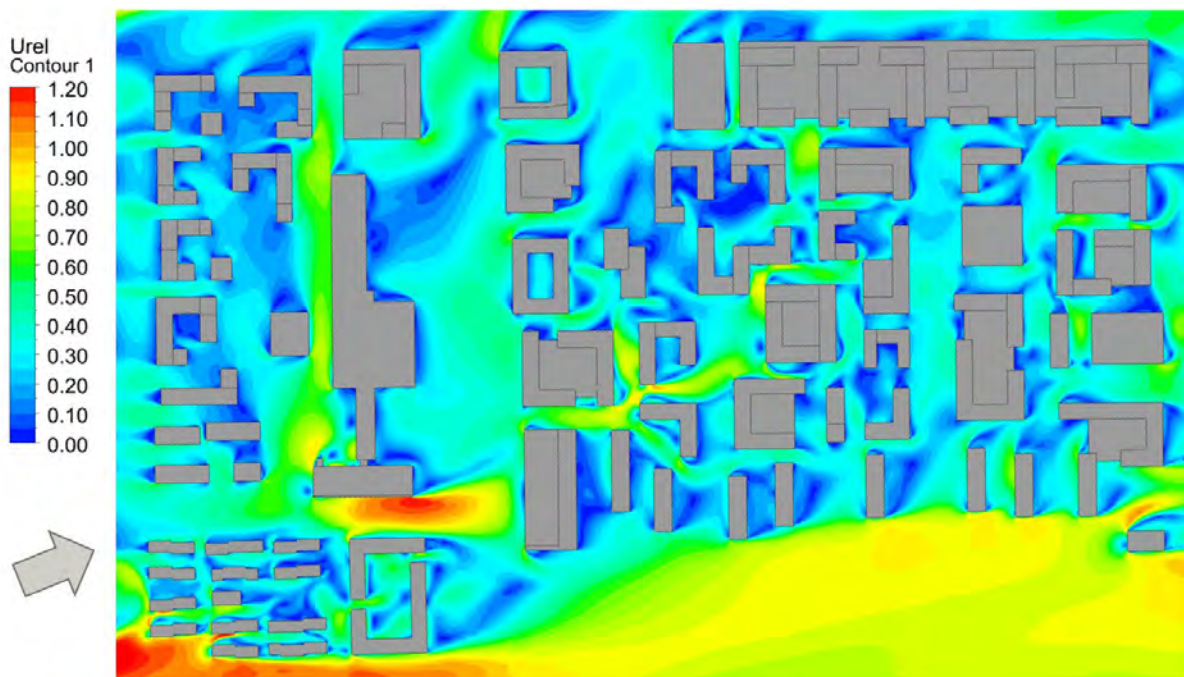
Figur 4-6 - Sydsydøst (7,7% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



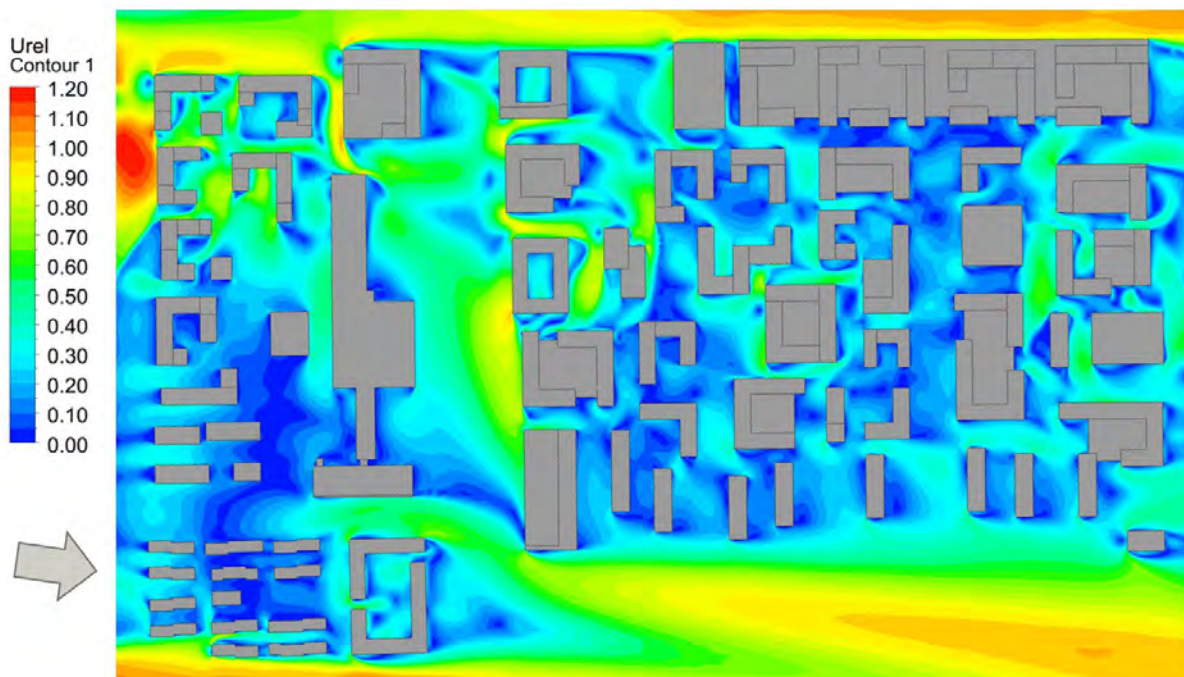
Figur 4-7 - Syd (8,0% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



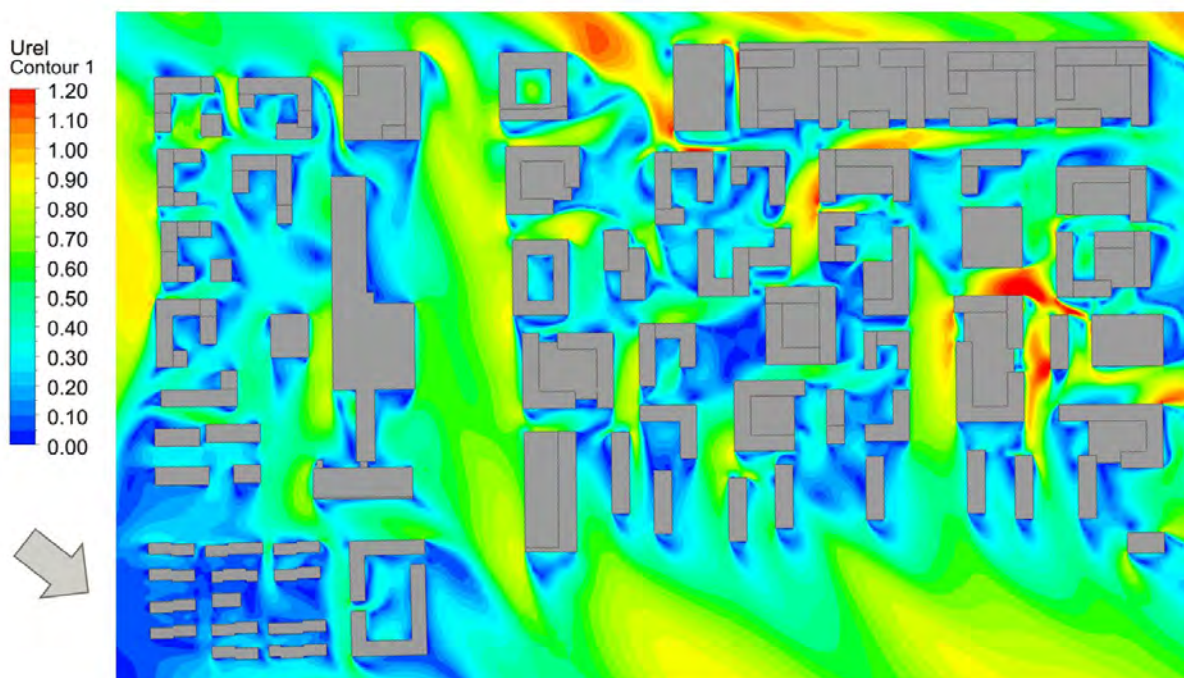
Figur 4-8 - Sydsydvest (9,7% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



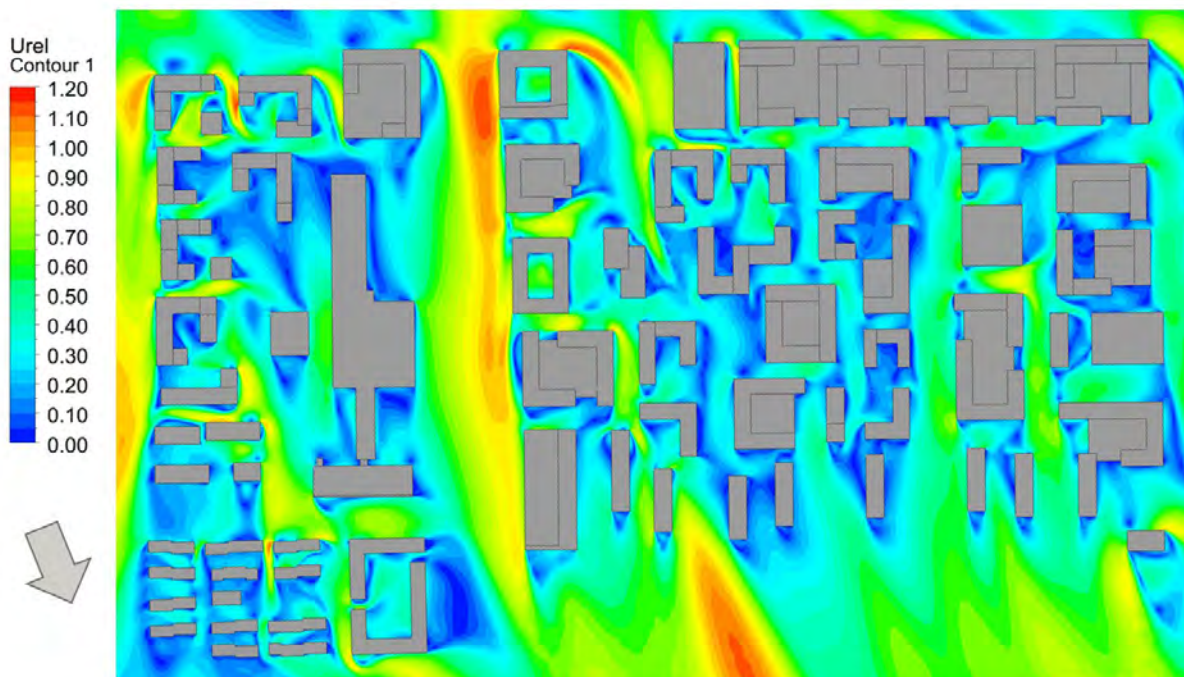
Figur 4-9 - Vestsydvest (14,6% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



Figur 4-10 - Vest (15,3% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



Figur 4-11 - Vestnordvest (10,0% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.



Figur 4-12 - Nordnordvest (4,2% af året). Den relative vindhastighed er vist i en højde på 1,5 m over terræn.

Lokale bygningshjørneeffekter ses inde på masterplanområdet hvor bygningsmassen har fanget vinden og trukket den ned til gadeplan, men denne effekt er meget afhængig af vindretningen og der ses ingen problemområder for et betydeligt antal vindretninger.

De hyppigste og kraftigste vindstrømninger ind på masterplanområdet skabes derfor langs adgangsvejene til området. F.eks. ses der vindstrømninger langs Vallensbæk Torvevej og det åbne S-togs banelegeme.

Den kraftigste vindstrømning i det åbne område i den sydlige del af masterplanområdet opstår primært ved vind fra øst og delvist ved de hyppige vinde fra vest. Støjafskærmningen langs med banelegemet er tilnærmelsesvist parallel med disse vindretninger, hvorfor de kun har en meget begrænset vindblokerende effekt.

Generelt set viser de beregnede lokale vindhastigheder store områder med udpræget læ imellem bygningerne, hvilket indikerer et favorabelt vindmiljø.

4.2 Lokal vindkomfort og -sikkerhed

De lokale vindmiljøforhold er undersøgt nærmere vha. en statistisk behandling af de beregnede vindhastigheder. Derefter er NEN8100-standarden anvendt til at tolke disse statistiske data.

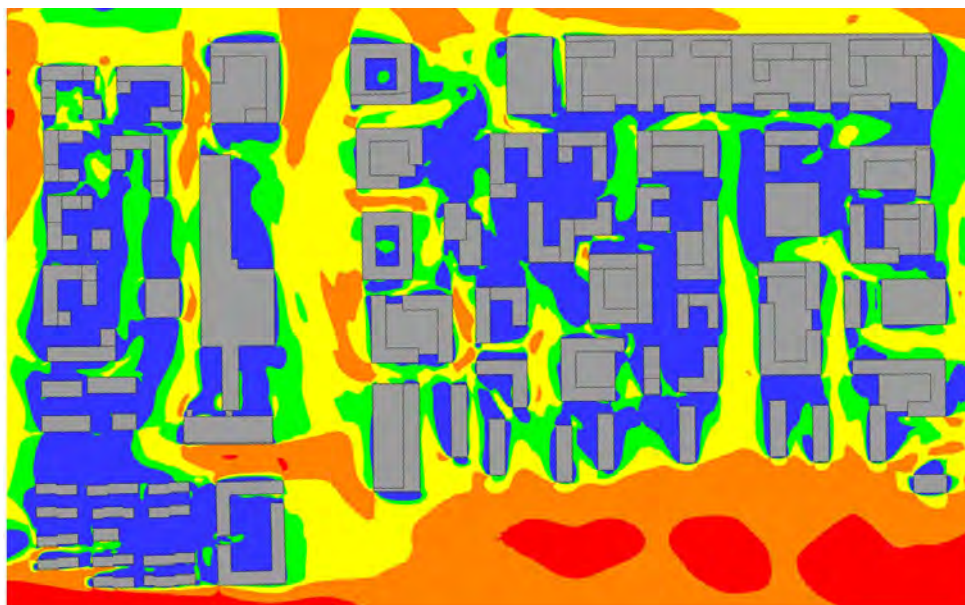
NEN8100 tager hensyn til aktiviteten og opholdstiden i et område ved at definere hvor mange procent af året komfortkriteriet (U_{komfort}) må overskrides i området, for at det kan anvendes til forskellige aktiviteter. De forskellige procent overskridelse er opgivet i Tabel 4-2 for tre aktivitetsniveauer: Målrettet gang, afslappet gang og siddende ophold.

Årlig overskridelse af komfortkriterium	Kategori	Målrettet gang	Afslappet gang	Siddende ophold	Farve
< 2,5%	A	God	God	God	●
2,5 – 5 %	B	God	God	Moderat	●
5 – 10%	C	God	Moderat	Dårlig	●
10 – 20%	D	Moderat	Dårlig	Dårlig	●
> 20%	E	Dårlig	Dårlig	Dårlig	●

Tabel 4-1 - Klasser for vindkomfort i et område vurderet efter overskridelsestid pr. år efter hollandsk vindkomfortnorm NEN8100 [2].

Resultatet af den statistiske analyse for komfortkriteriet er vist på Figur 4-13.

- Store områder vil være velegnede til siddende ophold (kategori A) eller afslappet aktivitet (kategori B) hvorfor vindmiljøet på kan kategoriseres som fordelagtigt.
- Langs med Roskildevej og Vallensbæk Torvevej vil vindstrømningerne generelt være stærkere og vindforholdene kun egnede til gang.
- Det åbne område mod syd vil være eksponeret for de hyppige øst-vestlige vindstrømninger, som vil passere mere eller mindre frit langs S-togs banelegemet. Forholdene vil svare til delvist åbent landskab, hvor vindniveauet naturligt vil være højere.



Kategori A	Områder velegnet til siddende ophold
Kategori B	Velegnet til afslappet gang; anbefalet for indgangspartier, drop-off zoner, busstoppesteder
Kategori C	Gode forhold til målrettet gang; anbefalet for fodgængerpassager og cykelstier
Kategori D	Moderate forhold for målrettet gang; potentielt ukomfortable forhold
Kategori E	Ukomfortable forhold

Figur 4-13 – Kort over vindkomfort i en højde på 1,5 m over terræn.

For vindsikkerheden ses der på tre niveauer som vist i Tabel 4-2. Her ses der på, hvor ofte årligt sikkerhedskriteriet ($U_{\text{sikkerhed}}$) er overskredet.

Årlig overskridelse af sikkerhedskriterium	Kategori	Målrettet gang	Afslappet gang	Siddende ophold	Farve
< 0,05%	Ingen risiko	Acceptabel	Acceptabel	Acceptabel	●
0,05 – 0,3 %	Begrænset risiko	Acceptabel	Ikke acceptabel	Ikke acceptabel	●
> 0,3 %	Farligt	Ikke acceptabel	Ikke acceptabel	Ikke acceptabel	●

Tabel 4-2 - Klasser for vindsikkerheden i et område vurderet efter overskridelsestid pr. år efter hollandsk vindkomfortnorm NEN8100 [2].

Resultatet af den statistiske analyse for sikkerhedskriteriet er vist på Figur 4-2.

Der ses ingen områder med farlige vindforhold i området.



Figur 4-14 – Kort over vindsikkerhed på terrasser og i området omkring skolen

4.3 Vurdering af behov for afværgeforanstaltninger

Vindsimuleringerne viser et typisk vindmiljø for et bymiljø med en relativt homogen, lav bygningsmasse. De kraftigste vindstrømninger opstår i det største åbninger i bygningsmassen.

Der er en del moden beplantning i området omkring Coopbyen, og der vil blive etableret beplantning inde på masterplanområdet, som vil have en favorable effekt på de lokale vindforhold. Det vurderes derfor, at der ikke er behov for nogen form for generel afværgeforanstaltning.

Forholdene på det rekreative område mod syd vil svare til forhold i åbent landskab, hvilket kan være fordelagtigt for en række rekreative aktiviteter. Lokale områder med udpræget læ vil kunne etableres vha. tiltag såsom tæt beplantning eller læhegn.

5. Konklusion

Der er udført en række Computational Fluid Dynamics simuleringer af vindstrømninger omkring den planlagte Coopbyen Masterplan for at bestemme det lokale vindmiljø efter etablering af bebyggelsen.

De beregnede lokale vindhastigheder viser et favorabelt vindmiljø på masterplan-området med områder med udpræget læ imellem bygningerne.

En statistisk behandling af resultaterne understøtter dette og viser betydelige områder, der er velegnet til stillesiddende ophold og afslappet gang.

Delvist reduceret komfort ses langs passagerne ind til området og på det åbne område mod syd. Der ses dog ingen sikkerhedsmæssige problemer i området.

Referencer:

- [1] W. J. Beranek, »Wind Environment Around Single Buildings of Rectangular Shape,« Heron, årg. 29, nr. 1, pp. 3-31, 1984.
- [2] Willemsen, E., Wisse, J.A., 2007. Design for wind comfort in the Netherlands: Procedures, criteria and open research issues. Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, 95, 1541-1550.

Appendiks A: Anvendt metode for CFD

Computational Fluid Dynamics (CFD) er et kraftfuldt værktøj til analyse af fluidstrømninger. Som navnet indikerer, er det en computerbaseret metode, der bruges til løsning af de styrende ligninger for fluidbevægelser. Dette gøres i alle tre dimensioner.

Det første trin i CFD-modellering er at skabe en CAD-model af det komplette gennemstrømmede område, der ønskes simuleret. Derefter skabes et beregningsnet ved at inddele området i meget mindre volumener, såkaldte kontrolvolumener. I teorien er der ingen begrænsning for størrelsen af CAD-modellen og detaljeringsgraden i beregningsnettet, men i praksis sætter computerkraften en grænse.

Det næste trin er at sætte den egentlige CFD-model op på det genererede net. CFD-softwaren anvendt til dette studie var det kommercielle CFD-program, ANSYS CFX. Dette er et generelt 3D CFD-program, som bl.a. kan håndtere fluidstrømninger, turbulens og stråling. Kombinationen af modeller, som anvendes i en given model, vælges således, at alt betydningsfuld fysik inkluderes i det simulerede system.

CFD-modellen løses derefter på en iterativ måde. Resultatet fra simuleringerne er værdier for alle vigtige variable, såsom tryk, lufthastighed, temperatur og turbulens niveau i hver eneste kontrolvolumen. Disse værdier kan repræsenteres både kvalitativt i form af plots på planer eller overflader og kvantitativt i form af beregnede værdier, f.eks. middelhastigheden i udløbet til et beregningsdomæne eller kraften på en flade.

Geometri og beregningsnet

Vindmiljøet omkring den nye bygning er kun delvist en funktion af udformningen af selve bygningen. Stærke interaktioner mellem terræn og de omkringliggende bygninger vil opstå med komplekse strømningsmønstre såsom lokale hvirvler, acceleration og dødzoner som følge. Derfor er det nødvendigt at medtage det omkringliggende område i vindmiljøanalysen. I denne vindmodel for Coopbyen Masterplan er bygninger i en omkreds på ca. 1200 m medtaget, Figur 1-1.



Figur A-1 – Bebyggelse medtaget i vindsimuleringerne for Coopbyen. Interesseområdet er placeret i midten af simuleringsdomænet.

Beplantningen er udeladt af modelleringen. Eftersom beplantning generelt set vil virke lokalt vindreducerende er dette en konservativ tilgang til evalueringen af vindmiljøet og vil ligne en vintersituation, hvor beplantning typisk kun har en mindre effekt.

Eventuelle støjskærme eller støjdæmpende elementer langs med Roskildevej er ligeledes udeladt af simuleringerne. Det forventes, at disse blot vil have højde på 2-3 m og have et begrænset længde, hvorfor det vil have en begrænset effekt på vindmiljøet sammenlignet med bebyggelsen på masterplanområdet.

Det anvendte beregningsnet er et såkaldt ustruktureret net med en maksimal cellestørrelse i nettet på 30m. Det er forfinet ned til 0,1-1 m på bygnings- og jordoverflader i områder af interesse. Beregningsnettet består af ca. 78,7 millioner elementer.

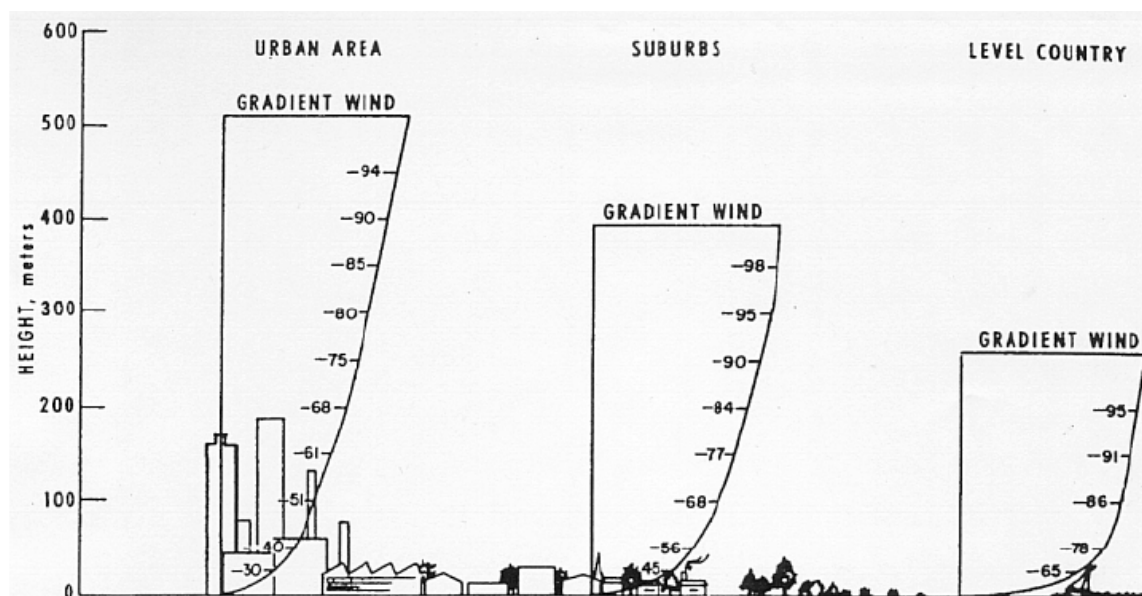
Randbetingelser og modeller

Kombinationen af modeller, som anvendes i modellen, er valgt således, at den betydningsfulde fysik er inkluderet i det simulerede system.

Randbetingelser

Indløb

Når vind passerer over et landskab, vil der gradvist opbygges et hastighedsprofil, det såkaldte atmosfærisk grænselag (AGL), hvor vindhastigheden stiger gradvist som funktion af højden over jorden. Formen på grænselaget afhænger af ændringer i terrænhøjde, bevoksning og bebyggelse. Tre eksempler på AGL vises på Figur 1-1.



Figur 1-2 – Eksempler på atmosfæriske grænselag over forskellige områder med forskellig terrænrøhed.

Formen på grænselaget vil være tilnærmelsesvist logaritmisk og kan beskrives med følgende udtryk:

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

Hvor:

$U(z)$	er vindhastigheden ved afstanden z over jordniveau [m/s]
u_*	er friktionshastigheden [m/s]
κ	er von Karman konstanten (0.419 [-])
Z	er højden over jorden [m]
Z_0	er terrænets aerodynamiske ruhedsfaktor [m]

Udtrykket er brugt til at definere hastighedsprofilen på indløbet til beregningsdomænet. Nøjagtigheden af dette udtryk er afhængigt af den valgte aerodynamiske ruhedsfaktor, z_0 , der vælges ud fra betragtninger om området, f.eks. højde og tæthed af bebyggelsen. Til vindmodelleringen for Coopbyen er der valgt at anvende $z_0 = 0,3$ m, hvilket svarer til ruheden for et urbant område.

Udløb

På udløbsranden anvendes en såkaldt "Outlet" randbetingelse hvor der defineres et statisk referencetryk på 0 [Pa].

Sider og top

På disse rander vælges friktionsfrie væggrænser.

Jord

For at medtage effekten af diverse bygninger, beplantninger og andre objekter i vindens bane, pålægges der en ruhed på jordranden.

Anvendte modeller

Tidslighed

Alle de udførte CFD-beregninger er "steady state" eller konstante i tiden. Det vil sige, at resultaterne er billeder af ligevægten i systemet for en given situation (vindhastighed, vindretning osv.)

Turbulens

For at få turbulenseffekten med i simuleringerne er der anvendt en turbulensmodel. I dette tilfælde er det valgt at anvende RNG k-epsilon modellen, som numerisk set er en relativt stabil model og studier har vist er velegnet til vindmodellering på byskala.