

13667-01 Arkitektkonkurranse Nyhavna – Fase 2 - Detaljreguleringsplan

13667-01-OO-R-001 rev. 01

Nyhavna vindkomfortanalyser



Doratorget på Nyhavna (fra Cobe.dk)

REVISJONER

Rev.	Dato	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	18.04.2024	Ken-Robert G. Jakobsen	Tore Andreas Helgedagsrud Lars Marius Mikalsen	Matias Linde Røsvik
01	11.10.2024	Jacob Hudtwalcker	Ken-Robert G. Jakobsen Tore Andreas Helgedagsrud	Matias Linde Røsvik

ENDRINGSHISTORIKK

Rev.	Referanse	Beskrivelse
00	-	Til kunde for kommentar
01	-	Første utgave

OPPDRAGSINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Cobe
Oppdragsgivers kontaktperson:	Navn: Sarah Falbe Hansen Epost: sarah@cobe.com
Anlegg:	Nyhavna Transittkaia
Oppdragsleder	Matias Linde Røsvik
Fagansvarlig	Ken-Robert G. Jakobsen
Andre nøkkelpersoner	Jacob Hudtwalcker Tore Andreas Helgedagsrud

SAMMENDRAG

Som del av vinnerteamet for utvikling av Transittkaia på Nyhavna i Trondheim er Dr.techn. Olav Olsen AS engasjert av Cobe for å utføre vindkomfortstudier på deres planforslag. Dette gjøres ved å kombinere CFD-analyser, statistiske beregninger av måledata og kjente vindkomfortkriterier.

Den oppstilte CFD-modellen er basert på terrengdata fra Høydedata og modeller for plansituasjonen for transittkaia på Nyhavna. 3D-modellene av bygningene er mottatt fra arkitekt. Dette kombinert med historiske vinddata fra målestasjon på Nyhavna og Lawsons LDDC vindkriterier danner grunnlaget for vindkomfortkartene som presenteres. Det er kjørt vindsimuleringer for 16 ulike vindretninger i CFD-programvaren ANSYS Fluent.

Vindkomfortkomfortkartene over Nyhavna viser at størstedelen av planområdet kan klassifiseres i Klasse 1, men at det også er enkelte områder i Klasse 2 og 3. Mindre områder indikerer Klasse 4, men dette ansees som av ubetydelig omfang. Dette betyr at stående og gående aktiviteter er akseptabelt i hele området, og for det meste sitting (Klasse 2). Men for Doratorget møter det ikke fullt ut kravene som stilles til et torg med hyppig opphold og sitting over lenger tid. Her bør avbøtende tiltak vurderes.

Bakgrunnen for den høyeste klassen sett på Doratorget skyldes hovedsakelig vinden fra vest og vest-nord-vest. Fra de retningene har vinden høy styrke, opptrer ganske ofte og kommer inn temmelig uhindret over Nidelva. Fabrikkområdet på andre siden gir en del skyggeeffekter, men er også ganske åpen og tillater at vinden passerer mellom bygningene.

Tilsvarende gjelder for området rundt næringsbygget i sør i både Alternativ 1 og Alternativ 2. Her skyldes også de høye komfortklassene rundt byggene vind fra vest. Det er lagt fram beplantningsforslag som trolig bidrar til en betraktelig reduisering av de fremstilte komfortklassene fra simuleringene.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
1.1	Om oppdraget.....	5
1.2	Forkortelser og definisjoner	5
1.3	Referansesystem	5
2	Retningslinjer	6
3	Beregningsmetode.....	8
3.1	Terrengmodell	9
3.2	Beregningsgrid.....	10
4	Vinddata Nyhavna	11
5	Resultater	13
6	Beplantning	16
7	Konklusjon og diskusjon.....	18
7.1	Avbøtende tiltak.....	19
7.2	Usikkerheter	19
	Referanseliste.....	20

VEDLEGG

Vedlegg A Vindkomfortkart Alternativ 1
Vedlegg B Vindkomfortkart Alternativ 2
Vedlegg C Vindkomfort næringsbygg
Vedlegg D Vindkomfortkart for hele Transittkaia
Vedlegg E Strømningsbilder Doratorget
Vedlegg F Strømningsbilder Næringsbygg sør

FIGURER

Figur 3-1: Deler av beregningsdomene for Nyhavna Transittkaia Alternativ 1	8
Figur 3-2: Deler av beregningsdomene for Nyhavna Transittkaia Alternativ 2	9
Figur 3-3: Kartutsnitt med aktuelt prosjekt med laserskanning for etablering av terrengmodell [3].	10
Figur 3-4 Beregningsgrid på overflater i Alternativ 2, utsnitt fra ANSYS Fluent.	10
Figur 4-1: Plassering av målestasjon for historiske vinddata Nyhavna.	11
Figur 4-2: Vindrose for Nyhavna [4].	12
Figur 4-3: Vinddata med sesongvariasjon.	12
Figur 5-1: Vindkomforkart over hele året i Alternativ 2 (omni) ved bakkenivå.	13
Figur 5-2: Vindkomfort rundt inngangspartiet på gateplan i Alternativ 2.....	14
Figur 5-3: Vindkomfort på toppen av platået i mellom næringsbygget i Alternativ 2.....	14
Figur 5-4: Doratorget – strømlinjer med vind fra vest.....	15
Figur 5-5: Doratorget – strømlinjer med vind fra vest-nord-vest.....	15
Figur 6-1: Planlagt beplantning på Doratorget.....	16
Figur 6-2: Beplantning rundt næringsbygget i sør i Alternativ 1.....	17
Figur 6-3: Beplantning rundt næringsbygget i sør i Alternativ 2.....	17
Figur 0-1: Alternativ 1	23
Figur 0-2: Alternativ 2	23
Figur 0-3: Alternativ 2	24
Figur 0-4: Vektorplot av vindhastigheten i vestlige retninger	25
Figur 0-5: Vektorplot av vindhastigheten i sørlige retninger	25

TABELLER

Tabell 2-1: Komfortnivåer i Lawson LDDC.....	7
--	---

1 INNLEDNING

1.1 Om oppdraget

Som del av vinnerteamet for utvikling av Transittkaia på Nyhavna i Trondheim er Dr.techn. Olav Olsen AS engasjert av Cobe for å utføre vindkomfortstudier på deres planforslag. Dette gjøres ved å kombinere CFD-analyser, statistiske beregninger av måledata og kjente vindkomfortkriterier.

Målet med oppdraget er å dokumentere komfortsituasjonen for planforslaget, med næringsbygget i sør. Rapporten er utarbeidet av Jacob Hudtwalcker og kontrollert av Ken-Robert G. Jakobsen. Beregningen er utført etter rådende retningslinjer i industrien og følger Lawsons kriterier for vindkomfort [1].

1.2 Forkortelser og definisjoner

- **CFD:** Computational Fluid Dynamics
- **GEM:** Gust Equivalent Mean
- **LDDC:** London Docklands Development Corporation

1.3 Referansesystem

Følgende referanser for posisjon og høyde er benyttet:

- Posisjoner er angitt i henhold til koordinatsystemet EUREF89, UTM32N.
- Høydesystemet benyttet i denne rapporten er NN2000.

2 RETNINGSLINJER

Vindkomfort er basert på numeriske konsepter for å beskrive hvordan folk oppfatter forskjellige vindforhold, ved varierende aktivitetsnivå. Evaluering av vindkomfort for fotgjengere i et urbant område baserer seg på tre hovedparametere:

- **Historiske vinddata (fra målestasjon)**
- **Lokale vindforhold (CFD-beregninger)**
- **Spesifikke komfortkriterier (eksempelvis Lawsons).**

Den lokale vindhastigheten må relateres til værstasjonens historiske data. Ved å gjøre dette kan sannsynligheten for at den lokale vindhastigheten overskrider de gitte terskelvindhastighetene definert av vindkomfortkriterier fastslås, målt i kroppshøyde 1.5 meter over bakkenivå.

Det finnes flere metoder for å kvantifisere vindkomfort. Vi anvender her industristandarden Lawsons LDDC kriterier for vindkomfort [1]. Som vist i Tabell 2-1 vurderes komforten etter kategorier og defineres som akseptabel dersom grenseverdiene opptrer mindre enn 5 % av tiden. Dette gir da akseptable hastigheter for forskjellige aktiviteter. Ved overskridelse bør man utforske avbøtende tiltak. Lawson-metoden opererer også med egne klasser for sikkerhet for hastigheter over 15 m/s, men dette vurderes ikke i dette studiet da vindkomfort er hovedmålet.

Vindkomfort defineres gjerne basert på enten middelvind eller en såkalt ekvivalent vindkastahastighet (GEM), der sistnevnte inkluderer effekten av 3-sekunders vindkast og vil følgelig være den mest konservative metoden av de to. GEM-vindhastighet defineres som:

$$U_{GEM} = \frac{U_{kast}}{1.85} = 1.66 U_{mean}$$

Vindkasthastigheten er gitt som:

$$U_{kast} = U_{mean} + k_g \sigma \approx 3 U_{mean}$$

I denne rapporten er GEM-hastigheten funnet gjennom standardavviket (σ) på de målte vindhastighetene i Nyhavna gjennom. Mer om dette i kapittel 4.

Noen ganger benyttes CFD-resultatene til å forklare vindforsterkning relativt en referansehastighet. Det er ikke dokumentert her da vi mener vindkomfortkartene er dekkende for å svare på oppgaven. Vindforsterkning kan bli aktuelt ved en eventuell undersøkelse av avbøtende tiltak i et av prosjektets kommende faser.

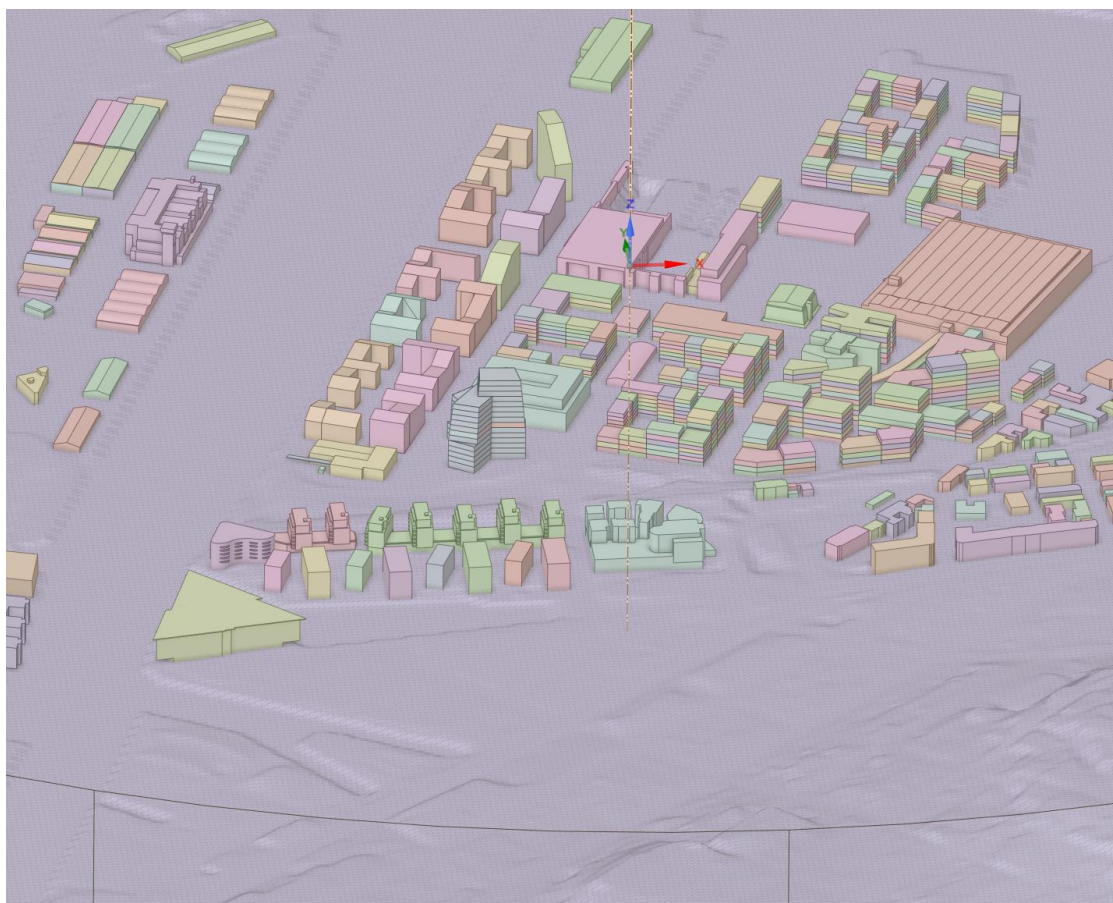
Tabell 2-1: Komfortnivåer i Lawson LDDC.

	Kategori	Vindhastighet	Sannsynlighet	Aktivitet
	1	4.0 m/s	< 5 %	Sitte lenge
	2	6.0 m/s	< 5 %	Sitte litt
	3	8.0 m/s	< 5 %	Stå rolig, spasere
	4	10.0 m/s	< 5 %	Gå
	5	10.0 m/s	> 5 %	Ukomfortabelt

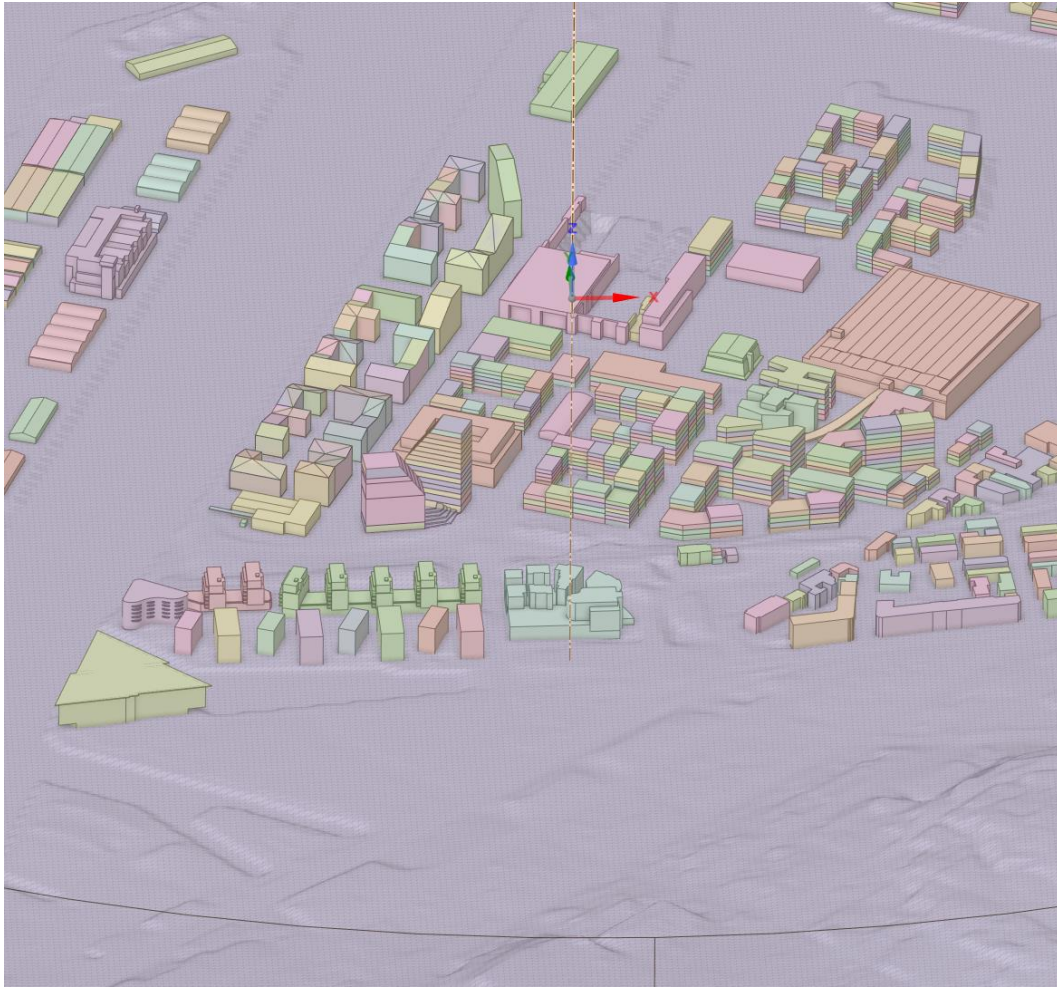
3 BEREGNINGSMETODE

3D CFD-analyser benyttes til å etablere de lokale vindforholdene på Nyhavna. Simuleringene er utført med det kommersielle programmet ANSYS Fluent [2]. For modellering av turbulens er industristandarden SST $k-\omega$ benyttet. Dette er en RANS-modell (Reynolds Averaged Navier-Stokes) som er basert på en tidsmidling av Navier-Stokes ligningene med utgangspunkt i at hastighetsfeltet kan dekomponeres i et midlere ledd og er fluktuerende ledd. Resultatene som vises i rapporten er oppnådd med såkalte steady-state-simuleringer som beregner gjennomsnittsverdier av vindhastighetene.

Et sirkulært beregningsdomene bestående av det aktuelle planområdet med eksisterende omkringliggende bebyggelse og terreng/topografi er etablert, se Figur 3-1 og Figur 3-2. Dette inkluderer områder i.e. en avstand på ca. 1.2 km i enhver retning fra planområdet slik at eventuelle skygge- og/eller forsterkningseffekter fra omkringliggende bebyggelse og topografi hensyntas i tilstrekkelig grad, samt at vindfeltet rekker å utvikle seg fullstendig. Det er kjørt analyser med 16 forskjellige vindretninger der samtlige resultater til slutt slås sammen i et omni-plot som vist i kapittel 5. Inputbetingelsene er vindhastighet og på utløpene benyttes trykkbetingelse.



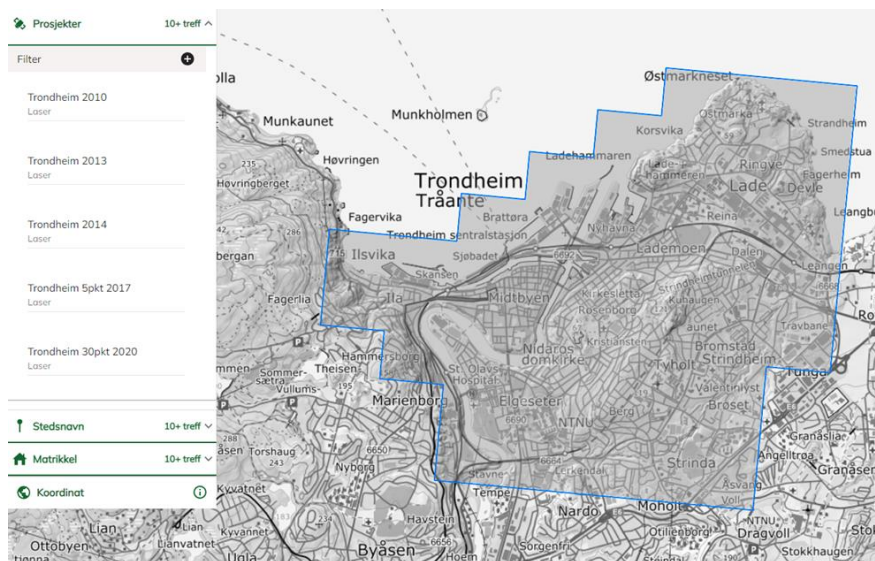
Figur 3-1: Deler av beregningsdomene for Nyhavna Transittkaia Alternativ 1.



Figur 3-2: Deler av beregningsdomene for Nyhavna Transittkaia Alternativ 2

3.1 Terrengmodell

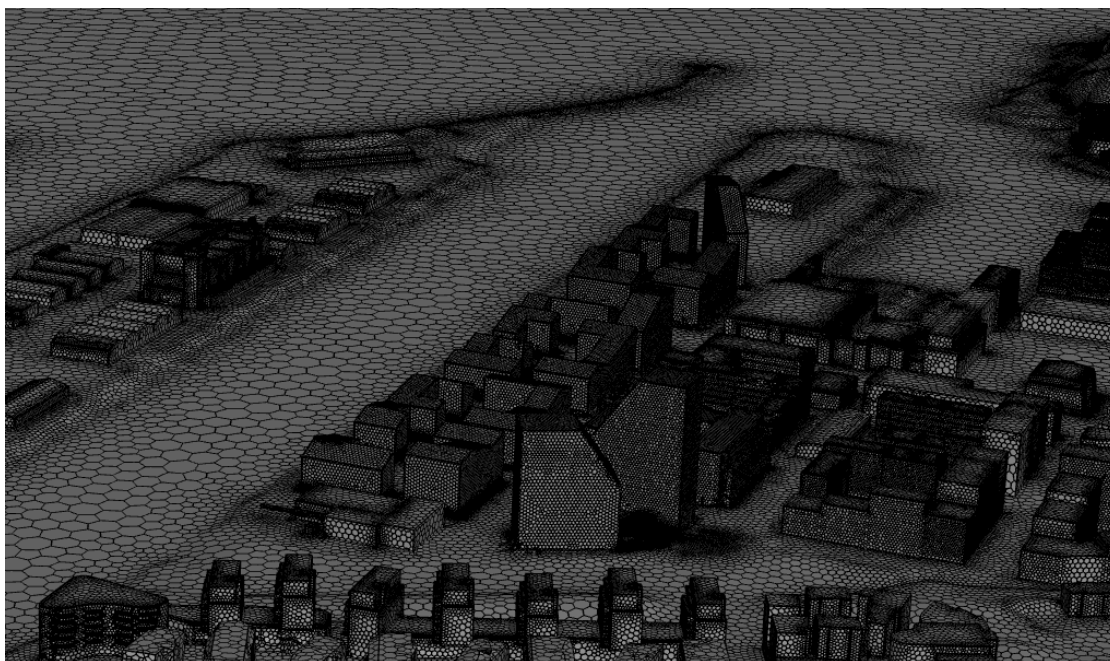
Terrengmodellen er basert på NDH (nasjonal detaljert høydemodell) DTM lastet ned fra Høydedata [3]. Her er det laserskanningen Trondheim 30pkt 2020 som danner grunnlaget for modellen, skannet i høydesystem NN2000, datum EUREF89, i UTM sone 32N i en punktetthet på minimum 30 punkt per kvadratmeter. Et utsnitt av området som prosjektet omfatter er vist i Figur 3-3.



Figur 3-3: Kartutsnitt med aktuelt prosjekt med laserskanning for etablering av terrengmodell [3].

3.2 Beregningsgrid

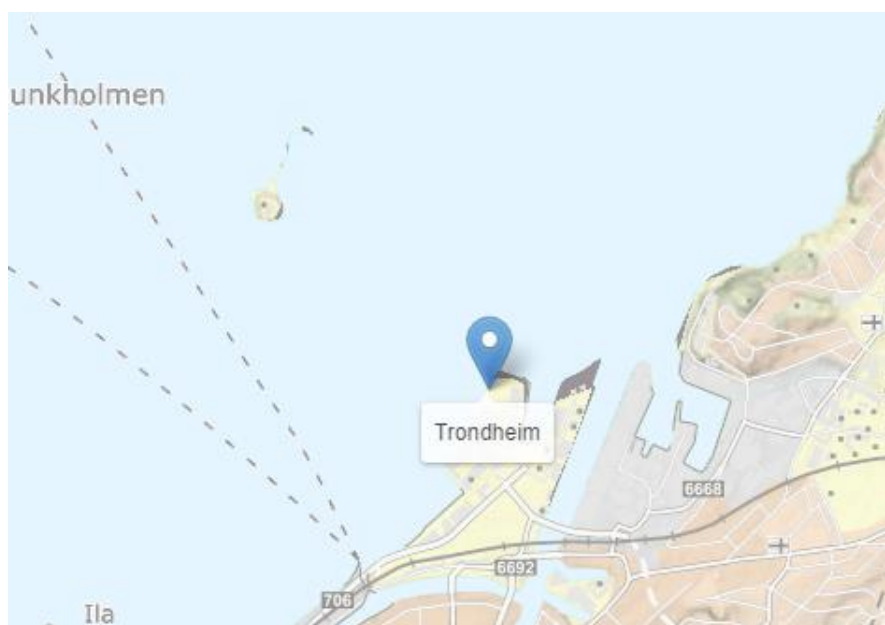
Det er i simuleringene benyttet et såkalt poly-hexcore beregningsgrid, generert i ANSYS Fluent. Figur 3-4 viser detaljer fra dette på overflater og på et horisontalt snitt gjennom domenet. Det er en høyere oppløsning på beregningsgriddet nærme bebyggelse og andre strukturer. Totalt består griddet av ca. 6 millioner elementer for begge alternativer.



Figur 3-4 Beregningsgrid på overflater i Alternativ 2, utsnitt fra ANSYS Fluent.

4 VINDDATA NYHAVNA

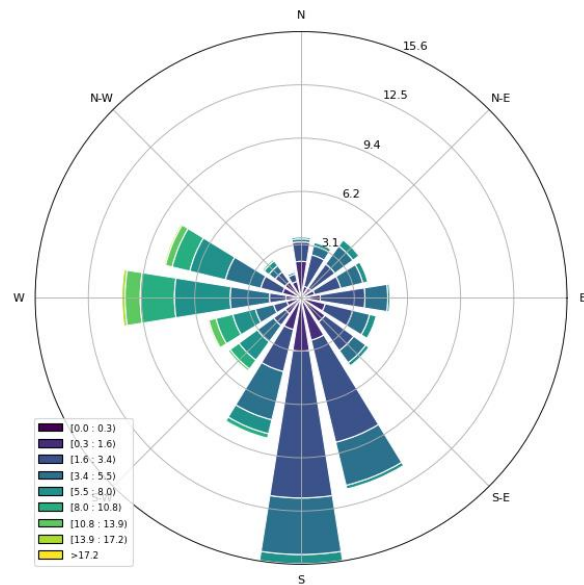
Historiske vinddata til bruk i prosjektet er hentet fra PortWind [4]. Dette er en målestasjon for Trondheim havn som er plassert på nord-vest-siden av Nyhavna, se Figur 4-1. Det er benyttet måleserie over perioden fra 25.09.2020 til 01.10.2023, som tilsvarer det intervallet med vinddata som var tilgjengelig ved oppstart av prosjektet. For vindkomfortstudier ansees dette som tilstrekkelig.



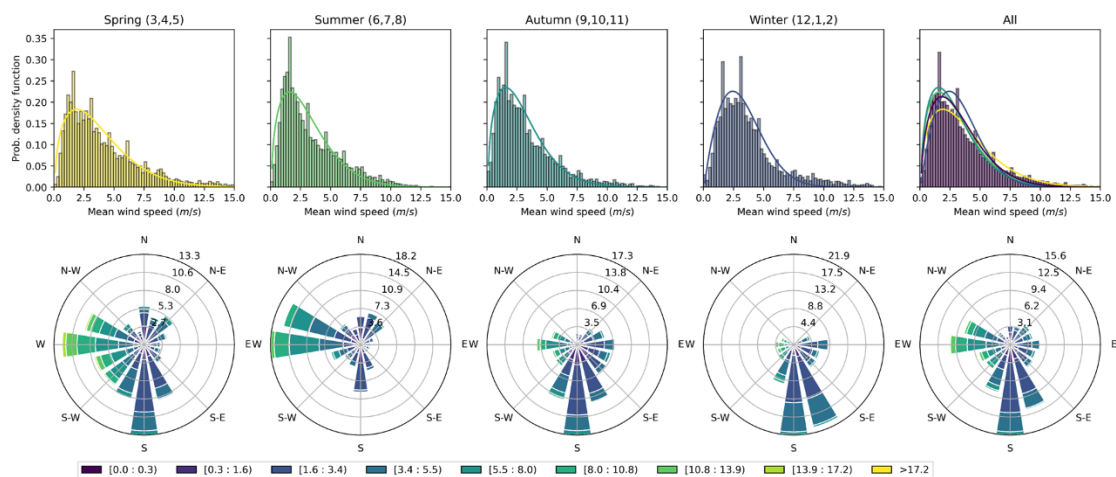
Figur 4-1: Plassering av målestasjon for historiske vinddata Nyhavna.

Vindrosen for Nyhavna er vist i Figur 4-2 for året sett under ett. Fra den leser vi at det blåser oftest fra sør, men at den sterkeste vinden kommer fra de vestlige sektorene. Det lite vind fra nord til sør-øst, som nok henger sammen med høydedragene i terrenget som omgir Nyhavna i disse retningene. I Figur 4-3 er det gjort en post-prosessering av vinddataene mtp. sesongvariasjon.

Ved å hensynta vindkast i tillegg til gjennomsnittlig vind er GEM-faktoren beregnet til **1.57**. Dette gjelder som snitt gjennom hele året og fra alle retninger (omni). Se kapittel 2 for definisjoner. Samtlige resultater i denne rapporten inkluderer GEM-faktoren.



Figur 4-2: Vindrose for Nyhavna [4].

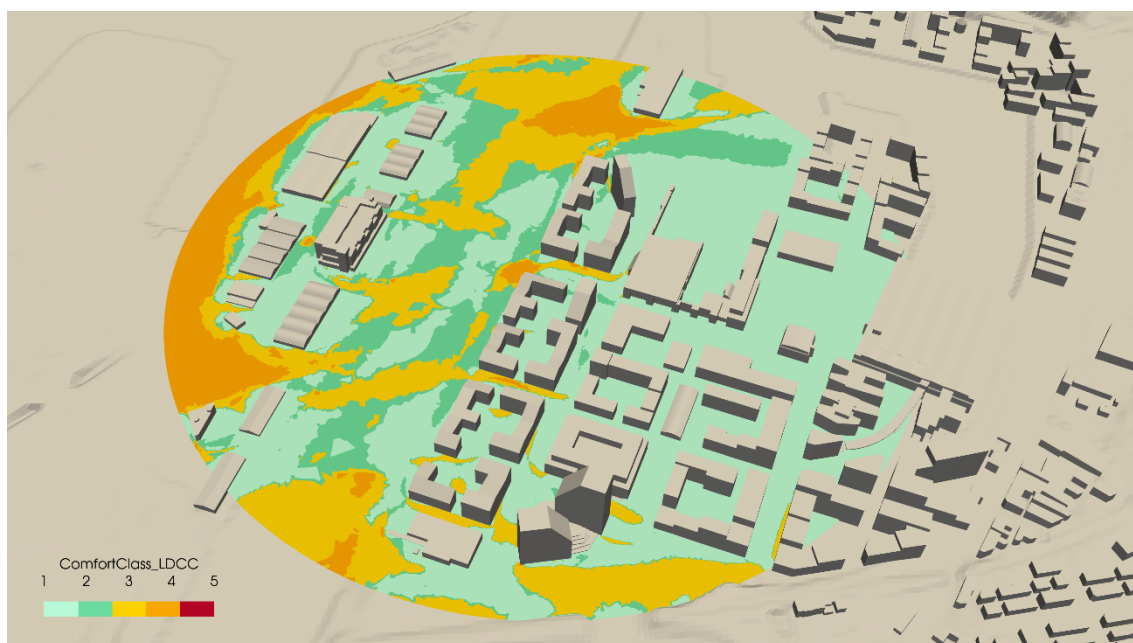


Figur 4-3: Vinddata med sesongvariasjon.

5 RESULTATER

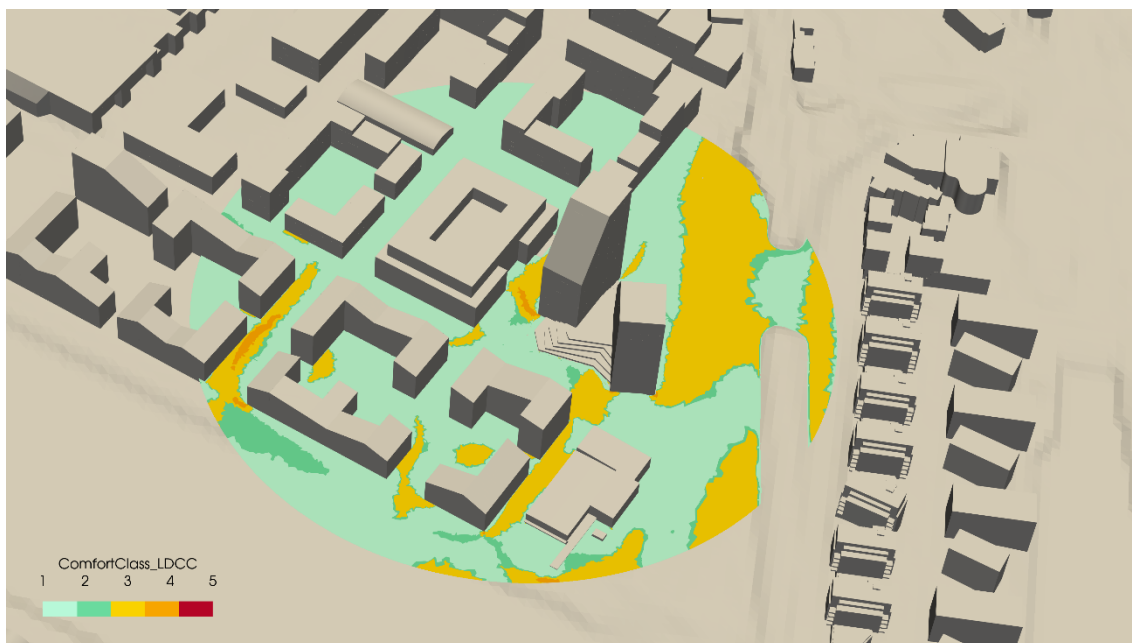
Resultatene er presentert som vindkomfortkart over de to alternativene og mer detaljerte bilder av strømningsmønstrene på spesifikke interesseområder. Resultatene diskuteres i neste kapittel. **NB:** Det kan forekomme mindre visuelle forskjeller i områder hvor de to alternativene i utgangspunktet er helt like, grunnet forskjeller i beregningsgridene. Ettersom hastighetsverdiene «tvinges» inn i fem klasser, vil et punkt som ligger i øvre sjiktet av en klasse i Alternativ 1, kunne havne rett over verdigrensen til neste klasse i alternativ 2 grunnet små endringer i grid-generering. Karakteristikken er dog helt lik, men er noe å være oppmerksom på om man oppdager små forskjeller i komfortklasse-resultatene.

Figur 5-1 viser vindkomfortkart for Nyhavna sett over hele året i Alternativ 2. Større versjoner av dette er gitt i 7.2Vedlegg A, 7.2Vedlegg B og 7.2Vedlegg D. Vindkomfortkartene er oppnådd ved å kombinere CFD-resultatene med de historiske vinddataene for stedet og Lawsons LDDC kriterier for vindkomfort, som beskrevet i de foregående kapitlene. Resultatene viser altså en sammenstilling av alle de 16 vindretningene som har blitt undersøkt.

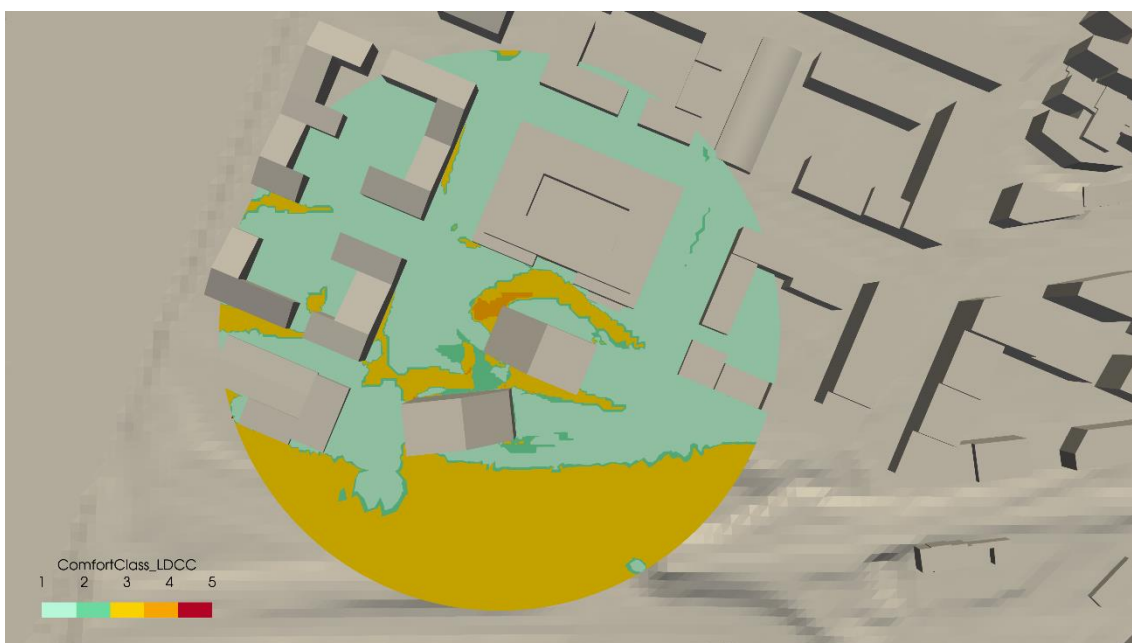


Figur 5-1: Vindkomfortkart over hele året i Alternativ 2 (omni) ved bakkenivå.

Figur 5-2 viser komfortkart rundt inngangen til næringsbygget i sør-enden av Nyhavna i Alternativ 2 på gateplan. Tilsvarende for Alternativ 1 ligger i 7.2Vedlegg C. I Figur 5-3 vises komfortkartet lagt litt i overkant av toppen av trappen i midten av næringsbygget i Alternativ 2, for å gi et innblikk i vindtilstander på oppholdsarealet.

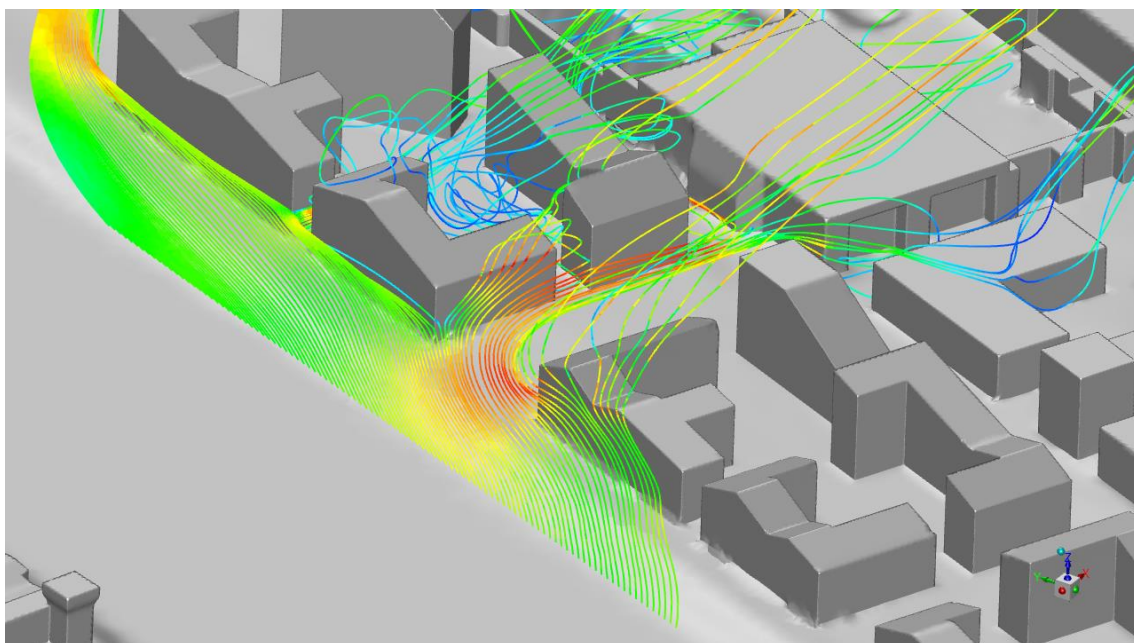


Figur 5-2: Vindkomfort rundt inngangspartiet på gateplan i Alternativ 2.

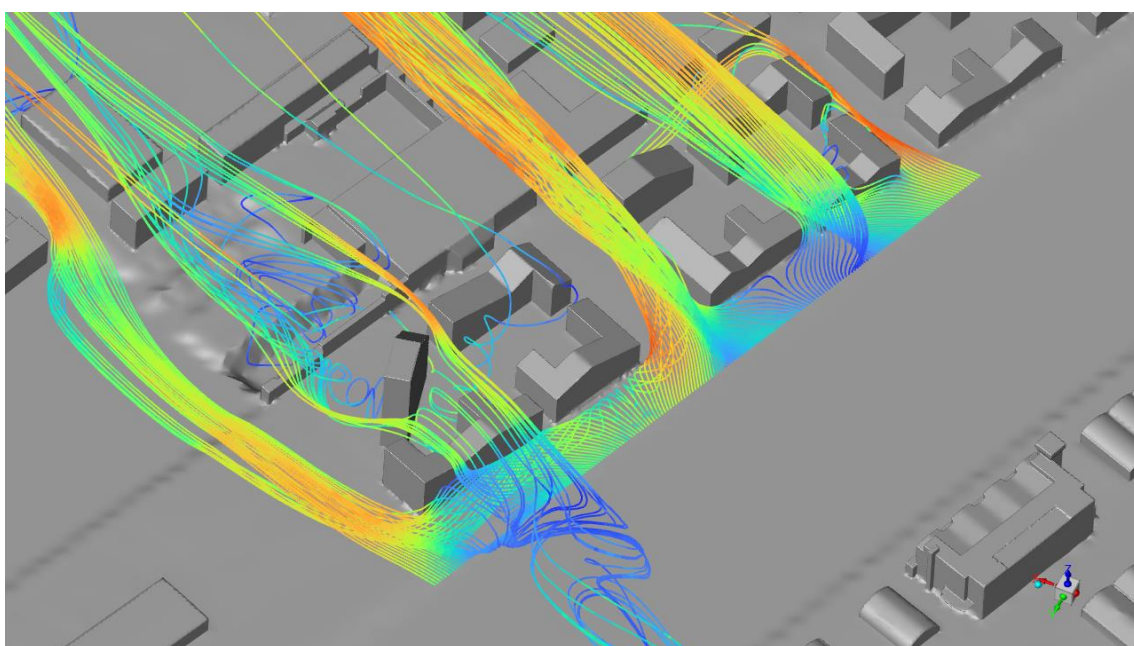


Figur 5-3: Vindkomfort på toppen av platået imellom næringsbygget i Alternativ 2.

Figur 5-4 og Figur 5-5 viser mer detaljert strømningsbilder over Doratorget fra CFD-analysene, for vind fra vest og vest-nord-vest. Dette er strømningslinjer sluppet rett utenfor Doratorget i samme plan som vindkomfortkartene er tatt ut på. Strømningene i dette området er identisk i begge alternativer, ytterligere detaljbilder er vist i 7.2 Vedlegg E.



Figur 5-4: Doratorget – strømlinjer med vind fra vest.



Figur 5-5: Doratorget – strømlinjer med vind fra vest-nord-vest.

6 BEPLANTNING

Beplantning er en effektiv måte å dirigere vindstrømmen, redusere hastighet i spesielt utsatte områder og spesielt for å redusere økte hastigheter rundt hjørner [5] [6]. Simuleringene tok ikke stilling til beplantning verken geometrisk eller ved bruk av matematiske modeller, men med hjelp av litteratur kan vurdering av deres effekt på strømningsfeltet fint gjøres i etterkant.

Figur 6-1 viser planlagt beplantning på Doratorget. Her ser man at det er både tatt høyde for økte hastigheter rundt hjørner, samt er det videre beplantning innover på torget som sørger for at de utsatte områdene blir tilstrekkelig beskyttet.



Figur 6-1: Planlagt beplantning på Doratorget.

Videre i Figur 6-2 og Figur 6-3 vises den planlagte beplantningen henholdsvis rundt næringsbygget i sør i Alternativ 1 og Alternativ 2. I Figur 6-2 ser vi at beplantningen i Transittgata foran næringsbygget kan bistå godt med å redusere komfortklassen i området av bygget som står ut mot Transittgata, sett i 7.2Vedlegg A og 7.2Vedlegg C. I kombinasjon med beplantningen på sør-siden av bygget vil trolig den sonen med økt komfortklasse på forsiden av bygget bli tilstrekkelig beskyttet. Tilsvarende tiltak er gjort i Alternativ 2, vist i Figur 6-3, hvor den vindkanalen som dannes ved en deling av bygget (se Figur 5-2 og Figur 5-3) blir tilstrekkelig beplantet.



Figur 6-2: Beplantning rundt næringsbygget i sør i Alternativ 1.



Figur 6-3: Beplantning rundt næringsbygget i sør i Alternativ 2.

7 KONKLUSJON OG DISKUSJON

Det er gjennomført en vindkomfortstudie av to forskjellige planforslag, hvor hoved-forskjellen er næringsbygget i sør, til Cobe og Topic Arkitekter for Nyhavna - Transittkaia i Trondheim. Den oppstilte CFD-modellen er basert på terrengdata fra Høydedata og modeller for plansituasjonen for transittkaia på Nyhavna. 3D-modellene av bygningene er mottatt fra arkitekt. Dette kombinert med historiske vinddata for Nyhavna og Lawsons LDDC vindkriterier danner grunnlaget for vindkomfortkartene som har blitt presentert. Det er kjørt vindsimuleringer for 16 ulike vindretninger.

Vindkomfortkomfortkartene over Nyhavna viser at størstedelen av planområdet plasseres i Klasse 1, men at det også er enkelte områder i Klasse 2 og 3. Mindre områder indikere Klasse 4, men dette ansees som av ubetydelig omfang. Dette betyr at stående og gående aktiviteter er akseptabelt i hele området, og for det meste sitting (Klasse 2). Men for Doratorget møter ikke fullt ut kravene som stilles til et torg med hyppig opphold og sitting. Her bør avbøtende tiltak vurderes. Noen eksempler er gitt nedenfor, samt gjort rede for i Kapittel 6.

Bakgrunnen for den høyeste klassen på Doratorget skyldes hovedsakelig vinden fra vest og vest-nord-vest. Fra de retningene har vinden høy styrke, opptrer ganske ofte og kommer inn temmelig uhindret over Nidelva. Fabrikkområdet på andre siden gir en del skyggeeffekter, men er også ganske åpen og tillater at vinden passerer mellom bygningene.

Tilsvarende gjelder for området rundt næringsbygget i sør i både Alternativ 1 og Alternativ 2. Her skyldes også de høye komfortklassene rundt byggene vind fra vest.

	Kategori	Vindhastighet	Sannsynlighet	Aktivitet
	1	4.0 m/s	< 5 %	Sitte lenge
	2	6.0 m/s	< 5 %	Sitte litt
	3	8.0 m/s	< 5 %	Stå rolig, spasere
	4	10.0 m/s	< 5 %	Gå
	5	10.0 m/s	> 5 %	Ukomfortabelt

7.1 Avbøtende tiltak

Eksempler på tradisjonelle avbøtende tiltak er gitt under. Disse er ment som generelle råd og ikke knyttet direkte opp til det aktuelle prosjektet.

- Lavere bygninger - vil slippe større deler av vinden over byggene i stedet for mellom byggene, mindre grad av downwash.
- Beplantning – trær, blomsterkasser etc. (Se Kapittel 6)
- Øke ruhet på fasader – balkonger, vegetasjon, lameller, solskjerming etc.
- Innføre bygningsutspring.

Aktuelle tiltak kan undersøkes i neste fase av prosjektet.

7.2 Usikkerheter

Siden CFD-modellering er en numerisk tilnærming av virkeligheten så vil det være usikkerheter knyttet til resultatene. Dette gjelder spesielt rundt domenestørrelse, gridfinhet og valg av numeriske algoritmer og parametere. Disse usikkerhetene kontrolleres gjennom sensitivitetsstudier og erfaring. I tillegg introduseres det usikkerheter gjennom bruk av forenklede 3D-modeller, terrengdata og vinddata.

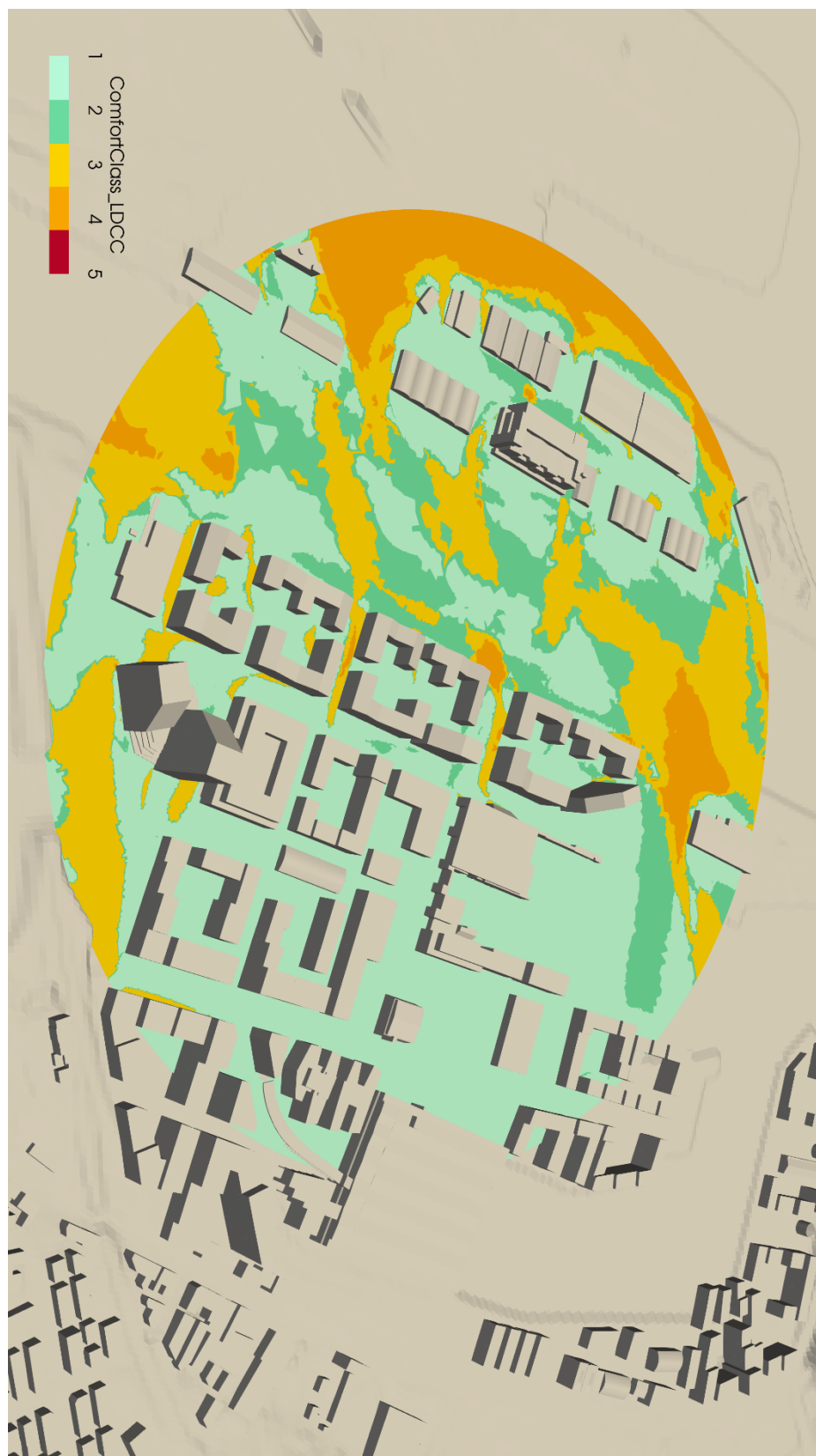
REFERANSELISTE

- [1] T. Lawson, Building Aerodynamics, Imperial College Press, 2001.
- [2] ANSYS, «Ansys Fluent,» 2023. [Internett]. Available: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent>.
- [3] «Høydedata,» Kartverket, 2023. [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [4] «PortWind,» [Internett]. Available: <https://portwind.no/#VS1906>. [Funnet 2023].
- [5] G. K. J. J. & C. W. Kang, «Computational fluid dynamics simulation of tree effects on pedestrian wind comfort in an urban area,» *Sustainable Cities and Society*, vol. 56.
- [6] A. G. M. C. F. O. M. G. A. & R. M. P. Ricci, «Impact of surrounding environments and vegetation on wind comfort assessment of a new tower with vertical green park,» *Building and Environment*, vol. 207, 2022.

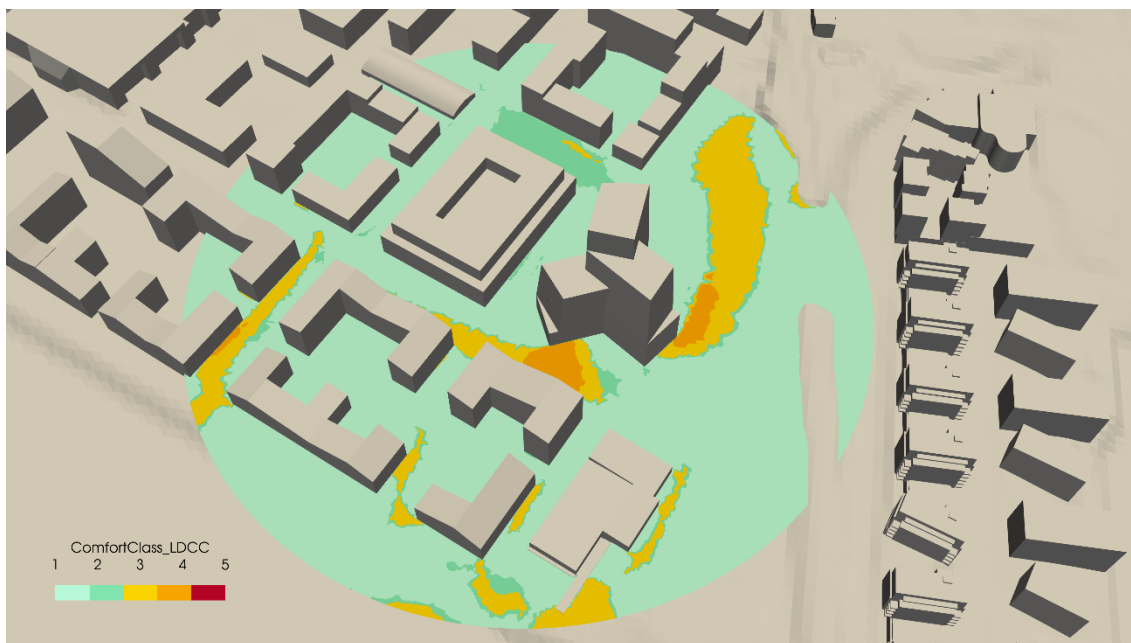
VEDLEGG A VINDKOMFORTKART ALTERNATIV 1



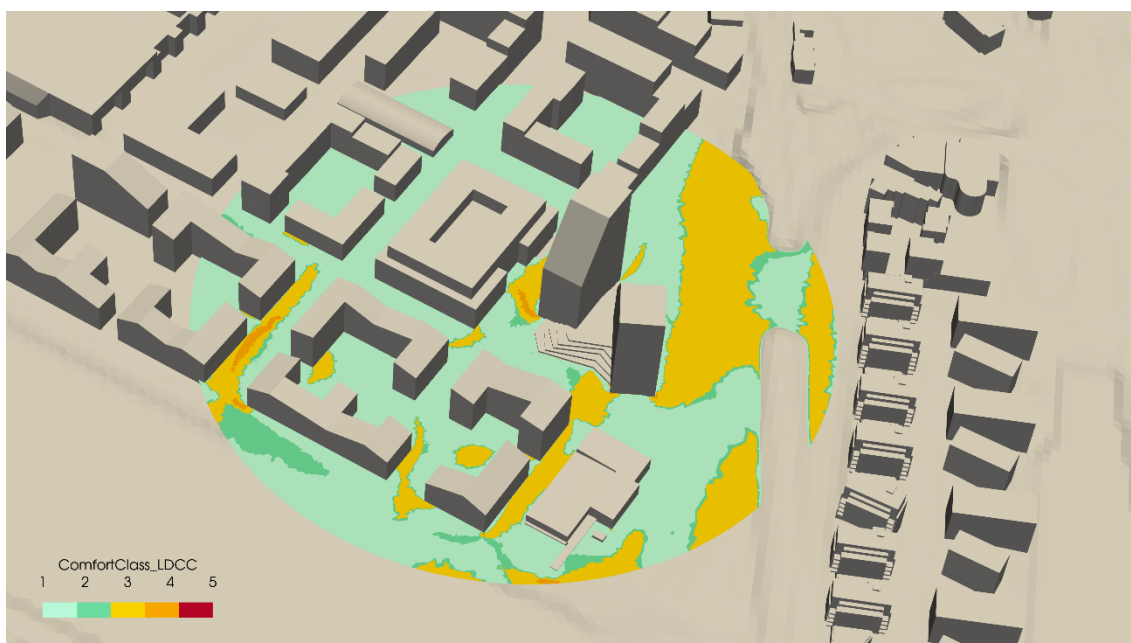
VEDLEGG B VINDKOMFORTKART ALTERNATIV 2



VEDLEGG C VINDKOMFORT NÆRINGSBYGG



Figur 0-1: Alternativ 1



Figur 0-2: Alternativ 2

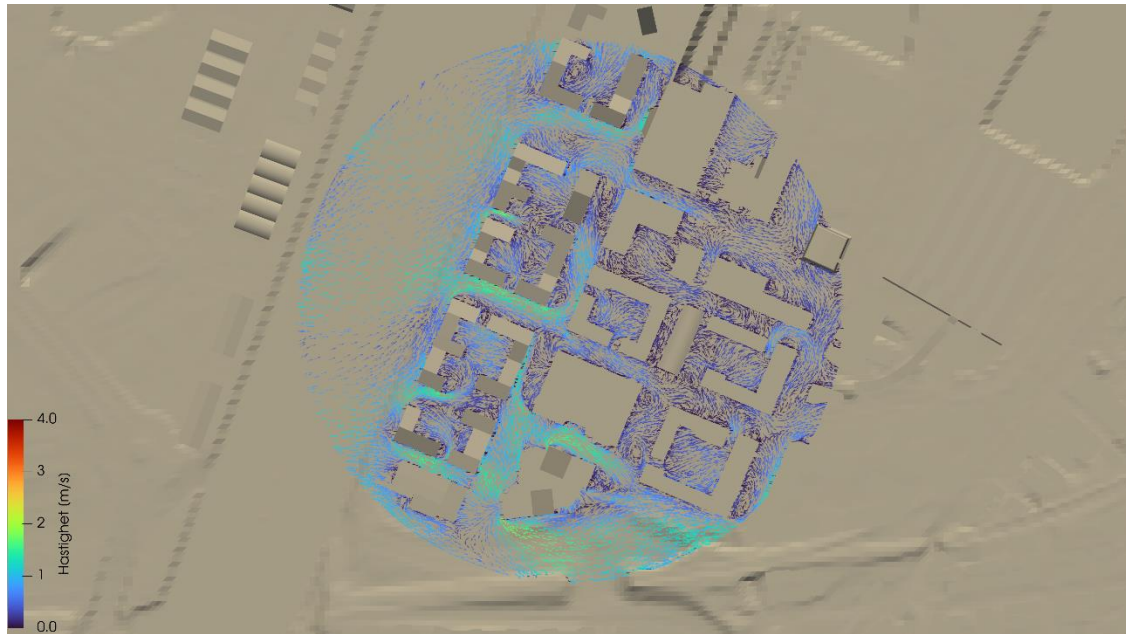
VEDLEGG D VINDKOMFORTKART FOR HELE TRANSITTKAIA



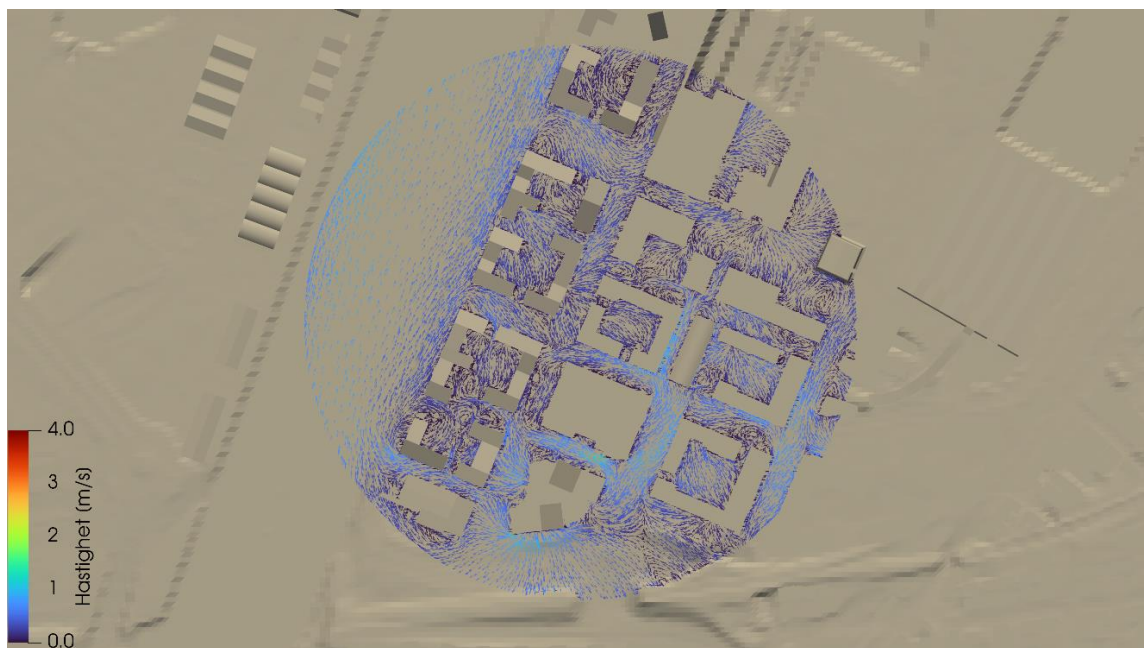
Figur 0-3: Alternativ 2

VEDLEGG E STRØMNINGSBILDER DORATORGET

Dette vedlegget inneholder hastighetsvektorer på et horisontalt snitt for Alternativ 2. I bilder som viser vestlig-vind er vest-sør-vest, vest og vest-nord-vest tatt med i betraktning vindrosen i Figur 4-2 og vektet riktig i henhold til hvor ofte de opptrer. Det samme gjelder vind fra sør hvor sør-sør-vest, sør og sør-sør-øst er tatt med i betraktning. Hastigheten er videre normalisert med inngående hastighet og skalert etter den mest opptredende hastigheten i Figur 4-3. Selve vektorene er ikke skalert, og hastigheten skal dermed kun bedømmes ut ifra fargekartet.



Figur 0-4: Vektorplot av vindhastigheten i vestlige retninger



Figur 0-5: Vektorplot av vindhastigheten i sørlige retninger

VEDLEGG F STRØMNINGSBILDER NÆRINGSBYGG SØR

Dette vedlegget inneholder hastighetsvektorer på et horisontalt snitt for Alternativ 2. I bilder som viser vestlig-vind er vest-sør-vest, vest og vest-nord-vest tatt med i betraktning vindrosen i Figur 4-2 og vektet riktig i henhold til hvor ofte de opptrer. Det samme gjelder vind fra sør hvor sør-sør-vest, sør og sør-sør-øst er tatt med i betraktning. Hastigheten er videre normalisert med inngående hastighet og skalert etter den mest opptredende hastigheten i Figur 4-3. Selve vektorene er ikke skalert, og hastigheten skal dermed kun bedømmes ut ifra fargekartet.

