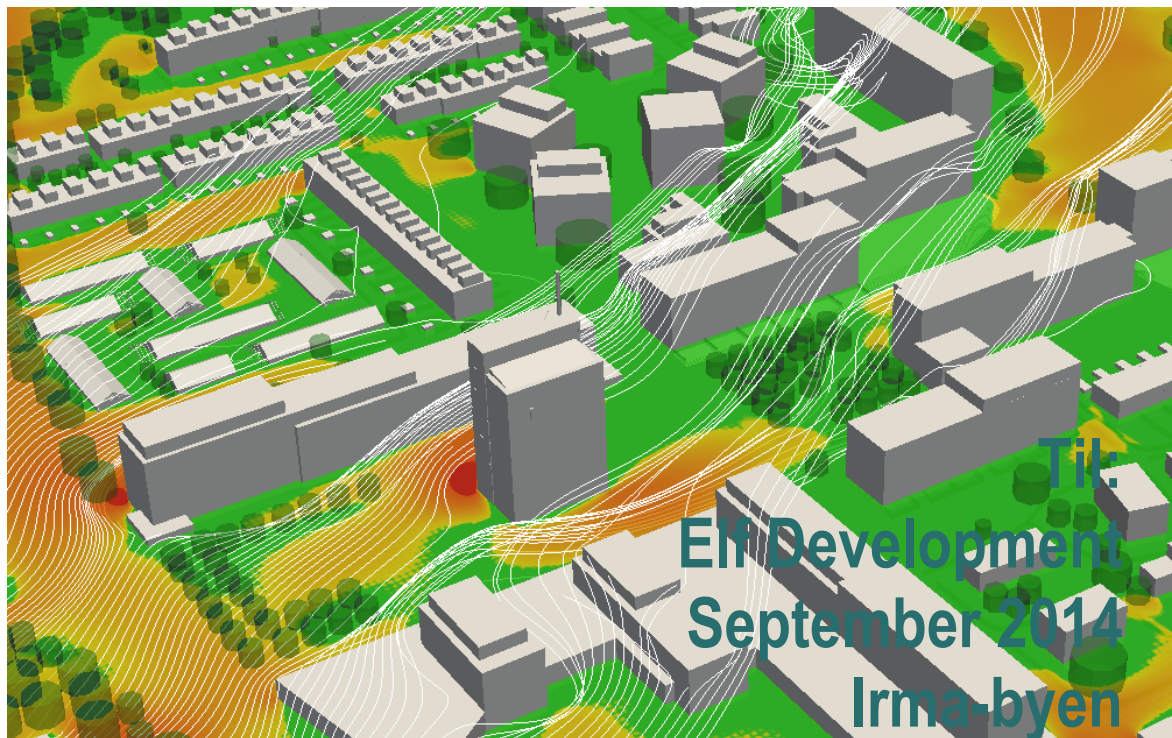


VIND | VIND
VINDANALYSE



Revision **04 (2014.11.05)**

Dato **2014.07.15**

Udarbejdet af **Vind-vind ApS**

Per Jørgen Jørgensen
Administrerende direktør, cand.scient. (phys.)

Leika Diana Jørgensen
Civilingeniør og HA

INDHOLD

1.	Indledning	2
2.	Generelt	3
3.	Forudsætninger og metode	3
3.1	Beregningsgrundlag	3
3.2	Komfortkriterier (Miljømål)	3
3.1	Beregningsområde	4
4.	Eksisterende forhold	4
5.	Forhold i byggefasen (Miljøpåvirkninger i anlægsfasen)	5
6.	Fremtidige forhold (Miljøpåvirkninger i driftsfasen)	5
6.1	Internt i Irma-byen	6
6.2	Korsdalsvej	8
6.3	Fjeldhammervej	10
6.4	Konklusion	11
7.	Kumulative effekter (intet at bemærke)	11
8.	Afværgeforanstaltninger	11
9.	Overvågningsprogram (intet at bemærke)	12
10.	Manglende viden	12
Bilag 1, Beregningsgrundlag		13
Bilag 2, Oversigtskort		17

1. INDLEDNING

Denne rapport er udarbejdet for Elf Development. Rapporten har til formål at vurdere fremtidige vindforhold for Irma-byen i Rødovre til brug for VVM-redegørelse for området. Der foretages en analyse vha. CFD-beregninger af de fremtidige forhold, som tager afsæt i, at området vil være fuldt udbygget. Beregningerne er foretaget med og uden den planlagte beplantning. Foruden analyse for det fuldt udbyggede område vil eksisterende vindforhold blive vurderet samt vindforholdene under byggefasen.

Beregningerne viser, at vindkomforten i området generelt vil være god. Enkelte lokale områder vil dog ikke anbefales til længerevarende ophold og er behandlet særskilt. Rapporten fokuserer på vindkomfort i terrænniveau.

Der vil være udfordringer nord og syd for Irma-tårnet – 5-15 m fra facaden – samt på pladsen vest for tårnet. Beplantning i form af store plantekasser på pladsen vest for Irma-tårnet samt bevarelse af træerne vest for Korsdalsvej vil forbedre vindforholdene både på selve pladsen vest for bygningen og på områderne nord og syd for bygningen. Man skal være opmærksom på, at områderne hhv. nord og syd for bygningen dog ikke kan anbefales til egentligt stillestående ophold.

Naboområder vil ikke blive påvirket væsentligt af den nye bebyggelse i Irma-byen. Naboområdet ved Korsdalsvej er domineret af, at det ligger ud til et naturområde. Irma-byen vil give en anelse læ til området, i det omfang Irma-byen påvirker det eksisterende kvarter. Lokalt på den østlige side af Korsdalsvej, mod Irmabyen, vil der forekomme øgede vindhastigheder og turbulens nær en høj bebyggelse, som ligger ud til vejen. Den øgede vind vil til dels blive kompenseret af nye planlagte træer.

Det samme vil være gældende for området Fjeldhammervej. Kvarteret vil være relativt upåvirket af Irma-byen. I det omfang Irma-byen påvirker det eksisterende kvarter generelt, vil det give en anelse mere i læ til området. Lokalt på den vestlige ende af Fjeldhammervej vil der dog forekomme nogen turbulens og øgede vindhastigheder nær en høj bebyggelse, som ligger ud til Fjeldhammervej, hvilket også vil give en mindre forringelse af vindforholdene på et parkeringsareal syd for Fjeldhammervej. Den øgede vind vil til dels blive kompenseret af nye planlagte træer.

Irma-byen vil ikke have signifikant betydning for vindforholdene i naboområderne.

Per Jørgen Jørgensen
Cand.scient. (phys.)

Leika Diana Jørgensen
Civilingeniør og HA



Figur 1: Irma-byen

2. GENERELT

Irma-byen ligger i Rødovre på den gamle Coop-grund ved Korsdalsvej. Coop-grunden er i dag karakteriseret af lave industribygninger – med undtagelse af det centralt placerede Irma-tårn.

Det nye bykvarter kommer ifølge planen til at rumme varierede bygninger med forskelligartede aktiviteter. Bygningerne vil variere i højde og vil mange steder stå forskudt i planen. Der vil være flere byrum med grønne arealer og pladser – det centrale Irma-tårn vil blive bibeholdt.

3. FORUDSÆTNINGER OG METODE

Til at vurdere de fremtidige forhold er benyttet CFD-beregninger. Vind er et meget komplekst fænomen, og det kan være svært at identificere præcist, hvor problemerne dukker op. CFD-beregningerne sammenholder de enkelte påvirkninger og deres indbyrdes påvirkning.

Eksisterende forhold samt forhold i byggefasen vurderes ud fra beregninger for de fremtidige forhold samt vurderinger baseret på kendte principper for, hvordan vinden strømmer omkring forskellige bygningsformer.

3.1 Beregningsgrundlag

CFD-programmet OpenFOAM¹ er benyttet. Beregningsforudsætninger er beskrevet i Bilag 1 bagerst i rapporten.

Vindhastighederne undersøges i områderne omkring bygningerne i højden 1,50 m over terræn – svarende til en gennemsnitlig fodgængers hovedhøjde. Ved at tage hensyn til, at vindretning og vindhastighed varierer over tid, kan det statistisk forudses, hvor ofte en kritisk vindhastighed vil optræde i et givent område. Vindforholdene varierer over året – måned for måned. Som det ses af vindroserne i Bilag 1, er vestenvinden dominerende i Danmark – specielt om efteråret og vinteren. Vind fra syd forekommer primært om sommeren, mens vind fra øst primært forekommer forsommer og sensommer. Vind fra nord forekommer relativt sjældent, men når den opstår, er det som regel om foråret. I rapporten vurderes vindkomforten som nævnt i forhold til års gennemsnittet.

3.2 Komfortkriterier (Miljømål)

Vindkomfort er meget individuelt og områdespecifikt. I bilag 1 er de mest anvendte og anerkendte komfortkriterier beskrevet. Beregningsresultaterne vil blive vurderet i forhold til Davenporters komforttabel. Nedenstående figur viser de forskellige kategorier i forhold til en overskridelse af 6 m/s.

Aktivitet	Område	Karakteristik af vindmiljø		
		Acceptabelt	Ubehageligt	Meget ubehageligt til farligt
Hurtig gang	Fortov, stier	43%	50%	53%
Slentre	Parker, butiksgader	23%	34%	53%
Stå eller sidde i kort tid	Parker, pladser	6%	15%	53%
Stå eller sidde i længere tid	Udendørs restauranter, friluftsteater	0,1%	3%	53%

Figur 2 A. Davenporters komforttabel

Rapporten vil give en overordnet vurdering af det offentlige rum i Irma-byen samt en vurdering af Irma-byens påvirkning af vindforholdene i nabokvartererne. Der er primært fokuseret på den samlede vindhastighed. Luftnedfald kan imidlertid være en faktor, som også kan forringe oplevelsen af komfort.

Træerne har en væsentlig betydning for vinden, specielt i sommerhalvåret, hvor folk opholder sig mest udendørs. Det er derfor blevet prioriteret at undersøge vindforholdene med træer.

¹ Open Field Operation and Manipulation

3.1 Beregningsområde

I beregningerne er benyttet et område på 2000 X 2000 m, heraf 800 X 800 m modelleret fint, hvor det fremtidige byggeri er modelleret med stor detaljeringsgrad og det nærliggende eksisterende område med lavere detaljeringsgrad, se Figur 3. Det groft modellerede område sikrer, at vinden udvikler sig efter de lokale forhold. I det groft modellerede område vil i beregningerne kun fremstå som en ruhed. De lokale vindforhold vil derfor ikke være retvisende, specielt ikke i nærheden af bygninger. Det er kun inden for det fint modellerede område, at resultaterne er retvisende.

Det skønnes, at områdets størrelse er passende for, at vinden kan udvikle sig retvisende. Uden for det modellerede område er der regnet med terrænkategori 1 – fladt ubebygget område, hvilket er konservativt. Det er dog uden betydning, da beregningsområdet er relativt stort.

Modelleringen er baseret på 3D-modeller, som er udleveret af Gröning arkitekter, samt en vurdering af det fjerntliggende opland vha. Krak.

Figur 3 viser et digitaliseret grundplan af området omkring Irma-byen.



Figur 3 Bygninger i beregningsområde for Irma-byen

Modellen vil blive beregnet for vind i 12 forskellige vindretninger: 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300° og 330°.

4. EKSISTERENDE FORHOLD

Coop-grunden er i dag karakteriseret ved ensartet lave industribygninger med stort grundareal (se Figur 4). Irma-tårnet skiller sig ud ved at være relativt højt på et lille grundareal.



Figur 4 Eksisterende bebyggelse i den fremtidige Irma-by

Industribygninger er lave i forhold til den nært liggende Vestvold samt i samme højde som de omkringliggende huse og træer. Bygningerne er desuden trukket væk fra naboområderne. Det vurderes derfor, at de lave industribygninger ikke vil have signifikant betydning for vindforholdene i naboområderne.

Irma-tårnet vil – som fritstående høj bygning – have betydning for det lokale vindmiljø. Ud fra beregningerne af de fremtidige forhold vurderes det dog, at denne påvirkning ikke vil række ud over den Irma-byens grund.

5. FORHOLD I BYGGEFASEN (MILJØPÅVIRKNINGER I ANLÆGSFASEN)

Der vurderes ikke at være særlige vindforhold, som vil gøre sig gældende i byggefasen. I byggefasen forventes det, at nogle af de eksisterende bygninger bliver revet ned. Som beskrevet i Af-snit 4 har disse bygninger ingen signifikant betydning for vindmiljøet i naboområderne. Derfor vurderes det heller ikke, at det vil have signifikant betydning for naboområdet at rive bygningerne ned.

6. FREMTIDIGE FORHOLD (MILJØPÅVIRKNINGER I DRIFTSFASEN)

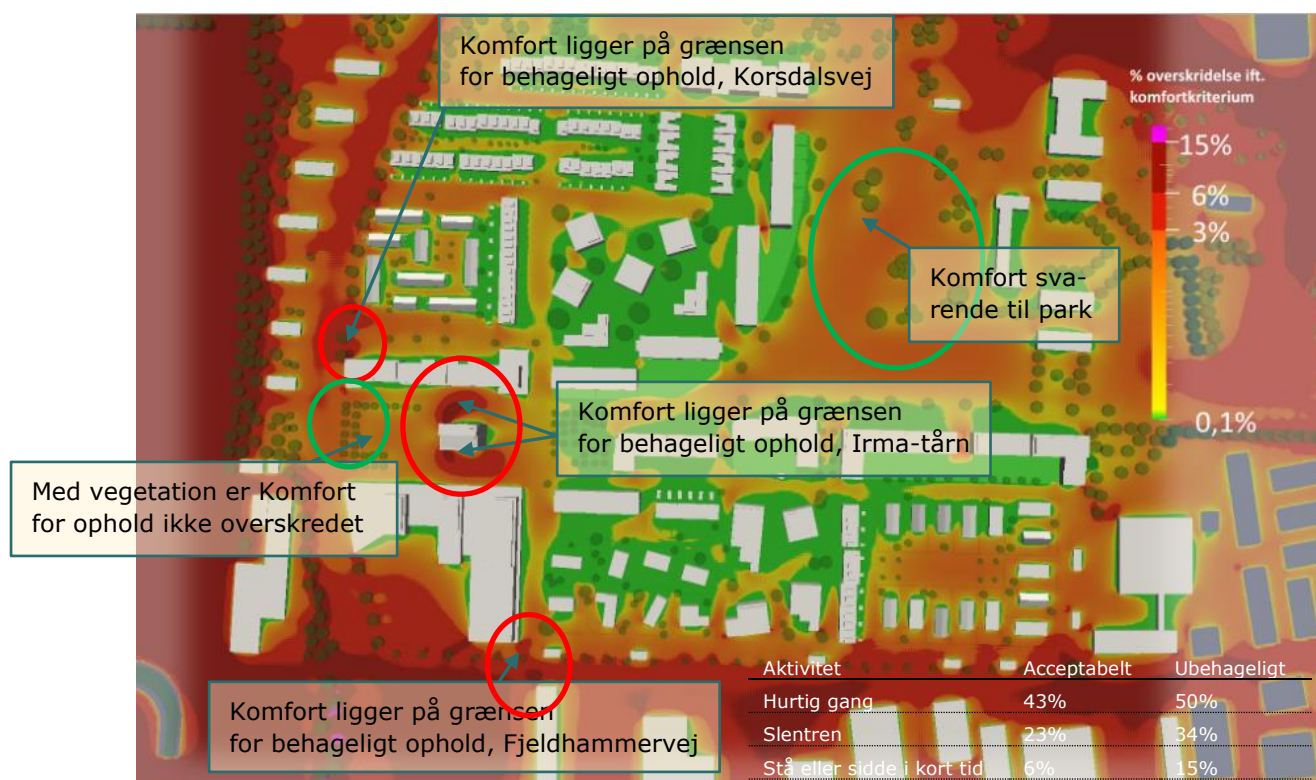
Der er foretaget CFD-beregninger af de fremtidige forhold. I det efterfølgende vil resultaterne blive gennemgået. Figur 5 viser en simpel fremstilling af overskridelse for komfortkriteriet summeret op for alle vindretninger, med træer med blade på, svarende til sommerperioden. Figur 6 viser en simpel fremstilling af overskridelse for komfortkriteriet summeret op for alle vindretninger, helt uden træer, svarende til at alle træer er fældet. Dette tilfælde svarer mest til vinterperioden.

Figurerne fokuserer på komfort i forhold til længerevarende ophold. Ved overskridelser på over 15 %, kan det stadig være behageligt at bevæge sig i områderne. Området vil dog ikke naturligt lægge op til, at folk sætter sig eller står stille i længere tid.

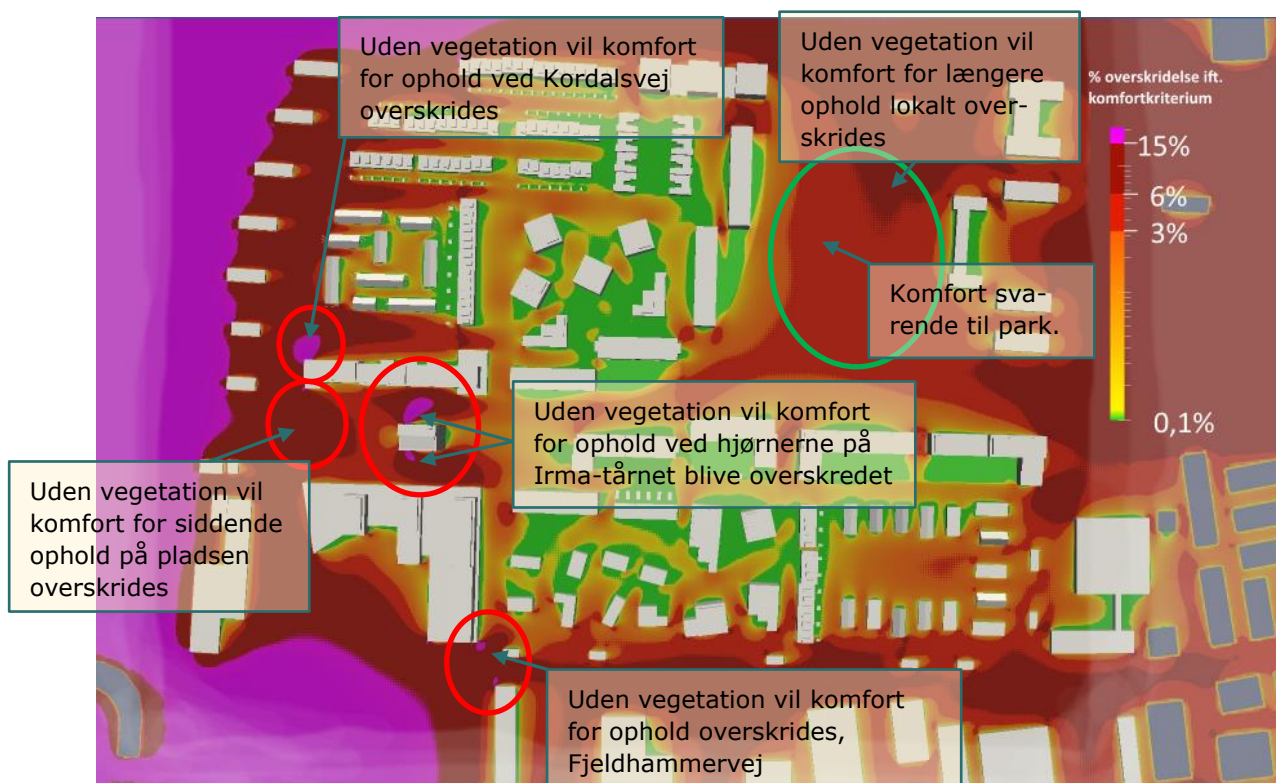
På figurerne vil der desuden blive vist eksempler på strømlinjer for områderne ved Irma-bygningen. Derved kan man se, hvor vinden kommer fra, og hvor den bevæger sig hen.

Der er generelt god vindkomfort i den fremtidige Irma-by – både med og uden træer. At bygningerne er forskudt i planen, giver godt læ og hindrer dannelse af vindtunneller. Det vurderes desuden, at naboområder – inkl. det åbne område mellem Irma-byen og Vestvolden – ikke vil blive påvirket væsentligt af den nye bebyggelse i Irma-byen.

Der er tre punkter, angivet på Figur 5, hvor komfort for længerevarende ophold overskrides med træer. Det er internt ved Irma-tårnet, ved Korsdalsvej og ved Fjeldhammervej. Uden træer vil komforten på pladsen vest for Irma-tårnet desuden være overskredet for længerevarende ophold, se Figur 6. De omtalte områder vil blive behandlet yderligere i det efterfølgende.



Figur 5 Beregninger med træer, se figur 3 for hvilke træer, der er modelleret. Total overskridelse af komfortkriterium. Procentvis periode, hvor komfortkrav på 6m/s er overskredet i et punkt.²



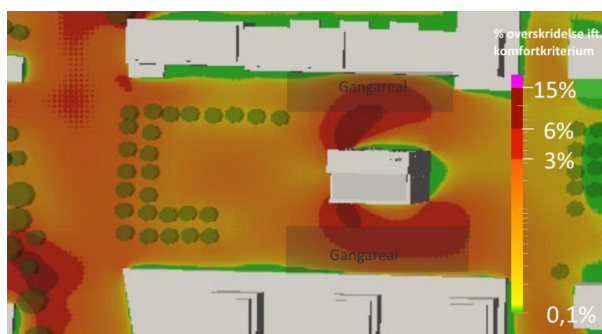
Figur 6 Beregninger uden træer, hverken træer inde i Irma-byen eller eksisterende træer. Total overskridelse af komfortkriterium. Procentvis periode, hvor komfortkrav på 6m/s er overskredet i et punkt.²

6.1 Internt i Irma-byen

Som tidligere nævnt vil vindkomforten internt i Irma-byen være god. De forskudte bygninger giver et godt vindmiljø. Centralt omkring selve Irma-tårnet vil der dog være vindmæssige udfor-

² Beregningerne er kun retvisende inden for det fint modellerede område jf. Afsnit 3.1

dringer. Når der placeres vegetation på pladsen mod vest, vil disse udfordringer til dels blive imødekommet, se Figur 7.

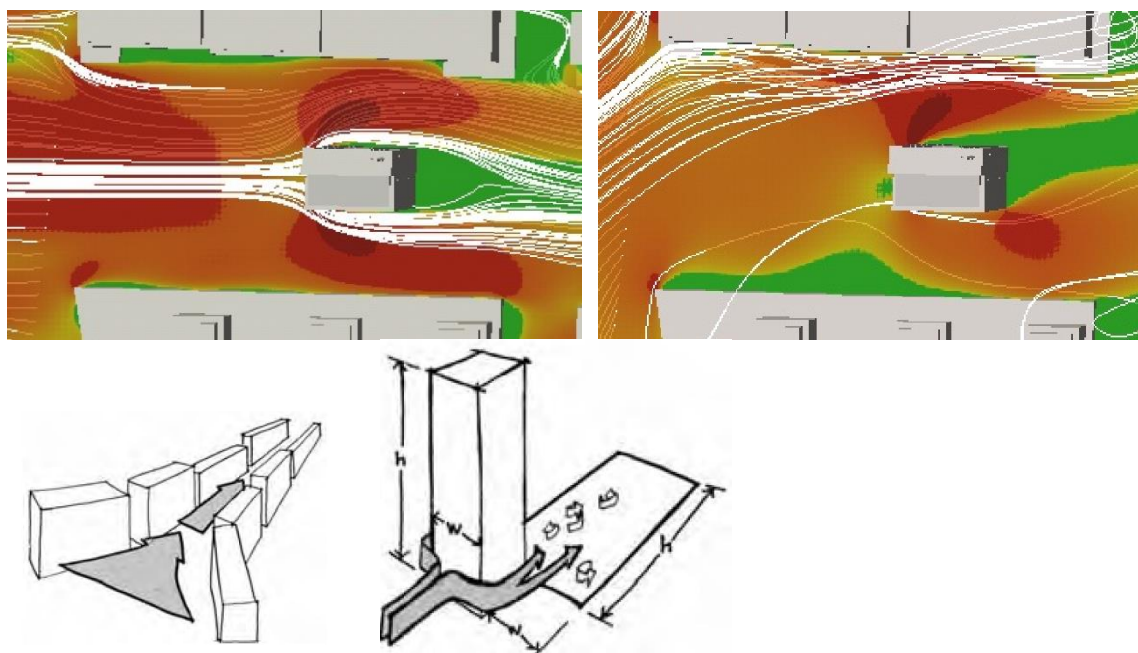


Figur 7 Beregninger med træer på pladsen ved Irma-tårnet. Total overskridelse af komfortkriterium. Procentvis periode, hvor komfortkrav på 6m/s er overskredet i et punkt.

	Accep- tabel	ube- hag
Hurtig gang	43%	50%
Slentre	23%	34%
Stå eller sidde i kort tid	6%	15%
Stå eller sidde i længere tid	0,1%	3%

Områderne umiddelbart nord og syd for Irma-tårnet er vindmæssigt udfordrede. Uden træer vil komfortkriteriet på 6 m/s være overskredet i over 15 % af tiden set over et helt år, se Figur 6. Det vil under ophold føles ubehageligt jævnfør Figur 2. Nord for strækker dette område sig ca. 15 m ud for tårnets facade, og syd for strækker det sig ca. 5 m ud. En del af vinden vil endda være nedadrettet. Det betyder, at det ikke vil være behageligt at benytte områderne til ophold. I forhold til folk i bevægelse vil det dog ikke være problematisk.

Overskridelsen af komfort opstår langt overvejen, når vinden kommer fra vestlige retninger. Vindhastigheden øges, fordi passagen for vinden indsnævres. Specielt ved hjørnerne vil der være udfordringer. Denne vind vil også danne nogle hvirvler på østsiden af huset.



Figur 8 Vind fra vest og vestsydvest, strømlinjer for vind vest for Irma-bygning (uden træer).

Som det ses af Figur 6, vil selve pladsen vest for Irma-tårnet ikke umiddelbart lægge op til længere ophold, hvis der ikke er træer. Primært vestenvinden er vanskelig for området, som det ses af Figur 8. Hvis området sammenlignes med de øvrige vindretninger i Bilag 2, kan det ses, at langt det største bidrag til den samlede overskridelse forekommer, når vinden kommer fra vest. Det skyldes, at der er meget åbent mod vest. Det bliver yderligere forværret af, at vestenvinden er den dominerende vind.

Ved at placere træer på pladsen, som angivet på Figur 7, er det det muligt at sikre bedre vindkomfort. Det vurderes, at vindkomforten på pladsen med træer vil være tilstrækkelig god til at have ophold, se Figur 7. Vindkomforten vil dog ikke være lige så god som fx inde i mellem den lave bebyggelse.

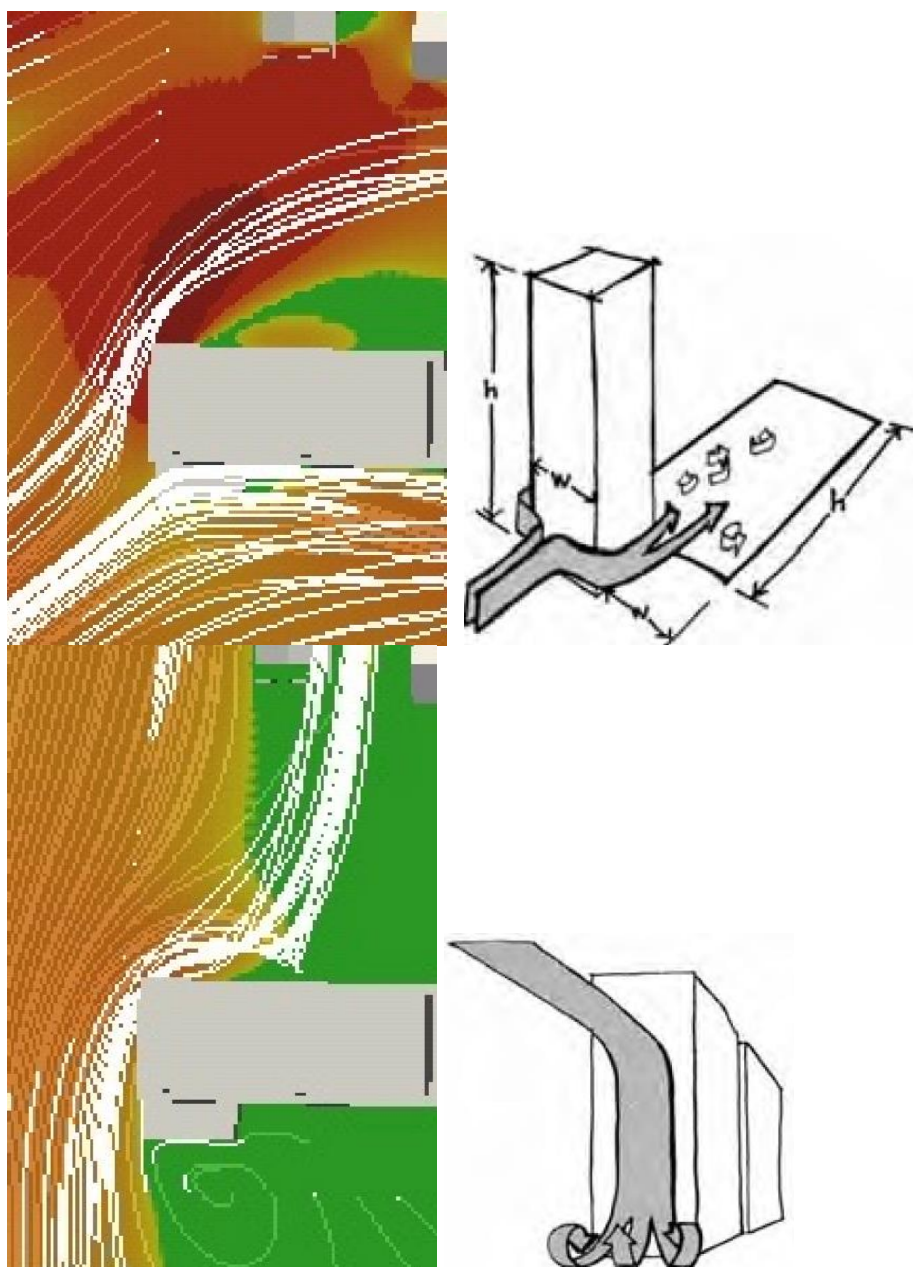
De planlagte nye træer vil ligeledes forbedre vindkomforten ved tårnets hjørne. Det vurderes dog, at det forsat ikke vil være komfortabelt at have længere ophold tæt op ad tårnets hjørner. Derfor anbefales det også, at gangarealer vil blive placeret tættest på facaden af de lave bygninger.

Placeringen af indgangspartiet for Irma-tårnet bør overvejes nøje. Mod vest må det forventes, at der vil være nedadrettet vind, derfor vil det eventuelt være nødvendigt at skærme indgangspartiet med et udhæng. For indgang mod syd og nord vil det yderligere være nødvendigt at skærme for sidevind primært fra vest. Det er specielt problematisk med indgangspartier ved det sydvestlige og nordvestlige hjørne. I forhold til vindkomfort vil den mest optimale placering af ny indgang til Irma-tårnet være mod øst.

6.2 Korsdalsvej

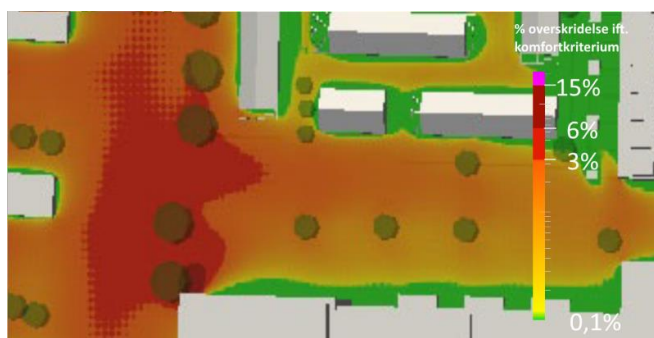
Det vurderes ikke, at kvarteret vest for Korsdalsvej vil blive signifikant påvirket af Irma-byen. Komforten i kvarteret vurderes primært at være dikteret af, at det ligger ud til et naturområde. På grund Irma-byens karakter med forskudte bygninger i varierende højder vurderes det dog, at Irma-byen vil kunne give lidt mere læ til kvarteret for vind fra øst og vest – men som nævnt, vil det ikke være signifikant.

På den østlige side af Korsdalsvej ligger en ret høj bygning – 8 etager – som er placeret ud til vejen. Det vil lokalt give øgede vindhastigheder og turbulens. Dette område strækker sig ikke ind i nabokvarteret. Vindforholdene skyldes dels, at vinden bliver presset uden om bygningen, når vinden kommer fra vestlige retninger, dels at vinden bliver trukket ned, som det ses af Figur 9. Lokalt – ved hjørnet af bygningen – vurderes det, at kriteriet for længerevarende ophold vil være overskredet. I forhold til personer i bevægelse vil det dog ikke være problematisk.



Figur 9 Vind fra sydvest og nord, strømlinjer for vind ved Kordsalsvej, vest for Irma-tårnet.

De planlagte nye træer på det åbne område nord for bygningen sikrer god vindkomfort for gående, se Figur 10. Hvis der ønskes decideret længerevarende ophold, bør det overvejes at skærme hjørnet yderligere.

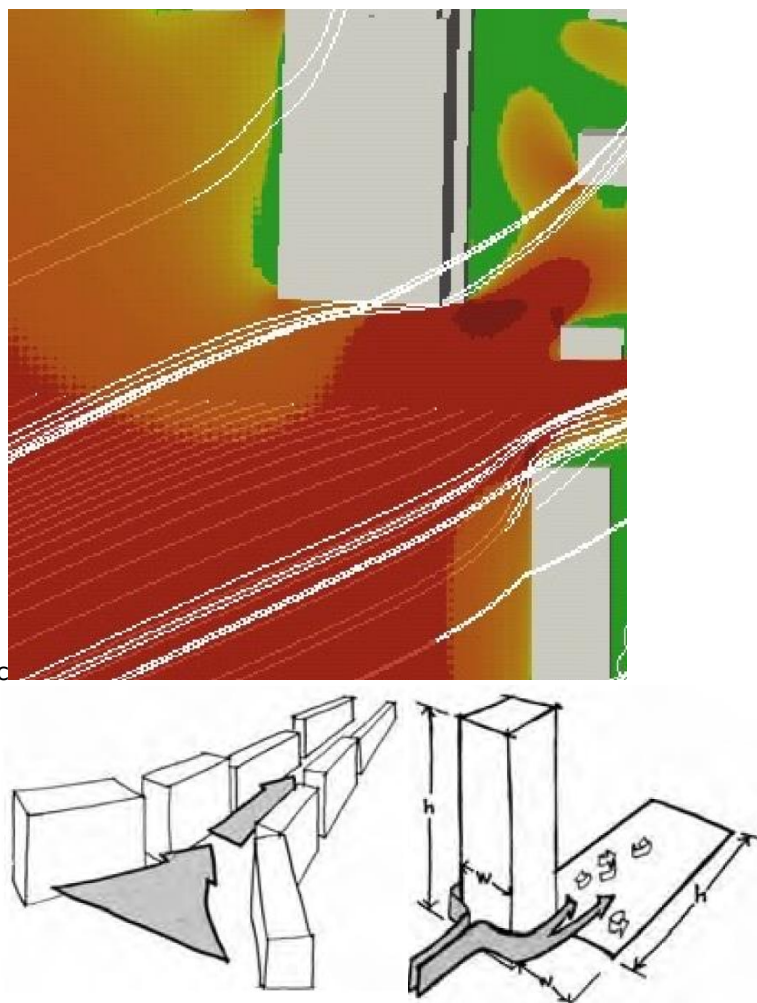


Figur 10 Planlagte nye træer, Kordsalsvej

6.3 Fjeldhammervej

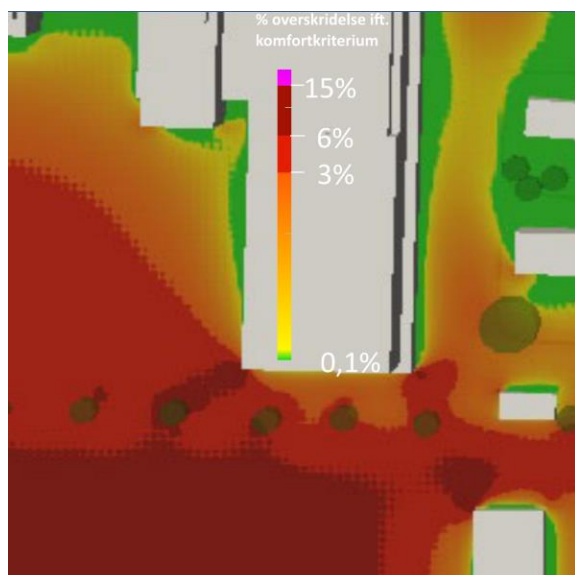
Det vurderes, at Irma-byens forskudte bygninger i varierende højder vil give lidt læ til kvarteret syd for Fjeldhammervej for vind fra nord og syd. Påvirkningen vurderes dog ikke at være signifikant.

I den vestlige ende af Fjeldhammervej ligger en ret høj bygning – 18 m – som er placeret ud til vejen. Lokalt vil det øge vindhastigheder og turbulens. Det skyldes dels, at vinden bliver presset uden om bygningen, når vinden kommer fra vestlige retninger, dels at bygningerne på begge sider af Fjeldhammervej danner en vindtragt, se Figur 11. Lokalt – ved hjørnet af bygningen – vurderes det, at kriteriet for længerevarende ophold vil være overskredet. I forhold til personer i bevægelse vil det ikke være problematisk.



Figur 11 Vind fra sygvest, Strømlinjer for vind i den vestlige ende af Fjeldhammervej.

De planlagte nye træer på det åbne område syd for bygningen sikrer god vindkomfort for gående, se Figur 12. Hvis der ønskes decideret længerevarende ophold, bør det overvejes at skærme hjørnerne yderligere.



Figur 12 Planlagte nye træer, Fjeldhammervej

6.4 Konklusion

Beregningerne viser, at vindkomforten i området generelt er god. Lokalt vil der være områder, der ikke vil lægge op til længerevarende ophold. Primært i områderne nord og syd for Irma-bygningen vil der være udfordringer. Der er primært udfordringer, når det blæser fra vestlige retninger.

Uden træer er pladsen vest for Irma-bygningen udfordret, når vinden kommer fra vest. Det skyldes, at pladsen er relativt åben mod vest. Ved placering af træer i den vestlige del af pladsen vurderes det, at der kan opnås komfort til længerevarende ophold. Generelt kan placering af træer forbedre vindkomforten.

Placering af gangpassage forbi Irma-tårnet samt indgangsparti for tårnet bør overvejes i forhold til vindkomfort. Gangarealerne og indgangspartiet for selve tårnet bør placeres i passende afstand fra tårnets nordvestlige og sydvestlige hjørne.

På grund af Irma-byens karakter med forskudte bygninger i varierende højder vurderes det, at Irma-byen vil give en anelse mere læ til nabokvarterene, dog ikke signifikant. Lokalt ved to høje bygninger – ud mod hhv. Kordalsvej og Fjeldhammervej – vurderes det, at vindkomforten ikke vil lægge op til siddende eller stående ophold. I forhold til personer i bevægelse vil det imidlertid ikke være problematisk. Ved at placere træer, som angivet ved disse bygninger, er det muligt at sikre bedre vindkomfort.

7. KUMULATIVE EFFEKTER (INTET AT BEMÆRKE)

8. AFVÆRGEFORANSTALTNINGER

Generelt vurderes det, at vindforholdene er gode i Irma-byen, og at Irma-byen ikke påvirker vindkomforten i naboområderne væsentligt. For at opnå de bedst mulige vindforhold er vinden tænkt ind i den indledende projektering. Bygningerne er forskudt i planen, hvilket giver godt læ og hindrer dannelse af vindtunneller.

Hvor det er vurderet, at vindkomforten har været udfordret, er der planlagt ny beplantning for at give læ og afværge eventuelle vindmæssige problemer. Det er nødvendigt med beplantning ved pladsen vest for Irma-tårnet, hvis den skal benyttes til længerevarende ophold.

Der bør placeres beplantning i nærheden af hjørnerne på de relativt høje huse ud til Kordsdalsvej og Fjeldhammervej.

Det er desuden vigtigt for vindmiljøet i den vestlige del af Irma-byen, at de eksisterende træer vest for Korsdalsvej bibeholdes.

Ved placering af gangarealer og opholdspladser, skal man være opmærksom på de lokale vindforhold. Der skal helst ikke placeres gangarealer tæt på Irma-tårnets vestlige hjørner.

9. OVERVÅGNINGSPROGRAM (INTET AT BEMÆRKE)

10. MANGLENDE VIDEN

I rapporten er der angivet beregningsresultater for primært vandrette vindhastigheder. Nedadrettet vind er indregnet i vindhastighederne. Luftnedfald kan imidlertid også være en faktor, som ligeledes kan forringe oplevelsen af komfort, idet nedadrettet vind kan føles mere ubehageligt end vandret vind. Denne faktor er ikke beskrevet særskilt i resultaterne.

I rapporten er der ikke redegjort for vindkomfort på tagterrasser.

BILAG 1 – BEREGNINGSGRUNDLAG

Undersøgelser af denne type kan med fordel foretages ved hjælp af enten vindtunnelforsøg eller numeriske CFD-beregninger. Udviklingen af CFD-programmer har gjort beregningerne lige så pålidelige som fysiske vindtunnelforsøg.

Vindhastighederne undersøges i områderne omkring bygningerne i højden 1,50 m over terræn – svarende til en gennemsnitlig fodgængers hovedhøjde. Ved at tage hensyn til, at vindretning og vindhastighed varierer over tid, kan det statistisk forudses, hvor ofte en kritisk vindhastighed vil optræde i et givent område. Der regnes i forhold til årsgennemsnittet.

Beregningsområde

I beregningerne er benyttet et område på 2000 X 2000 m, heraf 800 X 800 m modelleret fint, hvor det fremtidige byggeri er modelleret med stor detaljeringsgrad og det nærliggende eksisterende område med lavere detaljeringsgrad, se Figur 13. Det groft modellerede område sikrer, at vinden udvikler sig efter de lokale forhold. Det er kun inden for det fint modellerede område, at resultaterne er retvisende.

Modelleringen er primært baseret på 3D-arkitektmodel, som er stillet til rådighed af Gröning arkitekter.

Figur 13 viser et digitaliseret grundplan af området omkring Irma-byen.



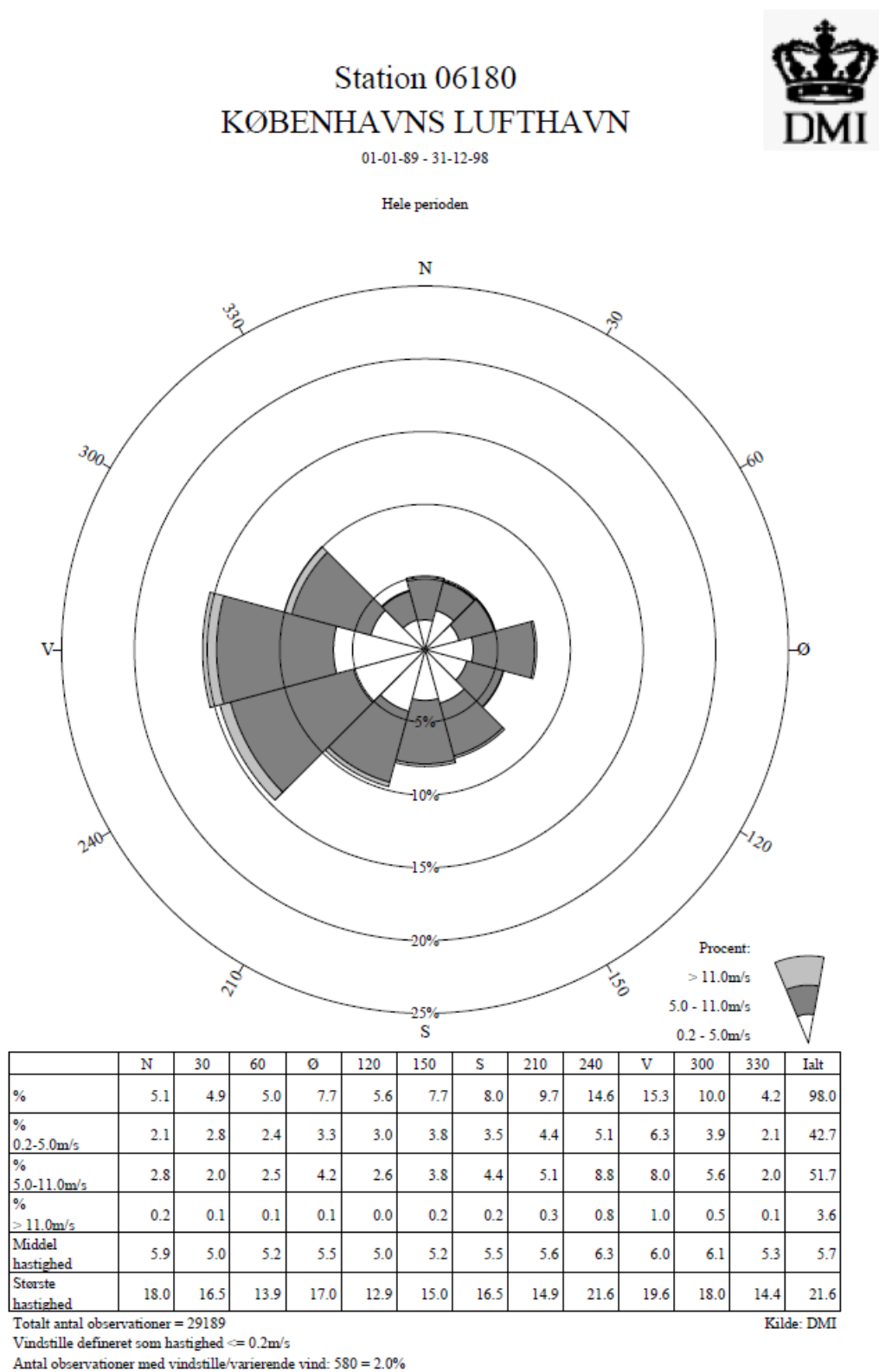
Figur 13 Bygninger i beregningsområde.

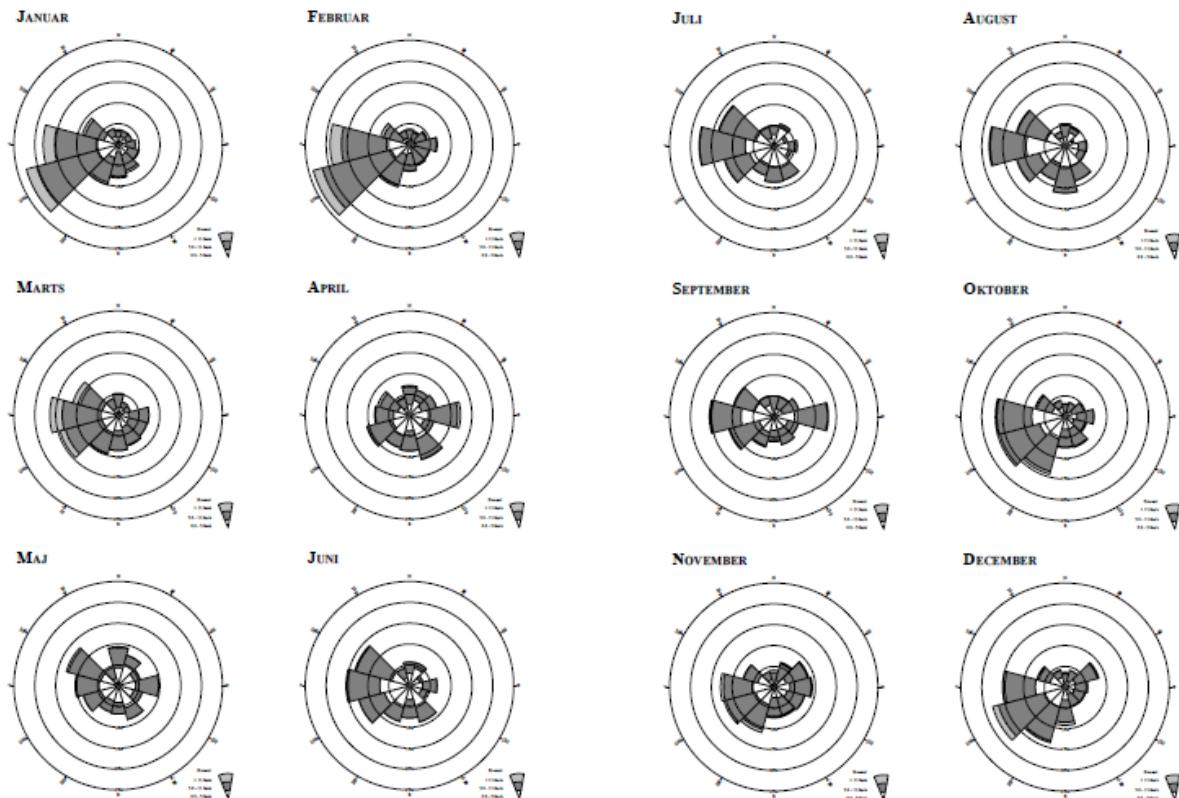
Modellen er blevet beregnet for vind i 12 forskellige vindretninger: 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300° og 330°. De 12 forskellige vindretninger vægtes i forhold til, hvor ofte og hvor kraftigt det blæser fra den pågældende vindretning.

Vindstatistik

En af de nærmeste meteorologiske stationer er Københavns Lufthavn. Vindhastigheder og vindretninger er taget fra DMI's tekniske rapport "Observerede vindhastigheder og -retninger i Danmark – med klimanormaler 1961-90", Cappelen, J. og Jørgensen, B., Technical Report 99-13, Danish Meteorological Institute, 1999. Resultaterne af observationerne kan ses af Tabel 1.

Tabel 1 Vindhastigheder og -retninger for Københavns lufthavn.





Vindhastigheder og frekvenser er baseret på observationer i perioden 1989-1998. De angivne vindhastigheder er "10 minutters middelvindhastigheden" observeret i 10 meters højde. Vindhastigheder og vindretninger varierer over året. I rapporten vil årsgennemsnittet blive benyttet.

Input-data

Randbetingelserne for den numeriske beregning er den uforstyrrede strømning. Strømningsprofilen er givet ved:

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

Hvor U_* [m/s] er friktionshastigheden, κ [-] er von Karmans tal, z [m] er højden, og z_0 [m] er ruhedslængden. z_0 er sat til 0,5 m, svarende til bymiljø, hvilket i denne sammenhæng giver en konservativ beregning.

Ruhedslængder på overflader er undersøgt for 0,2 m og 0,02 m. Overfladernes ruhedslængde har ikke stor betydning for beregningerne.

Kriterier for komfort og sikkerhed

Komfort og sikkerhed er meget subjektive følelser, derfor vil ethvert forsøg på at opsætte kriterier være forbundet med en vis usikkerhed. Som udgangspunkt vil resultaterne blive vurderet i forhold til et komfort- og sikkerhedskriterium, som er blevet opsat af Bottema, A., "Method for optimisation of wind discomfort criteria", Building and Environment, 35, 2000.

Komfort: $U + \sigma_u > 6 \text{ m/s}$

Sikkerhed: $U + 3\sigma_u > 20 \text{ m/s}$

Hvor σ_u er spredningen på hastigheden (turbulens). Til bestemmelse af turbulens benyttes turbulent kinetisk energi, k . Den anvendte turbulens er den lokale turbulens. Den globale turbulens er indarbejdet i det indkomne vindprofil.

Turbulens: $k = \frac{1}{2} \overline{u_i' u_i'} \rightarrow \sigma_u = 2\sqrt{k}$

Hvor u_i' er den fluktuerende del af strømningshastigheden.

Komfortkriteriet forholder sig til stillesiddende aktiviteter. I anden litteratur, fx Wellington City District Plan [4], vurderes det, at personer kan acceptere op til 10 m/s, hvis de skal stå i længere tid, og 15 m/s, når de går. At komfortkriterierne er overholdt, er ikke det samme som, at der er vindstille.

Overskridelsesfrekvensen vurderes i anvisninger i SBI 128, oprindeligt udarbejdet af A. Davenport, se Figur 14. SBI 128/Davenport benytter et kriterium på 5 m/s. Denne vindhastighed er en faktisk vindhastighed. Bottemas har derimod indarbejdet turbulensen samt øget komfortkriteriet til 6 m/s. Variationer i vind (turbulens) giver dårligere komfort end jævn vind. De to kriterier er sammenlignelige.

Vi vurderer, at det er mest retvisende at benytte Bottemas kriterium, hvor turbulensen er indarbejdet. Vi benytter derimod Davenports overskridelsesprocent, idet den giver et mere nuanceret billede af forskellige komfortområder.

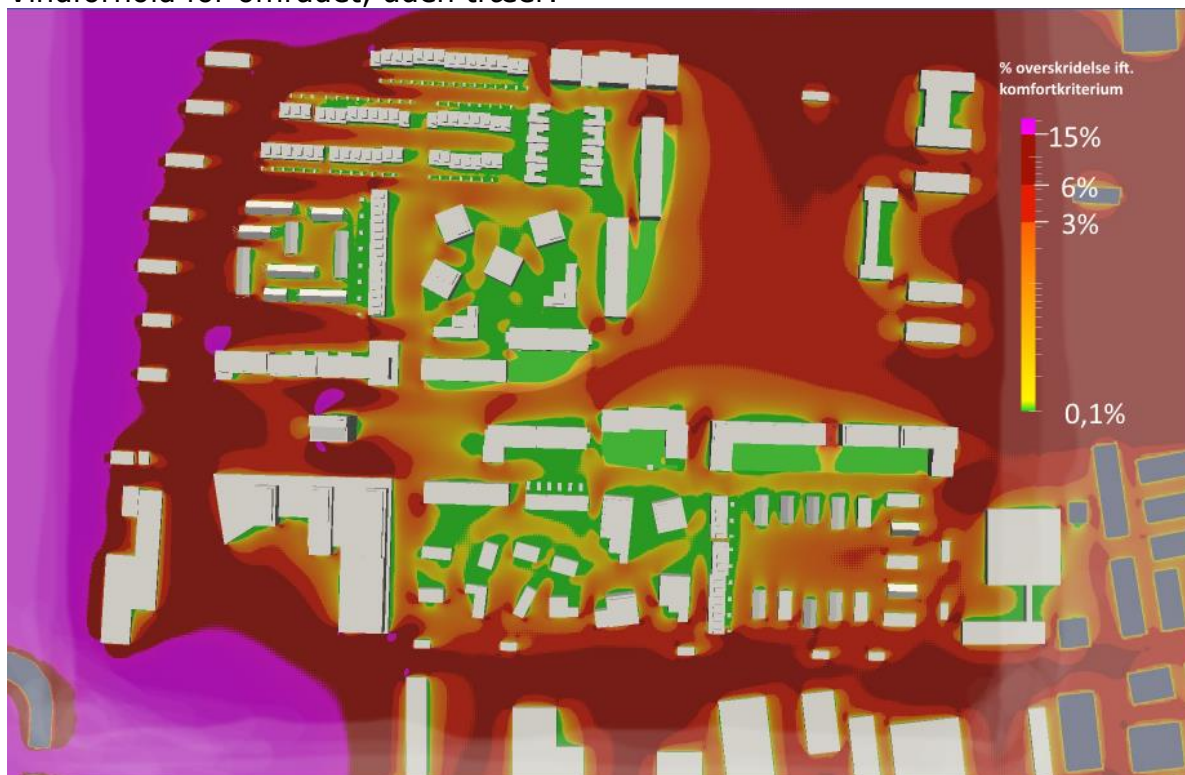
Aktivitet	Område	Karakteristik af vindmiljø		
		Acceptabelt	Ubehageligt	Meget ubehageligt til farligt
Hurtig gang	Fortov, stier	43%	50%	53%
Slentre	Parker, Butiksgader	23%	34%	53%
Stå eller sidde i kort tid	Parker, Pladser	6%	15%	53%
Stå eller sidde i længere tid	Udendørs restauranter, friluftteater	0,1%	3%	53%

Figur 14 Davenports komforttabel

Et område kan godt overordnet være komfortabelt, selv om komfortkriteriet er overskredet i perioder, fx hvis det ligger ud til vand, hvor man forventer, at det blæser. Det skal vurderes for de enkelte områder, hvor længe komfort- og sikkerhedskriterierne kan overskrides, hvor det stadig kan være acceptabelt.

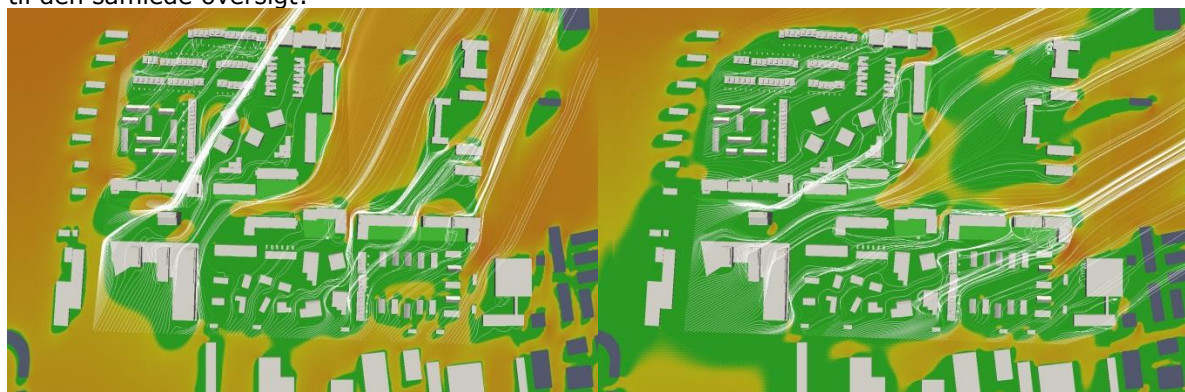
BILAG 2 – OVERSIGTSKORT

Vindforhold for området, uden træer.



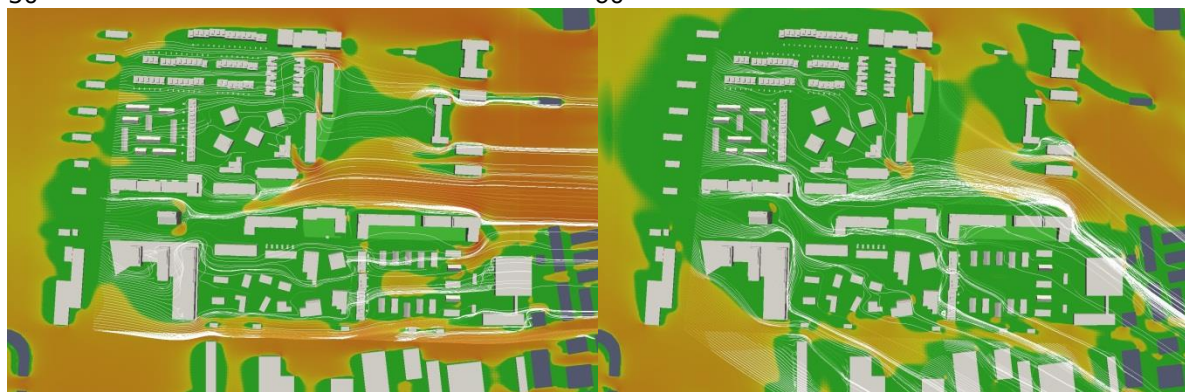
Total

Baggrundsmateriale for den samlede oversigt "Total", som viser de enkelte vindretninger bidrag til den samlede oversigt:



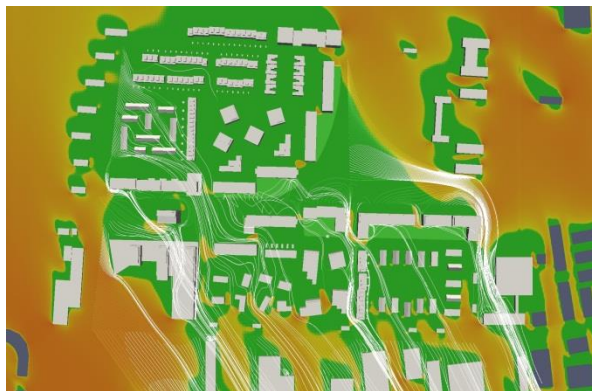
30°

60°

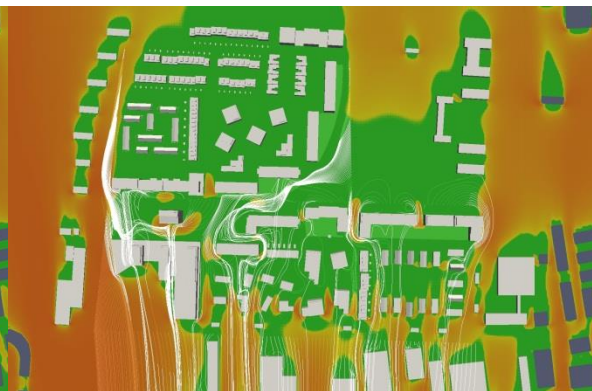


90°

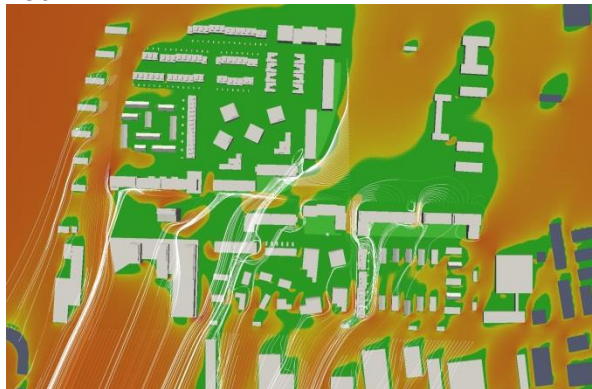
120°



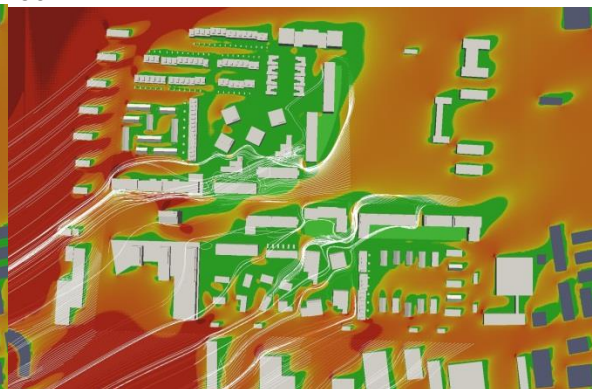
150°



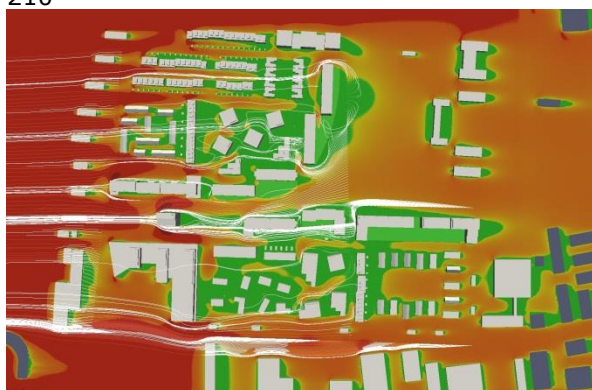
180°



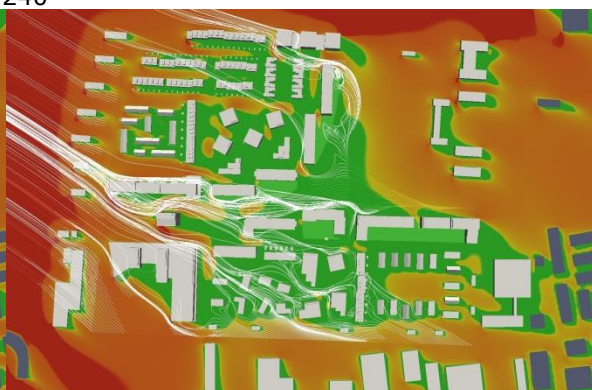
210°



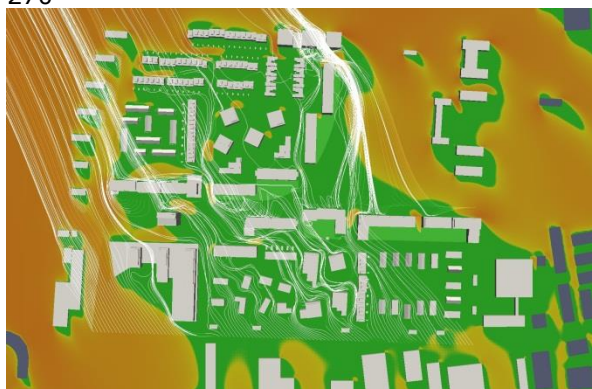
240°



270°



300°

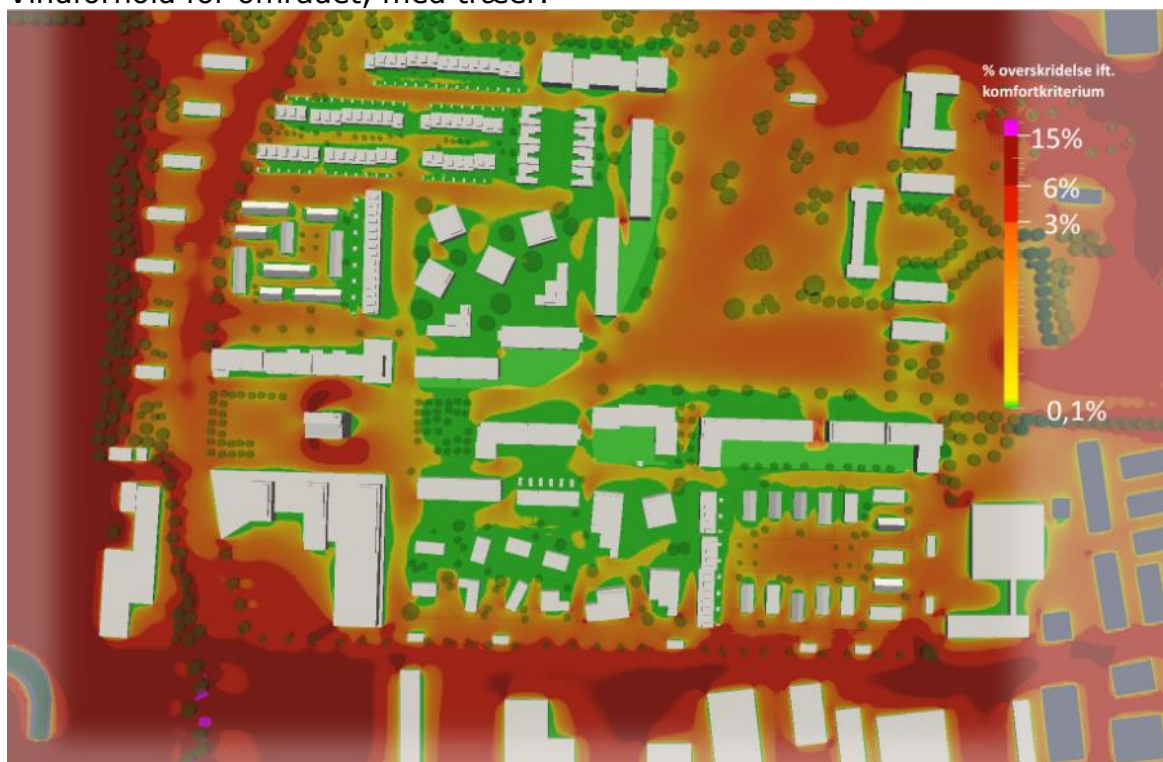


330°



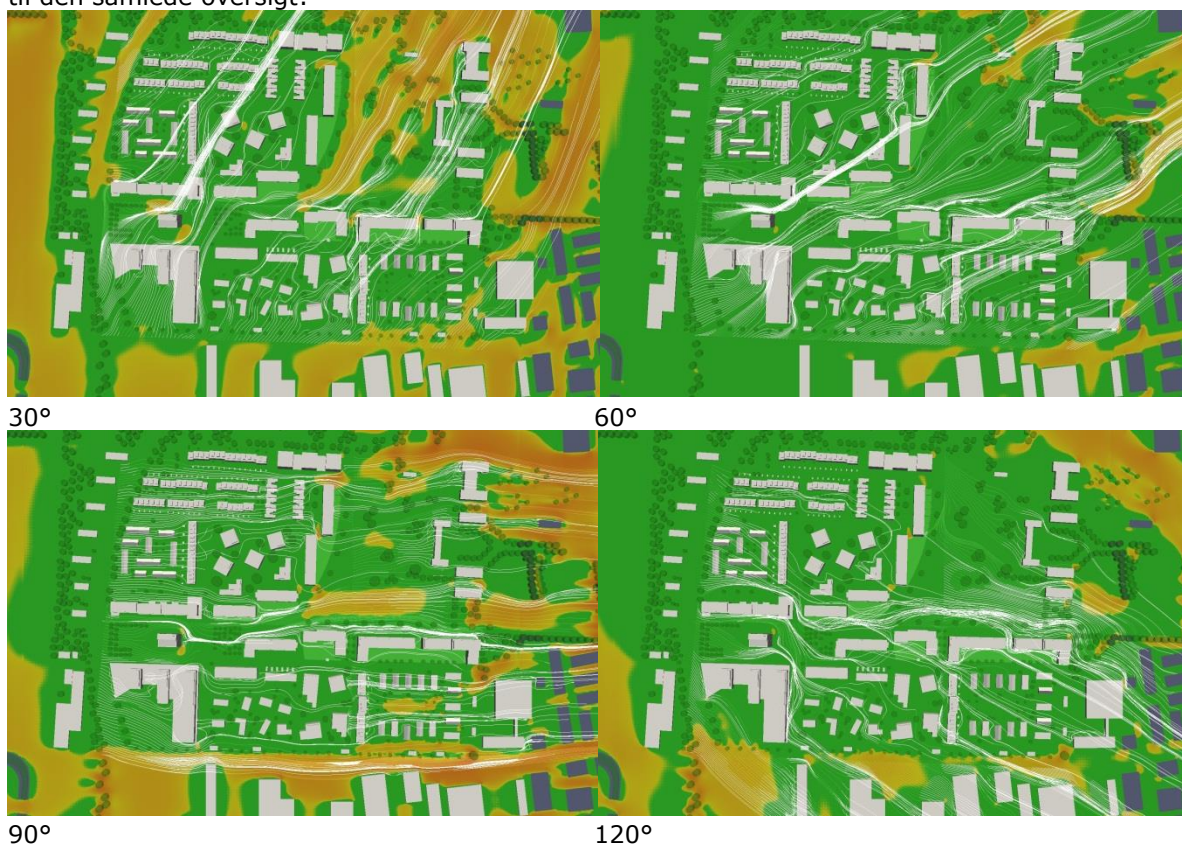
360°

Vindforhold for området, med træer.



Total

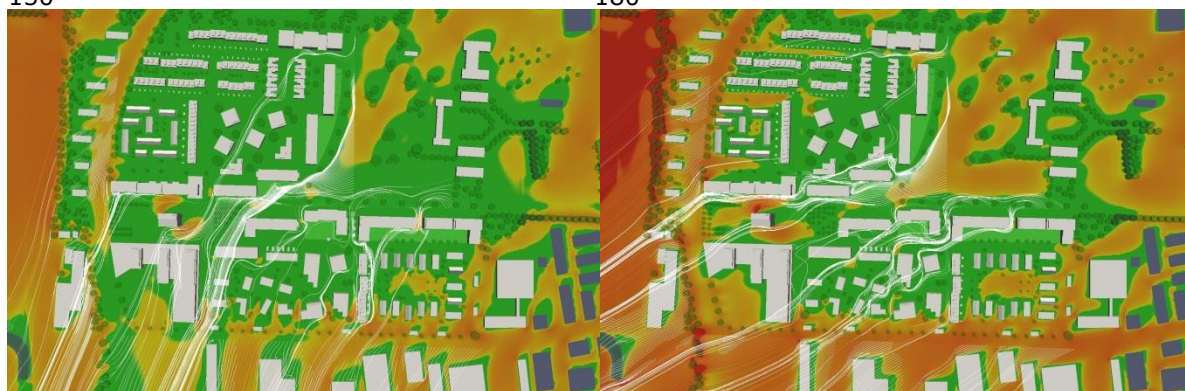
Baggrundsmateriale for den samlede oversigt "Total", som viser de enkelte vindretninger bidrag til den samlede oversigt:





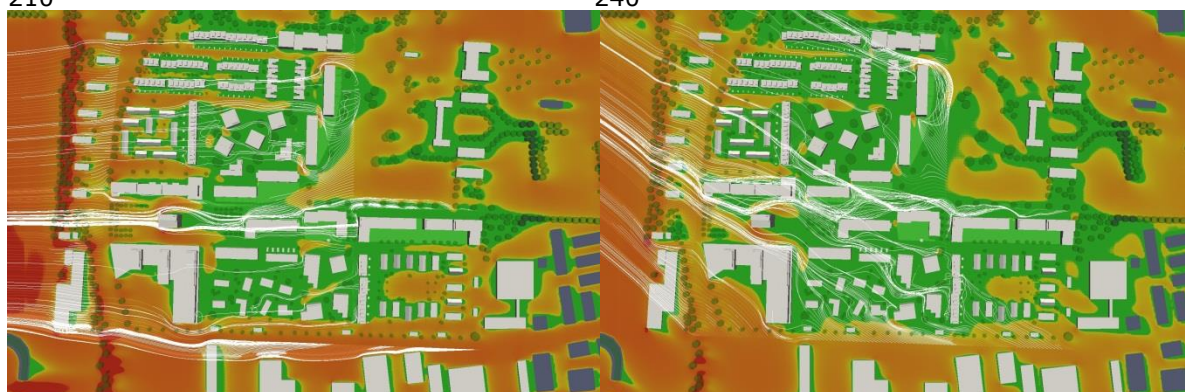
150°

180°



210°

240°



270°

300°



330°

360°