

HELSE NORD TRØNDELAG

CFD SIMULERINGER AV ROTORVIND FRA AW101 VED NAMSOS SYKEHUS

TEKNISK NOTAT

ST-16926-2

Type dokument:

Teknisk notat

Rapport tittel:

CFD simuleringer av rotorvind fra AW101 ved Namsos sykehus

Kunde:

Helse Nord Trøndelag

OPPSUMMERING:

CFD simuleringer av downwash/rotorvind fra nytt AW101 helikopter er gjennomført for ny landingsplass ved Namsos sykehus

Dokument nr. ST-16926-2				
Forfattere R. H. Larsen, I. Fossan				
<i>Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.</i>				
Rev.	Dato	Grunn for rev.	Kontrollert	Godkjent
1.0	16.07.2021	Utkast	I. Fossan	A. Rydock
2.0	20.07.2021	Final	I. Fossan	K. Mo

Innhold

1	INTRODUKSJON	4
1.1	Generelt.....	4
1.2	Omfang.....	4
1.3	Formål.....	5
1.4	Terminologi	6
2	GRUNNLAG	7
2.1	Generelt.....	7
2.2	KAMELEON FIREEX – KFX.....	7
2.3	Topologi og struktur	8
2.4	Begrensninger.....	8
2.5	Teoretisk grunnlag.....	9
2.6	Vindstyrke (Beaufort)	10
2.7	Helikopter AW101	10
2.7.1	Beskrivelse.....	10
2.7.2	Modellering av helikopter rotorvind	10
2.7.3	Høyde over gitte lokasjoner ved landing/avgang.....	11
2.8	Turbulens.....	12
2.9	Helikopter hastighet og høyde	15
2.10	Flyvebaner	16
3	RESULTATER	17
3.1	Introduksjon	17
3.2	Landing fra vest	18
3.3	Landing fra øst.....	22
3.4	Avgang mot vest.....	26
3.5	Avgang mot øst.....	28
3.6	Hover	30
4	OPPSUMMERING.....	31
5	REFERANSER	32

1 INTRODUKSJON

1.1 Generelt

I forbindelse med innfasing av nye redningshelikoptre av type AW101 ved Namsos sykehus er det forutsett problematiske vindforhold på bakkenivå i nærområdet til helikopterdekket ved avgang og landing. Økt rotorvind (downwash), dvs. nedadgående vind fra helikopterets rotor, kan gi vesentlige vindhastigheter på bakkenivå. De nye helikoptrene er tyngre enn dagens Sea-King helikoptre og rotordiameter er noe mindre, noe som generelt sett fører til kraftigere rotorvind.

Denne studien kartlegger effekt av rotorvind for AW101, og gir et grunnlag for å vurdere tiltak som kan redusere ugunstige effekter av de endrede strømningsforholdene rundt landingsplassen.

1.2 Omfang

Effekten av helikopterets rotor undersøkes metodisk ved å beregne strømningsbilde for bestemte lokasjoner til helikopteret under avgang eller landing. Den metodiske tilnærmingen og tilhørende usikkerhet diskuteres videre i avsnitt 2.4.



Figur 1.1 Nytt helikopterdekk ved Namsos Sykehus

1.3 Formål

Formålet med studien er å undersøke følgende:

- Vindhastigheter på bakkenivå ved bruk av AW101 ved Namsos sykehus på ny helipad.

Simuleringene er gjennomført for vindstille vær (vind referer til hastighet 10 m over bakken). Vindstille er antatt å være det verste tilfellet idet rotorvinden vil gi en brå endring av strømningsforhold ved stille vær, samt gi høyere rotorinduserte hastigheter på bakkenivå. I tillegg kreves mer thrust fra helikopteret for å opprettholde høyde, da maskinen ikke får løft fra den ambiente vinden.

1.4 Terminologi

Begrep eller forkortelse	Forklaring
AHL	Akuten og Hjerte lunge-senteret
AW	AgustaWestland
CAD	Computer Aided Design (3D modell)
CFD	Computational Fluid Dynamics
DOM	Filformat overflatemodell
DTM	Filformat terrengmodell
Entalpi	Begrep innenfor termodynamikken som brukes til å beskrive mengden av varme i et system
FVM	Finite Volume Method
KFX	Kameleon Fireex
Projisert maksimal absolutt hastighet	Absolutt hastighet referer til den totale hastighetskomponenten. Dvs.: $u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}$ Projisert maksimal referer til maksimale verdier i et angitt volum projisert vinkelrett inn i planet som vises. Ved å bruke dette gis en oversikt over maksimale vindhastigheter innenfor volumet av interesse. Dette er vil være et supplement til å studere hvert plan i det angitte volumet separat.
Transient	Tidsavhengig

2 GRUNNLAG

2.1 Generelt

Metoden brukt i denne studien er som følger:

- Topologi for Namsos lastes ned fra www.hoydedata.no
 - DTM filer brukes for generell topologi
 - DOM filer brukes for å modellere trær og bygninger som ikke inngår i modellen mottatt fra kunde
- Geometri og topologi importeres og settes sammen i en 3D-geometrimodell i Kameleon FireEx (KFX)
- Scenarier velges (planlagte flyvebaner)
- CFD simuleringer kjøres for gitte helikopterbaner
- Resultater (vindhastigheter) hentes ut og rapporteres

2.2 KAMELEON FIREEX – KFX

KAMELEON FIREEX (KFX) er en tredimensjonal, transient CFD-løser (Computational Fluid Dynamics), som har vært mye brukt til beregninger i brannanalyser på offshore og landbaserte installasjoner i mer enn 20 år. KFX ble utviklet av ComputIT / SINTEF / NTNU (Trondheim, Norge) og er spesielt dedikert til gassdispersjon og brannsimuleringer. Utviklingen av KFX har blitt støttet av Equinor, Total, ENI-gruppen, Ruhrgas, ConocoPhillips, Hydro, Gaz de France og Sandia National Laboratories. Alle rettigheter til KFX tilhører nå DNV GL, som ervervet selskapet i 2017.

KFX er en (Finite Volume Method, FVM)-basert programvare, og den bruker ikke-ensartet kartesisk nett. Objekter mindre enn nettmaskenes avstand er representert av volum og/eller overflateporøsiteter som genererer begrensninger i strømningsfeltet og termiske strålinger. Effektene av porøsiteter er inkludert i løsningen av de styrende ligningene. Geometri-modelleringen er basert på de importerte CAD-modellene, og porøsitetene blir automatisk beregnet deretter. KFX kan importere elektroniske kart over omkringliggende terreng og bygninger/utstyr fra forskjellige CAD-systemer.

I KFX løses de følgende partielle differensialligninger generelt ved bruk av FVM:

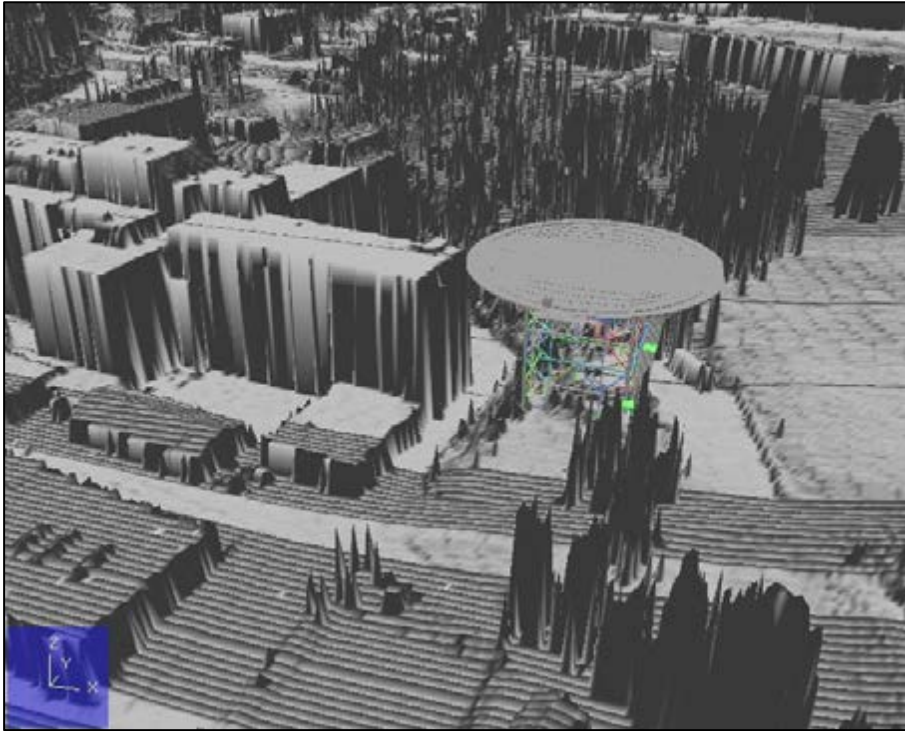
- Moment-ligninger (tre hastighetskomponenter);
- Masse eller kontinuitetsligning (trykk-korrigerings);
- Energiligning (total entalpi);
- Turbulens-modell (k- ϵ -modell).

KFX versjonen av brukt i denne studien er KFX 3.5-25. Mer informasjon om KAMELEON FIREEX (KFX) finnes på <https://www.dnvgl.com/services/fire-simulation-software-cfd-simulation-kameleon-fireex-kfx-110598>

KFX versjonen brukt i denne studien inneholder en modul for dynamisk simulering av helikopter downwash. Valideringsrapport mot testflyvninger på St. Olavs viser god sammenheng mellom målinger og simuleringer, spesielt for avgang (Ref: 1).

2.3 Topologi og struktur

Figur 2.1 viser modellen som er brukt for simuleringer. Topologi er hentet fra www.hoydedata.no i form av LAZ format. Avvik i representasjon av detaljer vil kunne påvirke modellerte lokale strømningsforhold, og dermed påvirke de simulerte lokale hastighetene noe.



Figur 2.1 KFX modell brukt for simuleringer

2.4 Begrensninger

Det vil være noen metodiske forenklinger knyttet til beregningene av rotorindusert vind:

- Simuleringene modellerer et tidsmidlet strømningsbilde med vertikal hastighetskomponent med en gitt initiell turbulensgrad (k- ϵ -turbulensmodell), og vil dermed ikke fange opp lokale kortvarige strømvirvler ('vindkast') i detalj. Man kan imidlertid estimere typisk bidrag fra småskala virvler (se avsnitt 2.8), men estimatet vil være usikkert idet den matematiske modellen av grensebetingelser (vind og rotordisk) er en forenkling av turbulensspekteret.
- Unøyaktigheter i geometri vil medføre avvik mellom modell og reell situasjon. Alle geometriske detaljer reflekteres ikke i modellen. Avvik i representasjon av detaljer vil kunne påvirke modellerte lokale strømningsforhold, og dermed påvirke de simulerte lokale hastighetene noe. Det vurderes imidlertid at unøyaktigheten i modellering av detaljer ikke vil påvirke det globale strømningsbildet nevneverdig.
- Da det ikke er gjennomført testlandinger ved Namsos er flyvebanene til helikopteret forbundet med usikkerhet. Særlig hastigheten til helikopteret påvirker vindhastigheten på bakken i stor grad, men også høyde og lokasjon i det horisontale planet vil ha stor effekt på resultatene fra simuleringene. Banene undersøkt i denne studien er utviklet gjennom sammenligning av banene ved testlandningene på St. Olavs, i tillegg til diskusjoner med Jørn Brede Stangnes. Da flyvningene ved Namsos vil variere fra gang til gang, må avvik fra simuleringene påberegnes.

De metodiske tilnærmingene tilsier at de presenterte resultatene ikke vil nøyaktig representere de faktiske vindforholdene, men det er vurdert at de vil gi et godt bilde av strømningsretningene og størrelsesorden på hastighetskomponenten.

2.5 Teoretisk grunnlag

Følgende artikler er brukt for referanser i denne studien:

- KFX - User manual (Ref. 2)
- Helicopter Flight Physics (Ref. 3)
- Helicopter Down-Wash Speeds and Profile (Ref. 4)
- Rotorwash analysis handbook (Ref. 5)
- Reducing the influence of helicopter rotor wash on fire behaviour (Ref. 6)

2.6 Vindstyrke (Beaufort)

Hastighetene som oppstår på bakkenivå på grunn av rotorvind sammenlignes med Beauforts kriterier for vindhastighet, se. Tabell 2.1. Vindhastigheten som plottes vil vises i denne skalaen. Fargekoden i samme tabell er brukt gjennomgående videre i denne rapporten.

Tabell 2.1 Beauforts skala (Ref. 7)

Beauforts vindskala	Norsk betegnelse	Vindhastighet (m/s)	Vindens virkning på land	Fargekode
0	Stille	0,0 – 0,2	Røyken stiger rett opp.	
1	Flau vind	0,3 – 1,5	Vindretningen sees av røykens drift.	
2	Svak vind	1,6 – 3,3	En kan føle vinden. Bladene på trærne rører seg, vinden kan løfte små vimpler.	
3	Lett bris	3,4 – 5,4	Løv og småkvister rører seg. Vinden strekker lette flagg og vimpler.	
4	Laber bris	5,5 – 7,9	Vinden løfter støv og løse papirer, rører på kvister og smågreiner, og strekker større flagg og vimpler.	
5	Frisk bris	8,0 – 10,7	Småtrær med løv begynner å svaie.	
6	Liten kuling	10,8 – 13,8	Store greiner og mindre stammer rører seg, det hviner i telefonrådene. Det er vanskelig å bruke paraply, og man merker motstand når man går.	
7	Stiv kuling	13,9 – 17,1	Hele trær rører seg, og det er tungt å gå mot vinden.	
8	Sterk kuling	17,2 – 20,7	Vinden brytter kvister av trærne, og det er tungt å gå mot vinden.	
9	Liten storm	20,8 – 24,4	Hele store trær svaier og hiver, takstein kan blåse ned.	
10	Full storm	24,5 – 28,4	Forekommer sjelden inne i landet, trær rykkes opp med rot, og det kan bli store skader på hus.	
11	Sterk storm	28,5 – 32,6	Forekommer sjelden, og følges av store ødeleggelser.	
12	Orkan	> 32,6	Forekommer meget sjelden, og følges av uvanlig store ødeleggelser.	

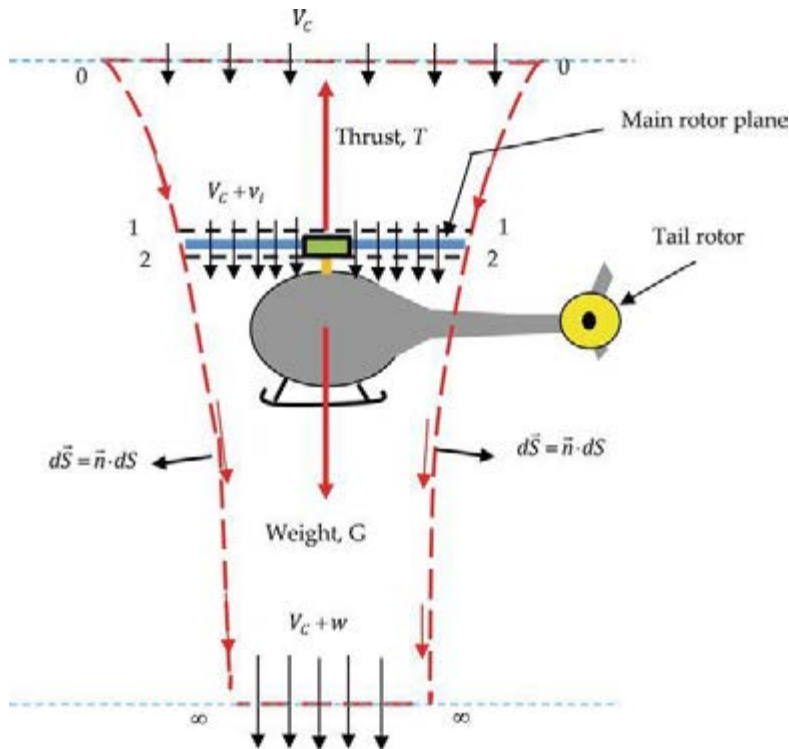
2.7 Helikopter AW101

2.7.1 Beskrivelse

Det nye redningshelikopteret som skal lande ved Namsos sykehus er av typen AW101. Det har en vekt på 13000 kg og kan veie opp mot 15600 kg når det er fullt lastet. Rotordiameteren er på 18,6 meter.

2.7.2 Modellering av helikopter rotorvind

Figur 2.2 viser hjelpefigur for beregning av rotorvind.



Figur 2.2 Figur for beregning av rotorvind. Ref. 3

Ved å bruke ligningene for massebevarelse, momentbevarelse og energibevarelse får vi følgende tre ligninger fra Figur 2.2:

$$\dot{m} = \rho A(V_c + v_i); \quad T = \dot{m}w; \quad w = 2v_i$$

Ved å anta at $V_c = 0$ og $T = mg$ når helikopteret står i ro i lufta, får vi følgende hastighet for uniformt hastighetsfelt ved rotor for fullt lastet AW101¹:

$$v_i = \sqrt{\frac{mg}{2\rho A_1}} = 15.16 \frac{m}{s}; \quad w = 2v_i = 30.32 \frac{m}{s}$$

Hvor w angir det uniforme hastighetsfeltet i fjernvaken fra rotoren.

Ovennevnte metode gir et enkelt anslag på vindhastighet under et helikopter i hover. Det er metodisk svært forenklet, og fysikken kompliseres raskt når dynamisk flyvning skal implementeres. Hvordan KFX v3.5.25 implementerer dette kan leses i valideringsrapport fra DNV (Ref: 1)

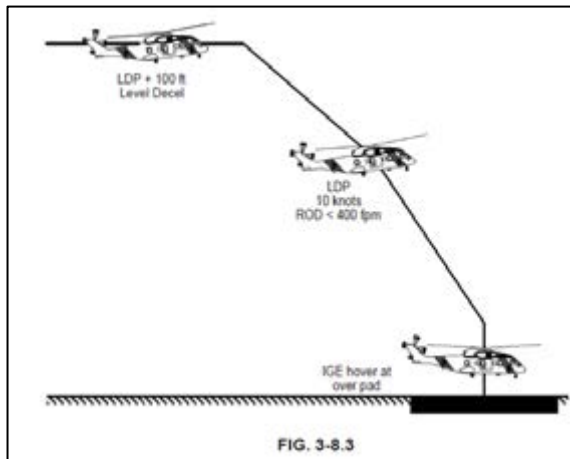
2.7.3 Høyde over gitte lokasjoner ved landing/avgang

Helikopterets høyde over bakken er en viktig faktor for rotorvind på bakkenivå. Helikopterets prosedyre for landing er beskrevet under.

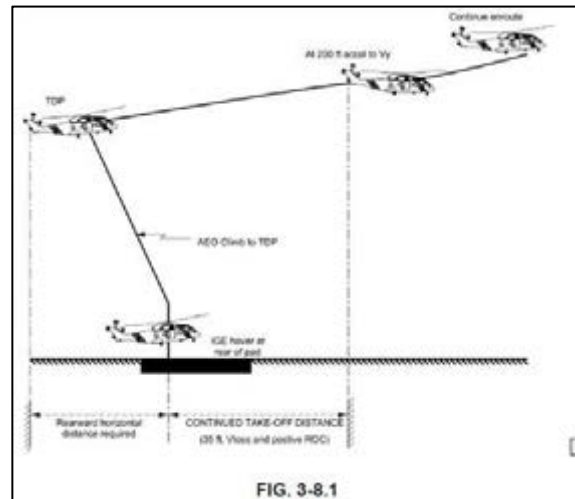
¹ Den vertikale nedadrettede vindhastigheten er beregnet basert på momentumteori for vertikal vindhastighet induisert av rotor. Dersom helikopteret ikke er fulllastet (veier 14 000 kg), vil rotorvind reduseres med ca. 4% (29 m/s)

Ved landing vil helikopterets flyvebane følge landingsbanen i Figur 2.3.

Ved avgang vil helikopteret først opparbeide seg 10 fot vertikalt (over helikopterdekk), for så å rygge til en høyde på 120 fot (over helikopterdekk) til TDP (Take-off Decision Point) før det beveger seg fremover. Se illustrasjon i Figur 2.4



Figur 2.3 Landingsprofil i vertikalplan

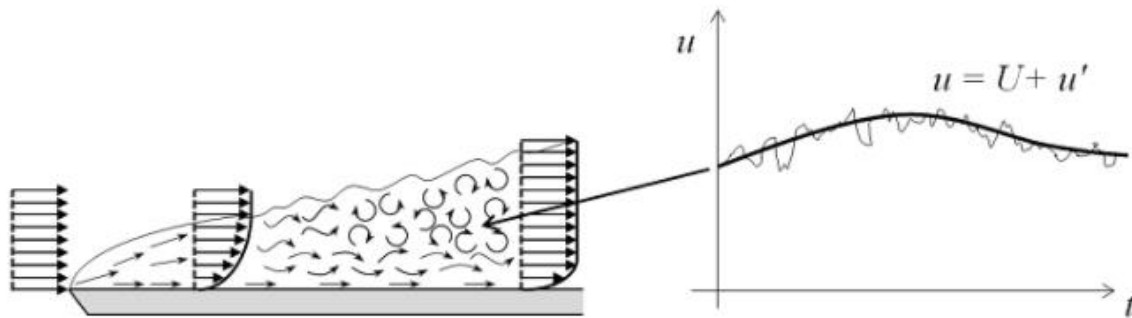


Figur 2.4 Avgangprofil vertikalplan

Erfaringer fra testflyvning ved St. Olavs er at ved avgang vil helikopteret bakke ut forbi heli-dekk i relativt lav høyde. Det er på dette tidspunktet rotorvind på bakkenivå vil være høyest, da helikopteret er i lav høyde over bakken, står tilnærmet i ro og må ha sterkere thrust enn ved landing for å akselerere vertikalt oppover. En noe mer vertikal avgangprofil gjør at helikopteret forblir over helipad, som blokkerer mye av rotorvinden.

2.8 Turbulens

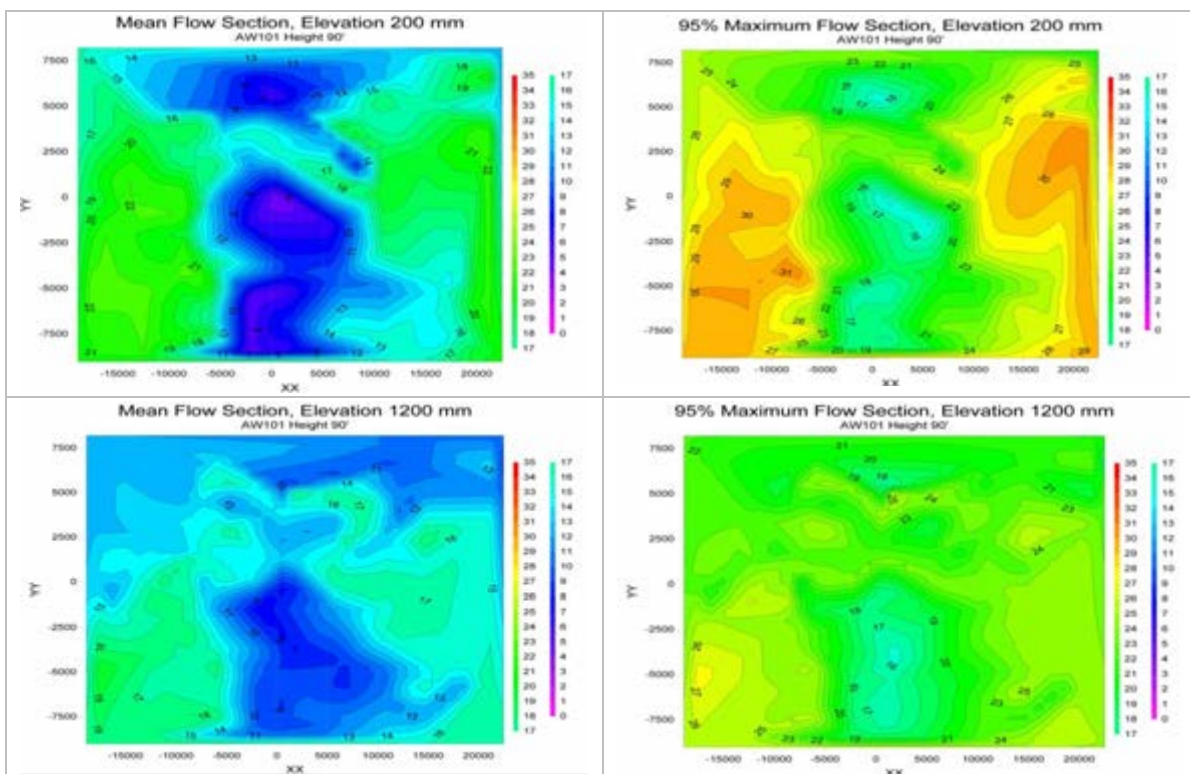
Rotorindusert vind på bakkenivå fra helikopter er svært turbulent. Turbulens er uregelmessige variasjoner i hastighetsfeltet. Turbulensen er iboende kaotisk og kan bestå av små og store variasjoner i alle retninger og varierer rundt middelveien til vindfeltet. Figur 2.5 (Ref: 8) viser iboende karakteristikk for et turbulent hastighetsfelt. Samme figur viser også hvordan hastigheten har en kaotisk variasjon rundt gjennomsnittshastigheten.



Figur 2.5 Illustrasjon av overgangen mellom et laminært strømningsfelt til et turbulent strømningsfelt. Figuren til høyre viser variasjonen til hastighetsfeltet rundt middelverdien forårsaket av turbulens.

I 2013 gjennomførte NAWSARH målinger fra AW101 i hover på 90 fot på en plass uten obstruksjoner. Målingene ble gjennomført over 40 sekunder og gir et godt statistisk grunnlag for å illustrere turbulensen i strømningsbildet. Tabell 2.2 viser gjennomsnittshastighet og maks hastighet for to plan, henholdsvis 0.2 meter over bakken og 1.2 meter over bakken og illustrerer det turbulente bidraget godt. Forskjellen mellom hastighetsfeltet gitt som 'Mean Flow' og '95% Maximum Flow' er et uttrykk for bidrag fra turbulens. Legg også merke til forskjellen mellom hastighetsfeltet mellom 200 mm og 1200 mm. Hastighetene er anslagsvis 10 til 20% høyere 200 mm over bakken sammenlignet med 1200 mm over bakken. Det må bemerkes at denne testen er gjennomført i hover, som gir antatt høyere hastigheter enn en dynamisk flyvning, men også på en åpen slette – som gir antatt lavere hastigheter enn ved en strømning som obstruert av bygninger etc.

Tabell 2.2 Resultater fra hover-test gjennomført av NAWSARH i 2013 (Ref: 9)

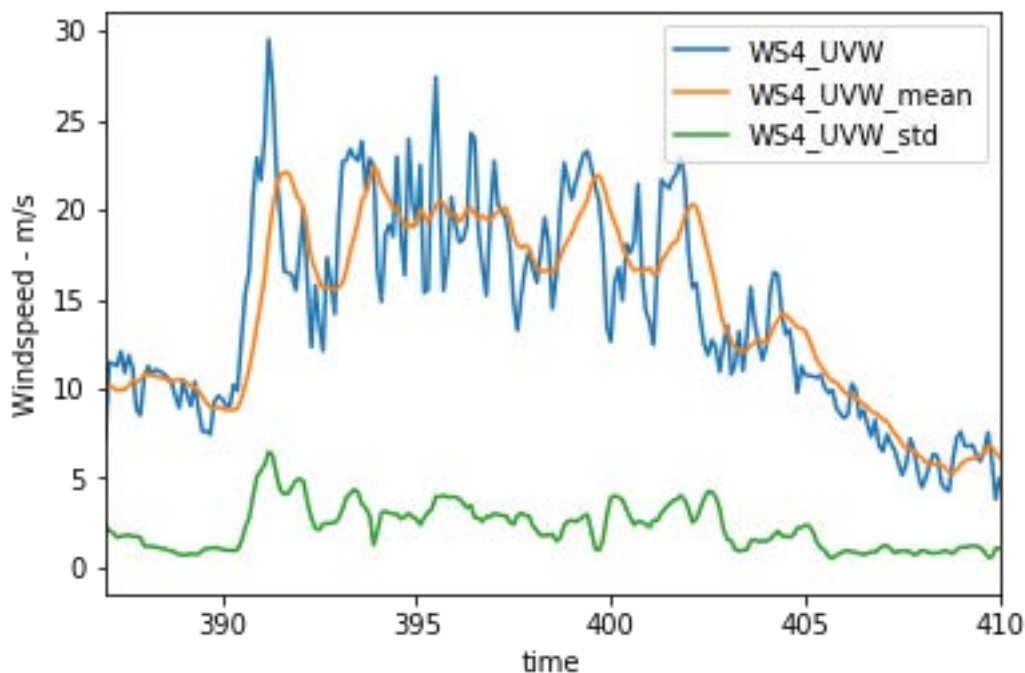


Nedenfor er resultatene fra 90 fots hover-test oppsummert (Ref: 10):

Flow Property	Approximate Value
Average Speed	18 m/s
95% Maximum Speed (i.e. the top 5% maximum values)	25 m/s
Typical 95% Maximum to Mean Flow Ratio	1.4
Turbulent Kinetic Energy (i.e. Turbulence Standard Deviation)	6 m/s

I tabellen ovenfor er det vist at typisk ratio mellom median hastighet og maks hastighet er 1.4. Dette er betydelig og illustrerer godt hvor turbulent rotorvinden fra helikopteret er.

Målinger gjennomført ved St. Olavs viser også at strømmingen produsert på bakkenivå er svært turbulent. Figur 2.6 viser målte hastigheter fra avgang 4 ved målepunktet med det den høyeste målte hastigheten ved testlandingen på St. Olavs. Dataen fra denne måleren har en frekvens på 10 Hz, dvs. ti datapunkter per sekund. Figuren viser også et rullerende gjennomsnitt samt et standardavvik. Det rullerende gjennomsnittet viser gjennomsnittlig hastighet og samtidig det vi klarer å modellere med CFD. Standardavviket viser det turbulente bidraget som kommer i tillegg til gjennomsnittsverdien. Som vi ser, er standardavviket (det turbulente bidraget) opp mot 7 m/s for de høyeste målingene. Dette tilsvarer to kategorier opp i Beauforts vindskala og er derfor av stor betydning i forståelsen av vinden forårsaket av helikopteret.



Figur 2.6 Målt hastighet på WS4 ved test-avgang 4 på St. Olavs

Det turbulente bidraget består av kortvarige virvler. Som vist i Figur 2.6 er de høyeste måledataene svært korte i forhold til varigheten av middelveiden. Da vindlasten som påvirker mennesker, biler eller

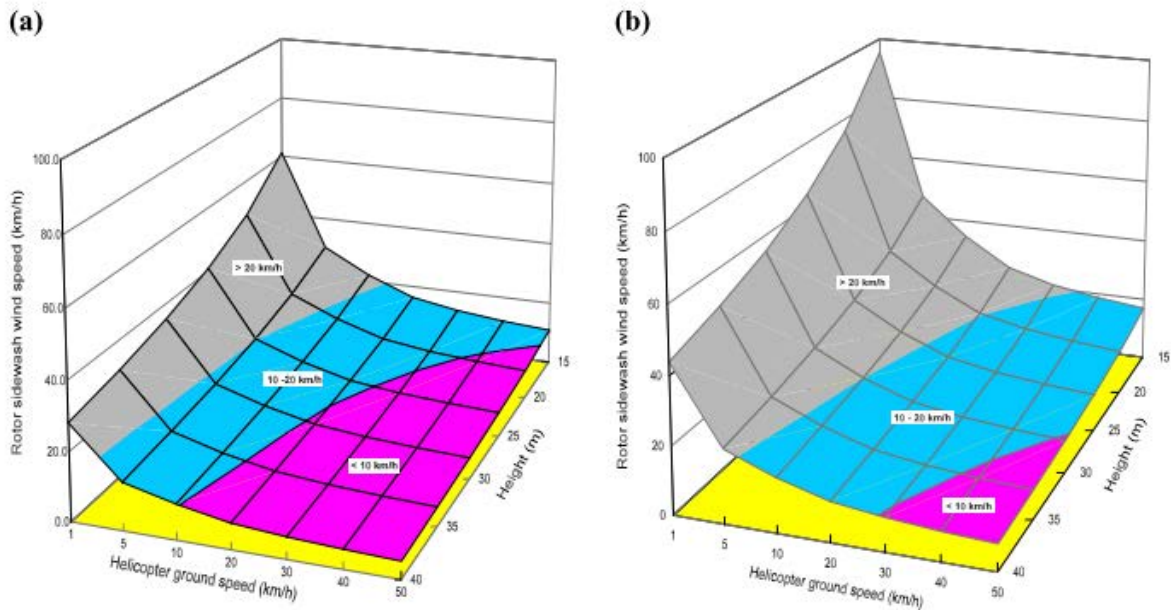
lignende kommer i form av impuls det viktig å ta hensyn til at maks-lastene fra helikopteret har kort varighet og dermed lav impuls. Nettopp på grunn av dette anbefales det å gjøre vurderinger ut fra middelveidien gitt fra CFD, mens det turbulente bidraget kan legges til for bedre sammenligning med måledata.

KFX modellerer turbulens ved hjelp av k-epsilon metoden. Dette er et sett med ligninger som gir oss middelveidien til hastighetsfeltet i form av en absolutt hastighet, mens turbulensen blir gitt i form av turbulent kinetisk energi. Om vi antar isentropisk turbulens, dvs. like stor variasjon rundt middelveidien i alle retninger, kan vi få et anslag som omfavner middelveidien til hastigheten, men også de største opplevde hastighetene forårsaket av turbulens. Da middelhastigheten er antatt å ha størst impuls og dermed størst effekt for forholdene på bakkenivå er det i denne studien valgt å bare vise middelhastigheten. For eventuell sammenligning med måledata som inkluderer kortvarige fluktasjoner kan dette bidraget legges til – men en vel så god approksimasjon er å gange middelhastigheten med 1.4 jamfør testene gjennomført i 2013.

2.9 Helikopter hastighet og høyde

En studie gjennomført for å undersøke påvirkningen av tilført oksygen til skogbranner ved slukking fra helikopter illustrerer den store påvirkningen hastigheten til helikopteret har på vindhastighet på bakkenivå. Den påfølgende dataen er hentet fra følgende artikkel: Ref: 11. Figur 2.7 illustrerer sammenhengen mellom målt hastighet på bakken og helikopterets fart og høyde. Som figuren viser, er det en tilnærmet lineær sammenheng mellom helikopterets høyde og tilsvarende vindhastighet på bakken. Dvs, at vindhastigheten på bakkenivå avtar med at helikopteret øker høyde – men denne reduksjonen er derimot marginal i forhold til reduksjonen i vindhastighet på bakkenivå med økt helikopterhastighet. Vi ser fra figuren at reduksjonen i hastighet på bakkenivå er 50 % når helikopteret har en «ground speed» på 5 km/t i forhold til 1 km/t. Det skal sies at disse målingene gjelder for andre helikoptre enn AW101, men denne sammenhengen er antatt overførbart til også AW101.

Denne sammenhengen har stor betydning for de dynamiske simuleringene gjennomført i denne studien. Da det ikke er gjennomført testlandinger ved Ullevål er det usikkert hvilken hastighet pilotene vil gjennomføre avganger og landinger. Avgang og landingsprofiler i denne studien er produsert ved hjelp av input fra piloter samt sammenligning med gjennomførte testlandinger ved St. Olavs. Det er ventet at med erfaring, vil pilotene gjennomføre landinger og avganger raskere enn det som ble gjennomført ved testlandingene på St. Olavs – hvilket vil føre til reduserte hastigheter på bakkenivå.



Figur 2.7 Påvirkning av helikopterhøyde og bakkehastighet på sidewash for to forskjellige helikoptre (a) Hughes 500D og (b) Bell 205A. (Ref: 11)

2.10 Flyvebaner

Figur 2.8 viser foreslåtte inn- og utflyvningsbaner ved nytt helikopterdekk. Banene undersøkt i denne studien følger disse.



Figur 2.8 Foreslåtte flyvebaner for nytt helikopterdekk ved Namsos sykehus

3 RESULTATER

3.1 Introduksjon

Dette kapitlet beskriver situasjonen for de ulike scenarioene som er simulert. Beauforts skala er brukt for vindhastigheter i alle bilder (m/s) (se Tabell 2.1). Merk for eksempel at oransje og rødt kategoriseres som henholdsvis sterk kuling og liten storm ifølge Beauforts skala. Helikopterbanen er illustrert med en transparent iso-kontur på 10 m/s i gult. Hastigheter på bakkenivå er hentet ut en meter over bakken. Videre vises resultatene som aggregert maks verdi for alle for hvert sekund i simuleringen, dvs. at maksimal hastighet i hvert punkt i domenet blir lagret for hele helikopterbanen.

For landing er tre forskjellige innflyvningshastigheter undersøkt. Som diskutert i kapittel 2.9 er vindhastighet på bakkenivå svært avhengig av helikopterets hastighet. Testflyvningene på St. Olavs viste at helikopteret hadde en hastighet på ca. 4 m/s 50 meter utenfor helipad. Med trening og repetisjon for pilotene vil hastigheten til helikopteret ligge nærmere 12 m/s unna helipad. For å illustrere forskjellene ved disse innflyvningshastighetene er det gjennomført en sensitivitet med 4 m/s, 8 m/s og 12 m/s for helikopteret 50 meter unna helipad.

Hover utenfor helipad er også tatt med da dette kan skje under visse omstendigheter. Dette er ikke normaloperasjon og medfører høyere hastigheter på bakkenivå. Simuleringene er tatt med for å vise potensiale for utstrekning ved hover utenfor helipad.

Det må bemerkes at resultatene er tatt ut 1 meter over bakkenivå. Som beskrevet i avsnitt 2.8, vil hastighetene kunne være noe høyere nærmere bakken. Vi har undersøkt beregningene for plan på lavere nivå, og funnet at endring i hastighetene er i samsvar med målingene presentert i avsnitt 2.8. det vil si 10-20% høyere. Hastigheten vil generelt sett avta med økende høyde over bakken, og for å vurdere hastighetene i forhold til eksponering av mennesker vil 1 meter høyde være et godt representativt utgangspunkt.

3.2 Landing fra vest

I dette kapittelet er landing fra vest med tre forskjellige innflyvningshastigheter simulert. Med tid vil helikopteret benytte seg av den raskeste landingen.

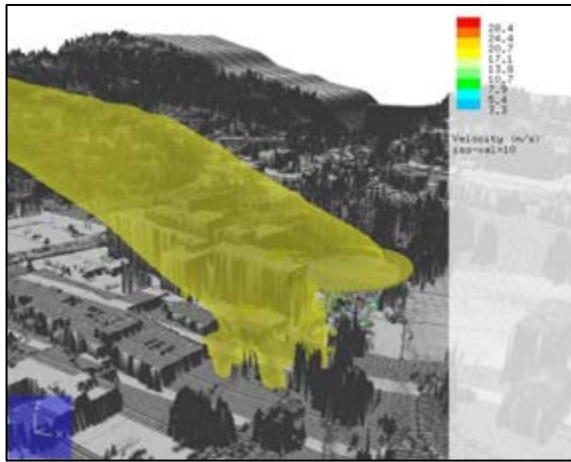
Simuleringene viser at bygningsmassen i forkant av sykehuset (se Figur 3.1) i stor grad blokker rotorvinden for landinger fra vest. Dette er med på å redusere vindhastigheten på bakkenivå da rotorvinden bøyes av mot taket og mister energi.



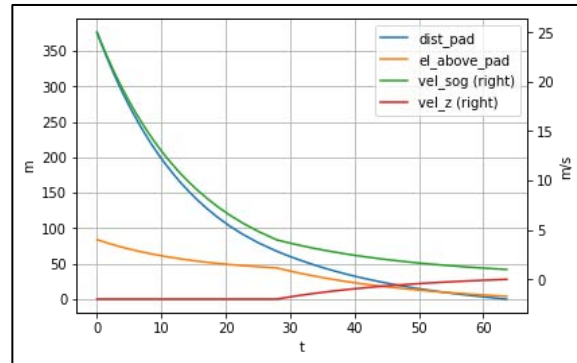
Figur 3.1 Bygninger i forkant av sykehus som blokkerer mye av rotorvinden

Videre kan det ses fra simuleringene at gaten på østsiden av sykehuset opplever vindhastighet tilsvarende sterk kuling ved treg landing og stiv kuling ved en raskere gjennomføring av landingen. Hovedområdet med høy vindhastighet vil være i veien som går imellom helipad og sykehus og litt sørover langs samme vei. Området i sørover i samme vei vil i stor grad oppleve frisk bris og liten kuling under en landing.

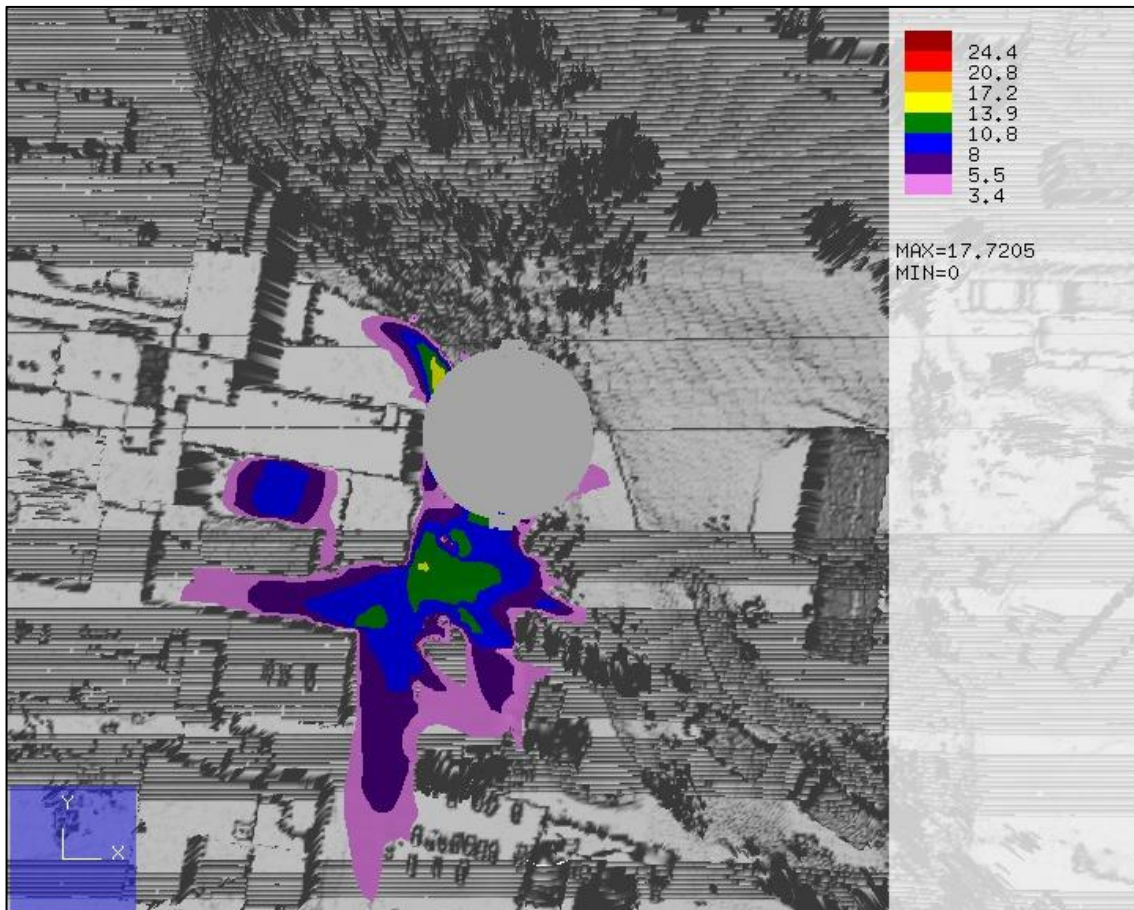
Som diskutert i kapittel 2.8 angående turbulens kan de tidligere nevnte hastighetene kneppes opp et hakk i Beauforts skala om man tar høyde for kortvarige turbulente strømninger.



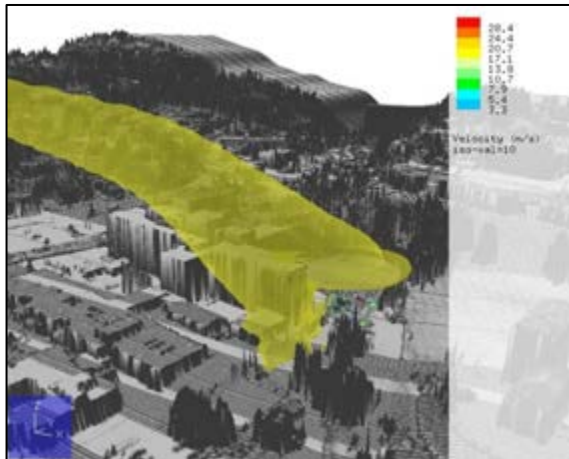
Figur 3.2 Landing vest. Hastighet 4 m/s 50m fra helipad. 10 m/s iso-kontur



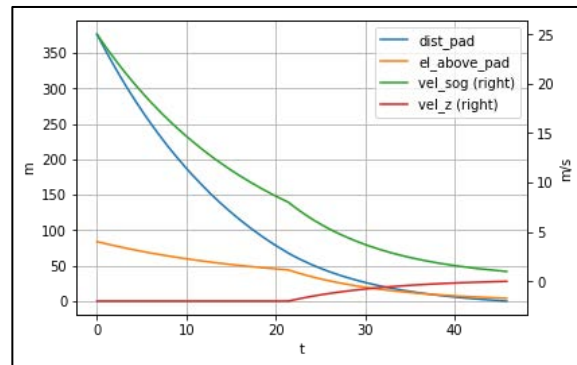
Figur 3.3 Flyveprofil med hastighet 4 m/s 50 m unna helidekk



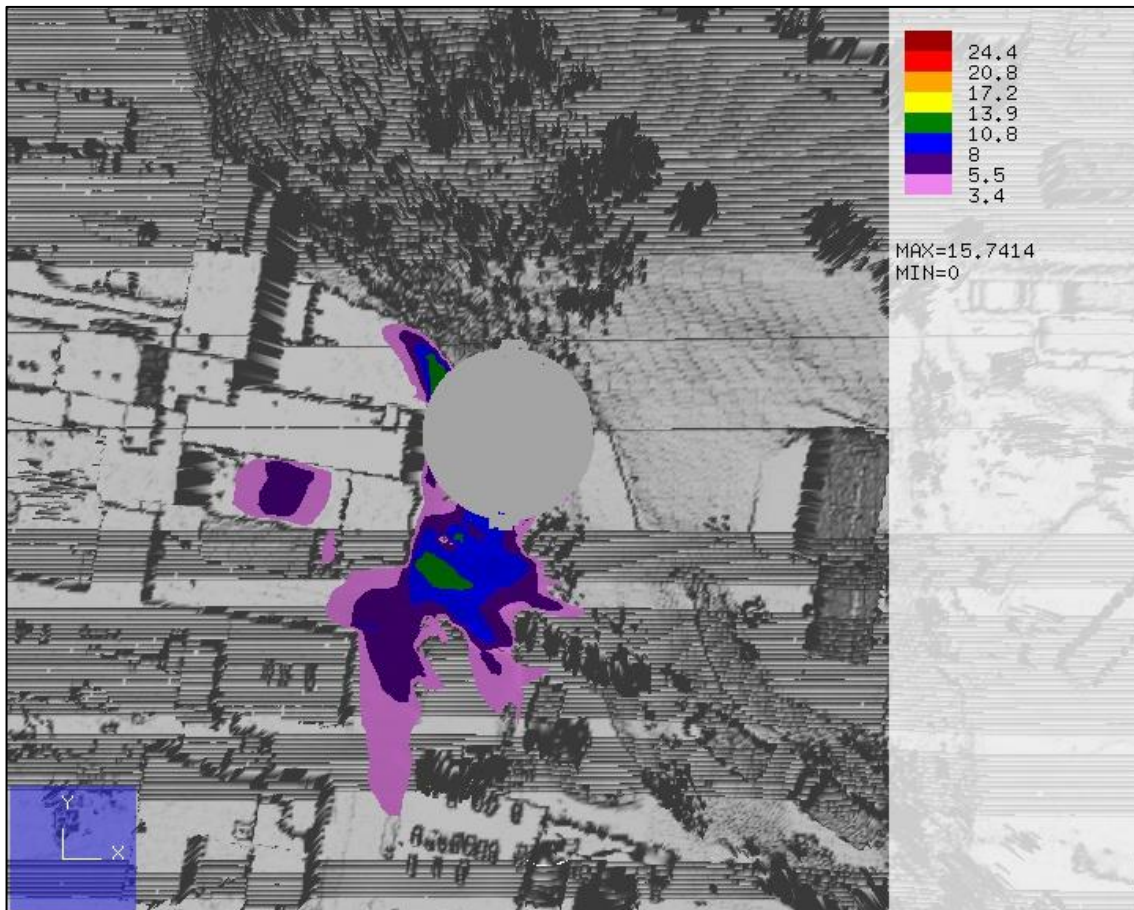
Figur 3.4 Landing fra vest. Helikopter hastighet 4 m/s 50 m fra helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå



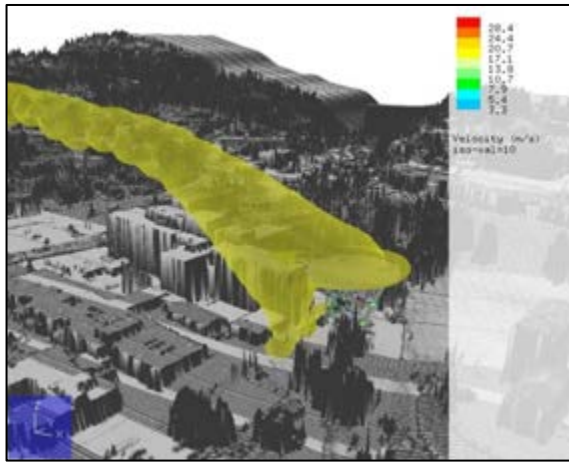
Figur 3.5 Landing vest. Hastighet 8 m/s 50m fra helipad. 10 m/s iso-kontur



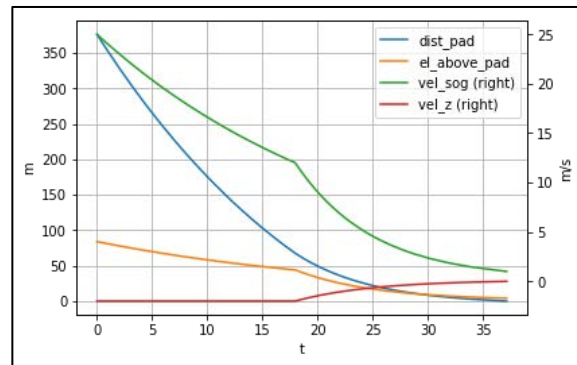
Figur 3.6 Flyveprofil med hastighet 8 m/s 50 m unna helidekk



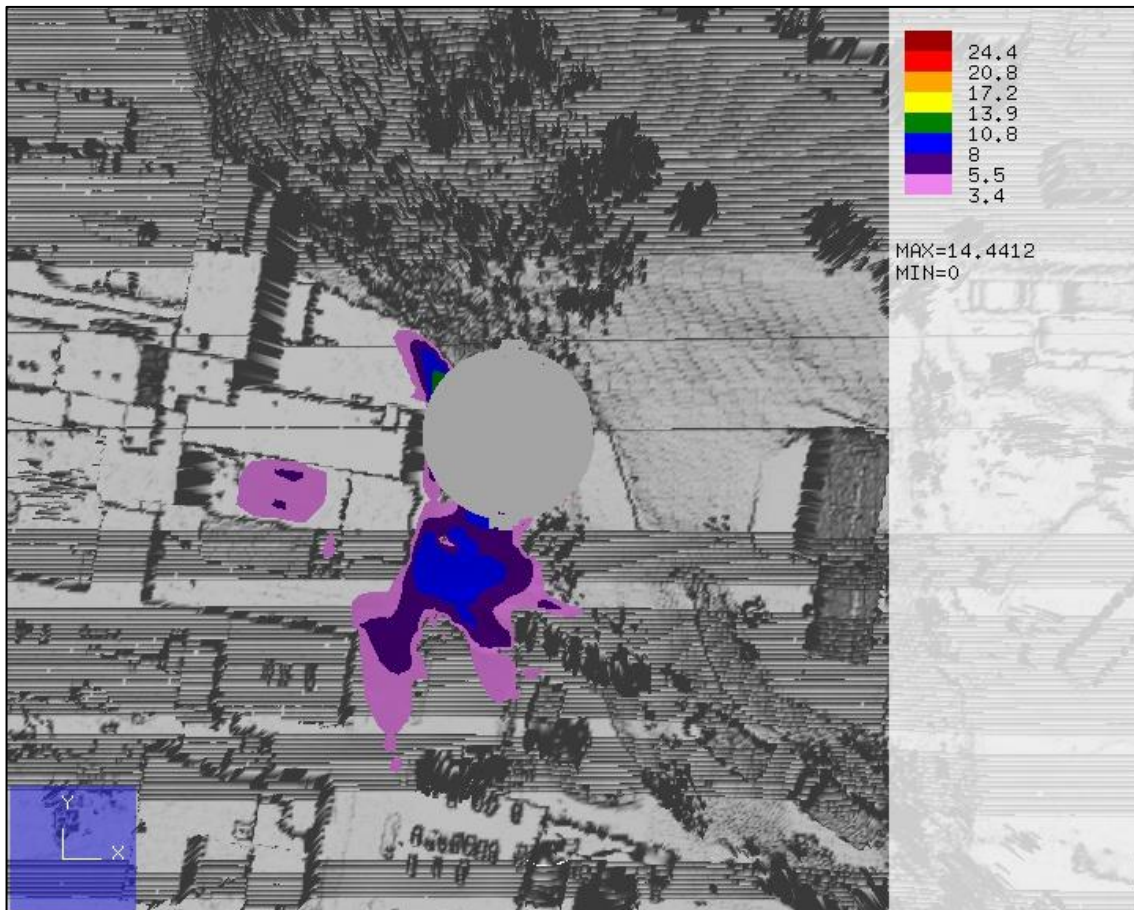
Figur 3.7 Landing fra vest. Helikopter hastighet 8 m/s 50 m fra helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå



Figur 3.8 Landing vest. Hastighet 12 m/s 50m fra helipad.
 10 m/s iso-kontur



Figur 3.9 Flyveprofil med hastighet 12 m/s 50 m unna helidekk



Figur 3.10 Landing fra vest. Helikopter hastighet 12 m/s 50 m fra helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå

3.3 Landing fra øst

Under er landing fra øst med tre forskjellige innflyvningshastigheter simulert. Det forventes at pilotenes akkumulerte erfaring over tid vil lede til at helikopteret kommer til å benytte seg av den raskeste landingen.

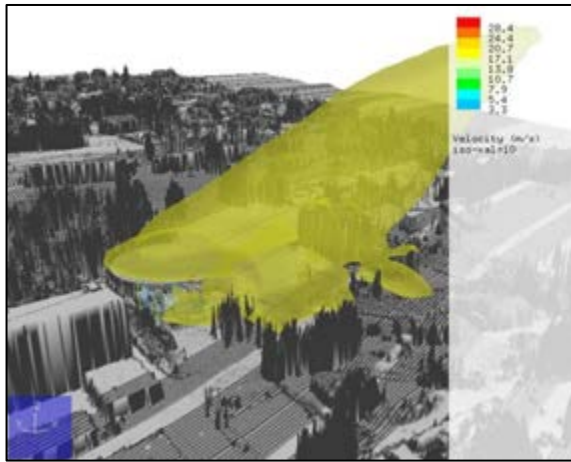
Simuleringene viser at for denne landingen vil området med vind i stor grad befinne seg mellom helipad og bygg i øst som skal rives. Bygget i øst er tatt med i simuleringene da det er usikkert hvordan topologien vil være etter at denne er revet.

Vegetasjon og busker demper mye av vinden for disse landingene, hvilket gjør at vinden ikke presser seg ned i området mot parkeringsplassen. Geometri-modellen brukt i disse simuleringene bruker laserdata som også hensyntar trær. Dette betyr at trærne i modellen fanger opp noe mer vind enn det som er tilfellet i virkeligheten. Dette særlig fordi at trærne er modellert som solide fra bunn til topp, uten en stamme fri for vegetasjon. Likevel er det vurdert at dette gir en ganske god representasjon av virkeligheten da vegetasjonen er relativt tett i området, som sett i Figur 3.11.

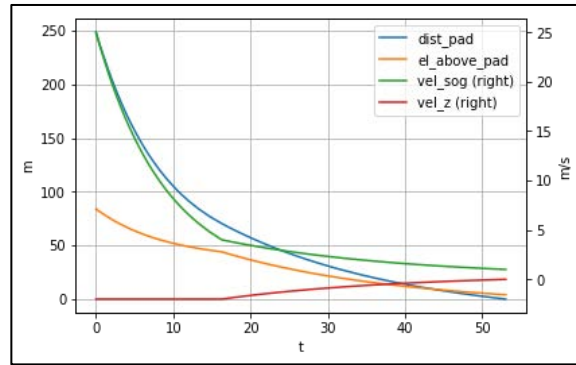


Figur 3.11 Vei opp mot planlagt revet bygg.

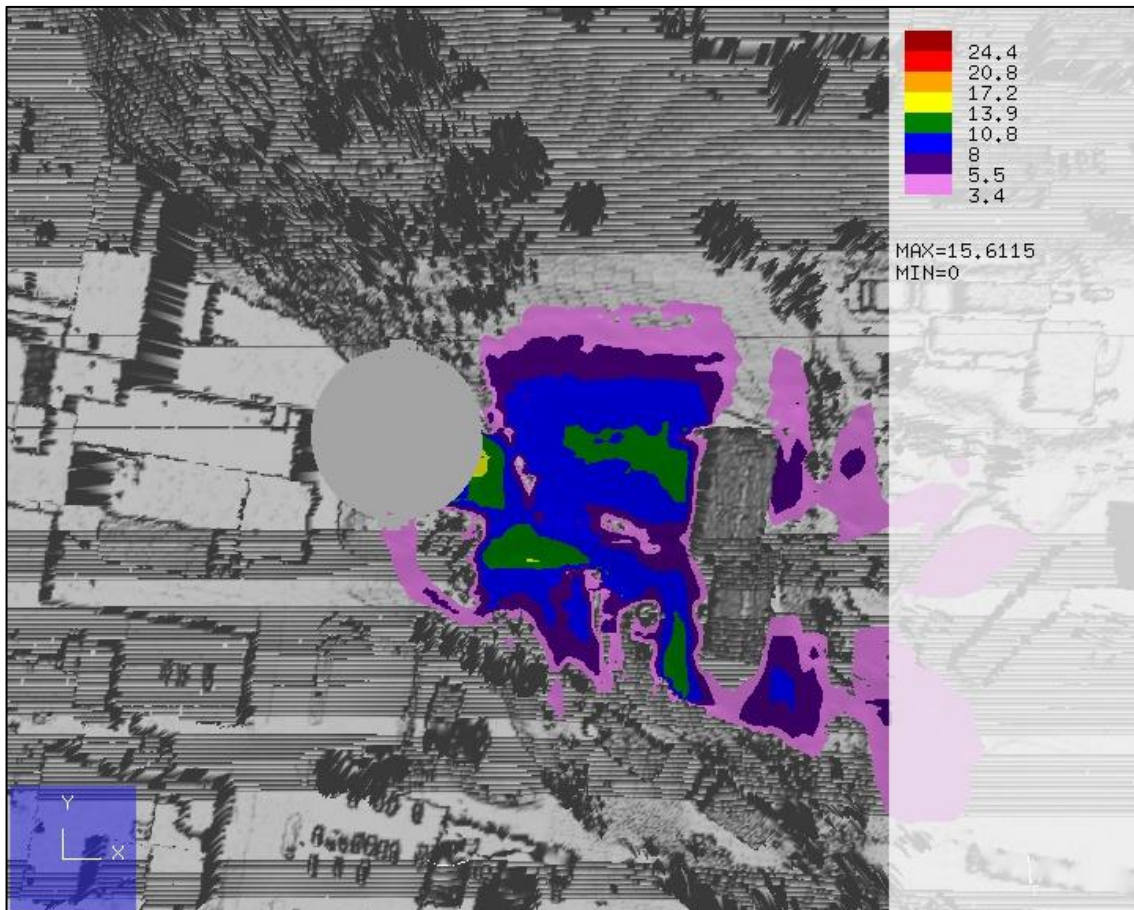
Simuleringene viser hastigheter mellom frisk bris og stiv kuling i området mellom helipad og planlagt revet bygg. Det påvirkede området ligger i stor grad mellom helipad og planlagt revet bygg.



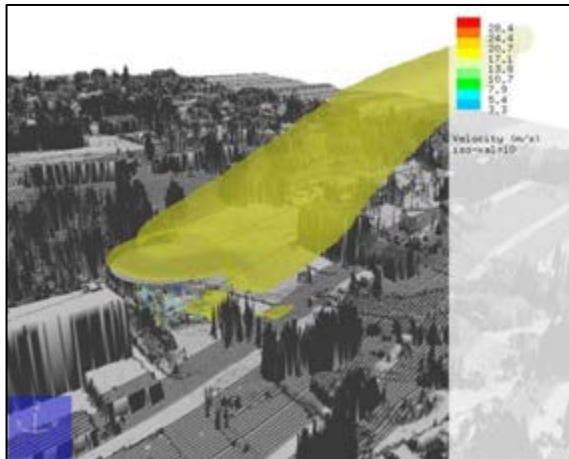
Figur 3.12 Landing øst. Hastighet 4 m/s 50m fra helipad. 10 m/s iso-kontur



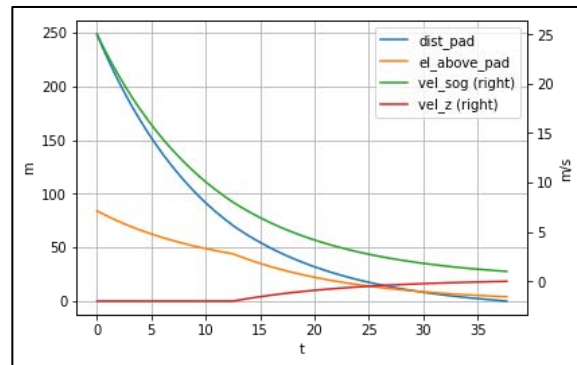
Figur 3.13 Flyveprofil med hastighet 4 m/s 50 m unna helidekk



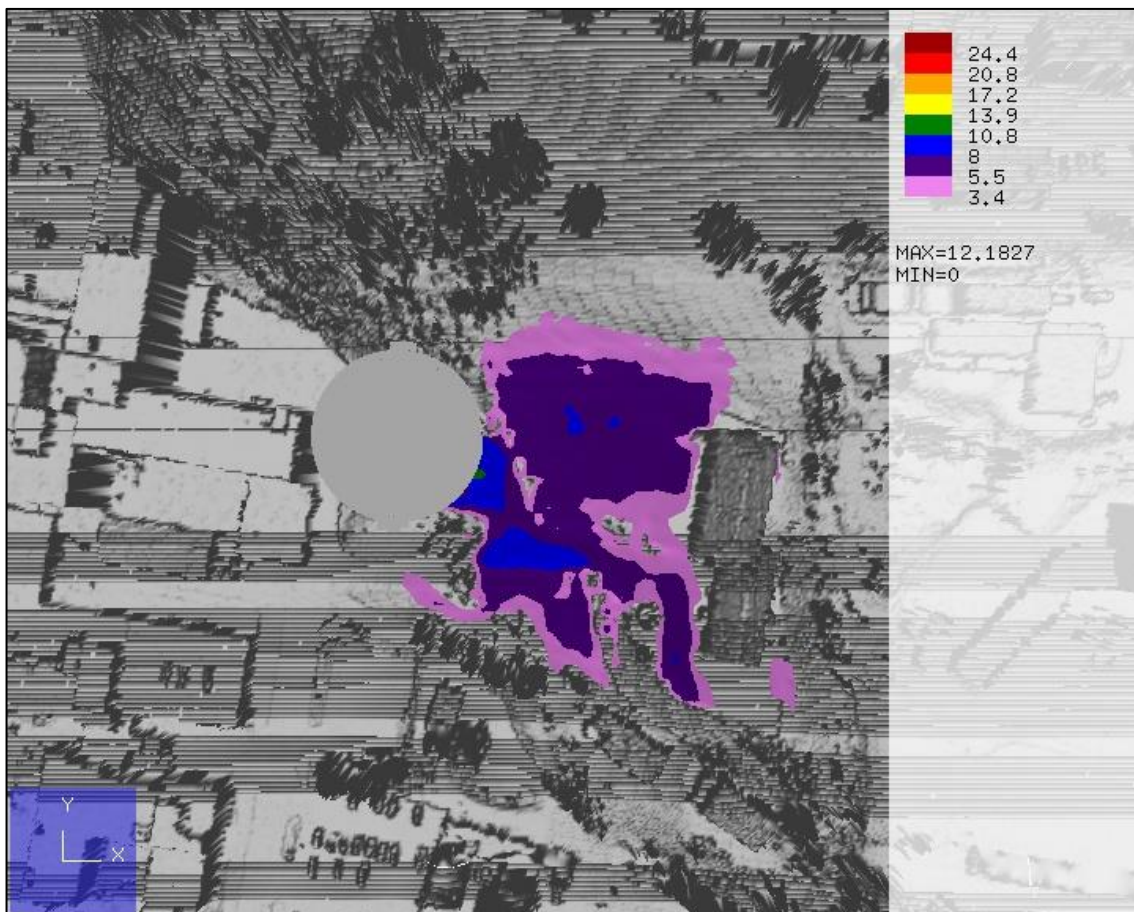
Figur 3.14 Landing fra øst. Helikopter hastighet 4 m/s 50 m fra helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå



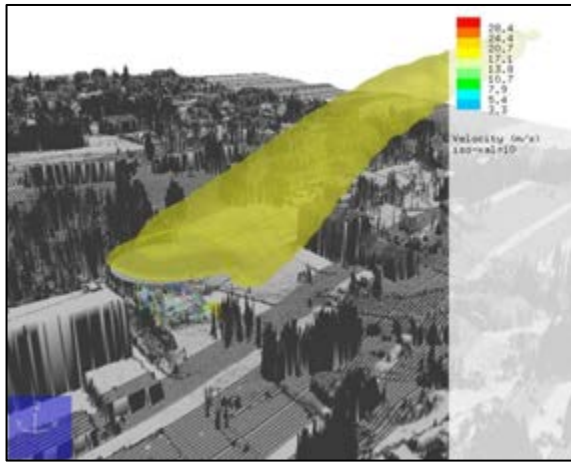
Figur 3.15 Landing øst. Hastighet 8 m/s 50m fra helipad. 10 m/s iso-kontur



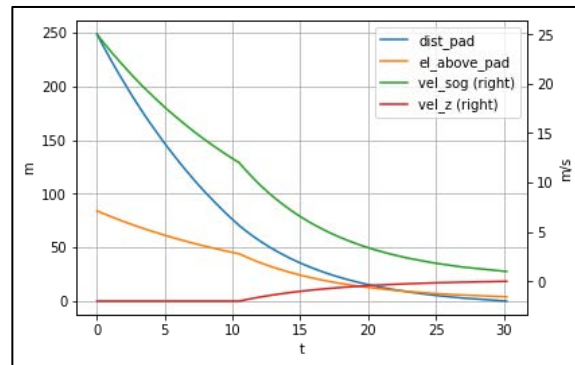
Figur 3.16 Flyveprofil med hastighet 8 m/s 50 m unna helidekk



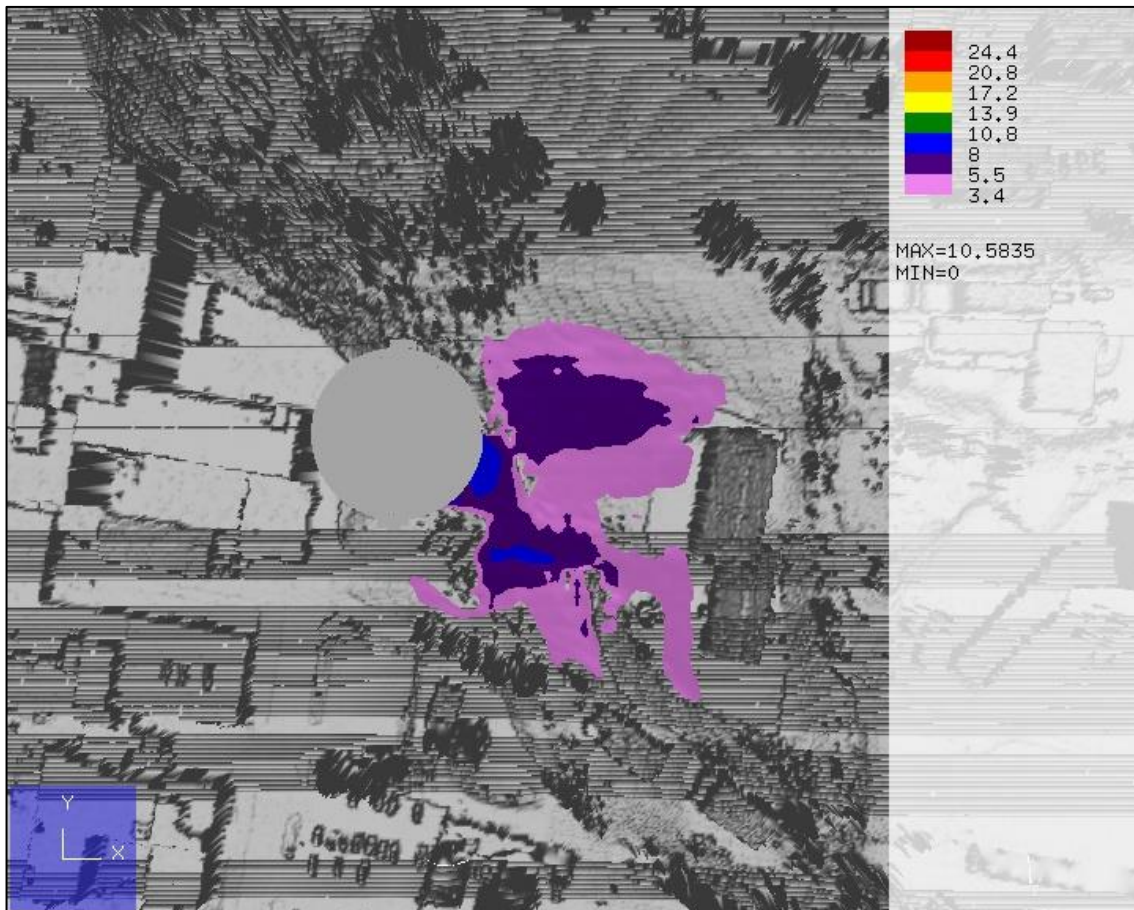
Figur 3.17 Landing fra øst. Helikopter hastighet 8 m/s 50 m fra helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå



Figur 3.18 Landing øst. Hastighet 12 m/s 50m fra helipad. 10 m/s iso-kontur



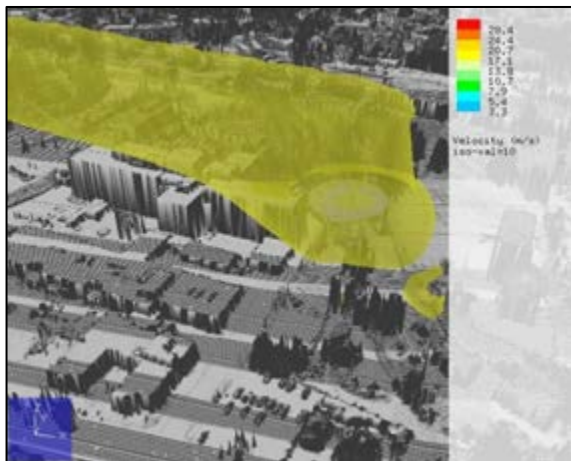
Figur 3.19 Flyveprofil med hastighet 12 m/s 50 m unna helidekk



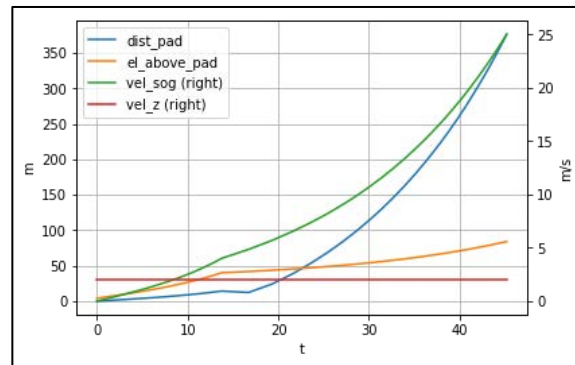
Figur 3.20 Landing fra øst. Helikopter hastighet 12 m/s 50 m fra helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå

3.4 Avgang mot vest

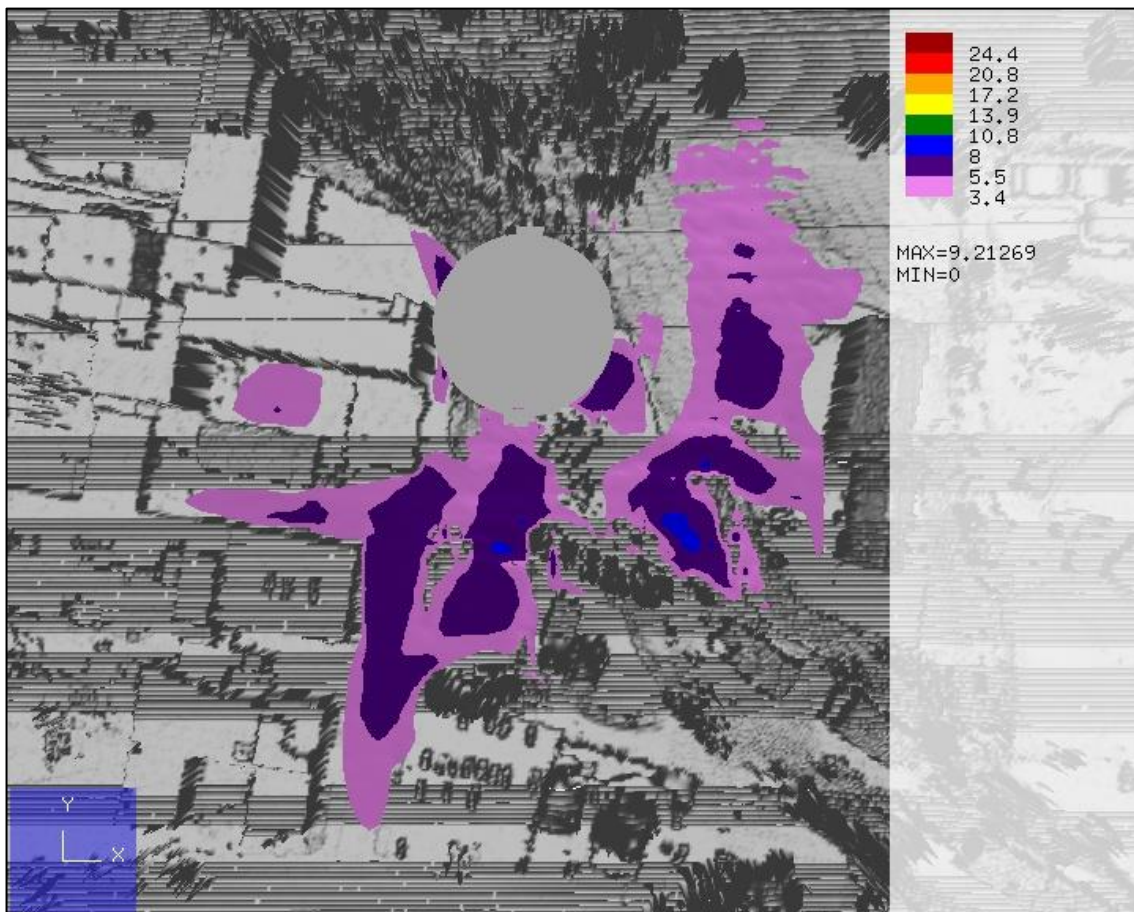
I samråd med Jørn Brede Stangsnes (Assisterende prosjektleder NAWSARH) er det i dette tilfellet benyttet en vertikal avgangsprofil. Dette gjør at helikopteret ikke går utenfor helipad i startfasen av løftet. Videre i banen flyr helikopteret over to lave bygg på sørsiden av østfløyen som tar imot mye av rotorvinden. Dette gjør at vindhastighetene på bakkenivå holdes relativt lave. Dette vil endre seg om helikopter benytter en annen flyvebane.



Figur 3.21 Avgang vest. 10 m/s iso-kontur



Figur 3.22 Flyveprofil for avgang vest

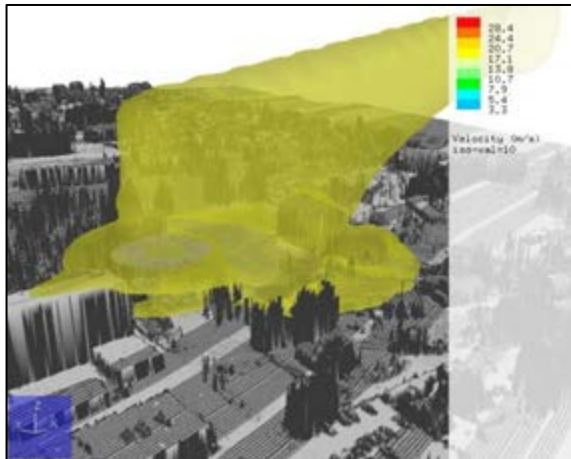


Figur 3.23 Avgang vest. Hastighet 1 meter over bakkenivå

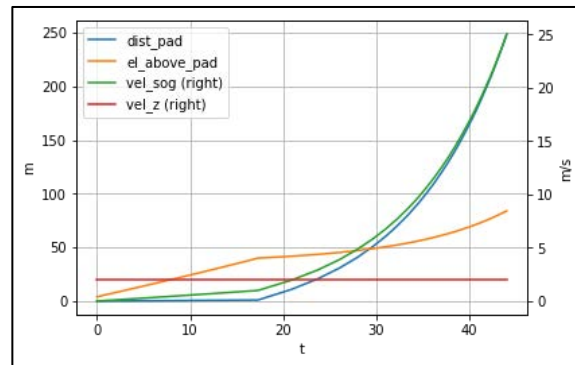
3.5 Avgang mot øst

I samråd med Jørn Brede Stangsnes (Assisterende prosjektleder NAWSARH) er det i dette tilfellet benyttet en vertikal avgangsprofil. Dette gjør at helikopteret ikke går utenfor helipad i startfasen av løftet.

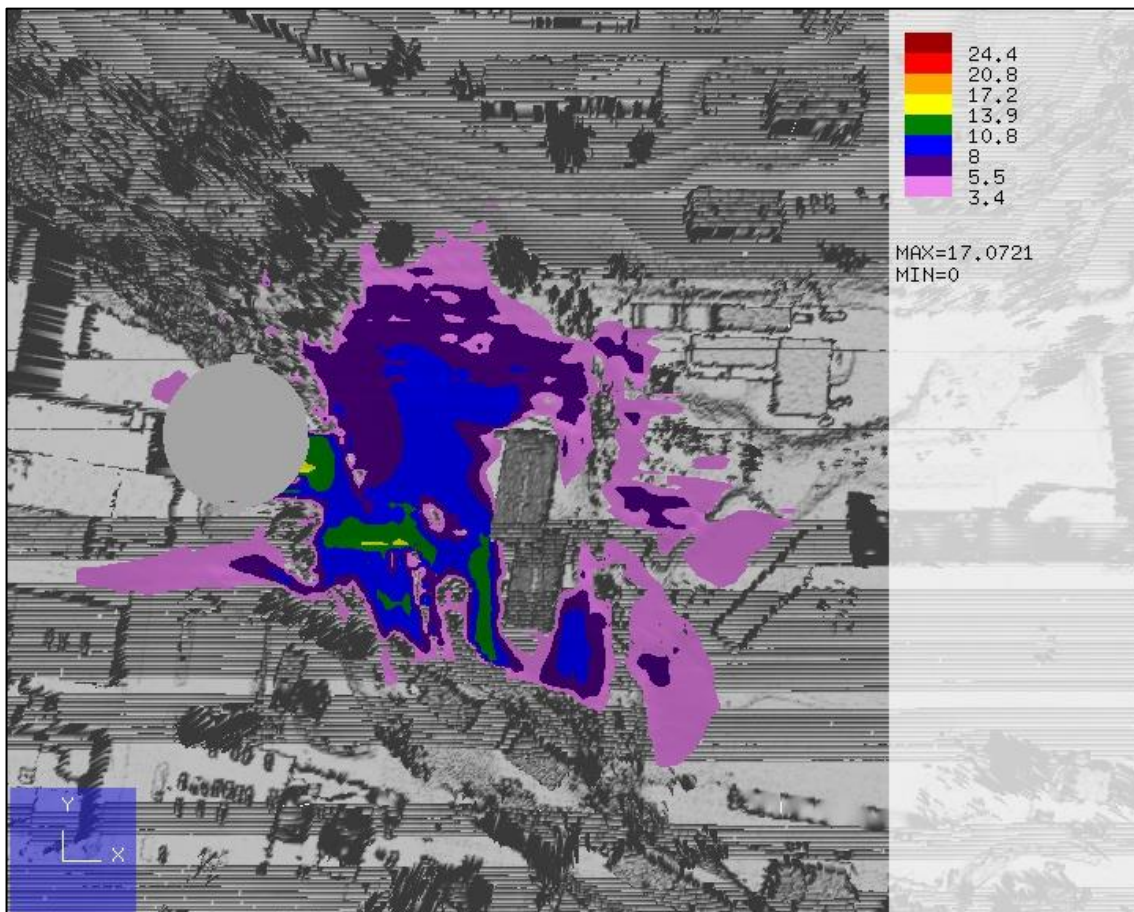
Ved avgang mot øst flyr følger helikopter terrenget oppover. Dette gir hastigheter opp mot sterk kuling mellom helipad og tidligere nevnt bygg som skal rives. Noe vind presses gjennom vegetasjonen på østsiden av sykehuset og eksponerer vei der. Området det flys over er preget av vegetasjon som sett i Figur 3.11.



Figur 3.24 Avgang øst. 10 m/s iso-kontur



Figur 3.25 Flyveprofil for avgang øst

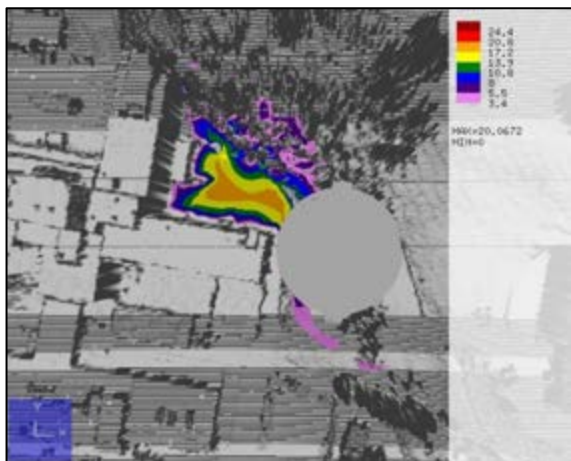


Figur 3.26 Avgang øst. Hastighet 1 meter over bakkenivå

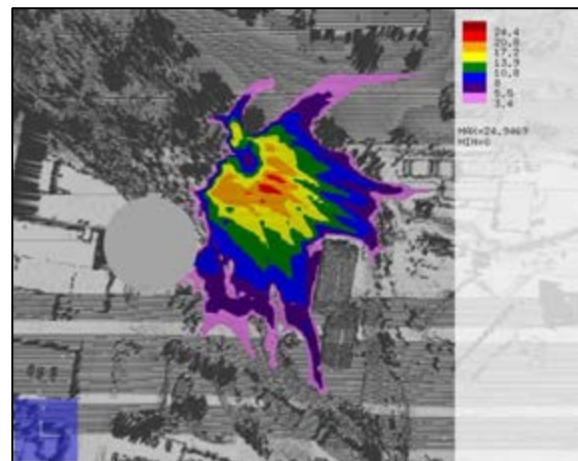
3.6 Hover

I en utilsiktet situasjon kan helikopteret havne i en posisjon da det må stå i hover utenfor helipad. Dette kan skje ved uforutsette hendelser ved landing eller rett etter avgang. Da hover medfører sterk vind på bakkenivå er denne situasjonen hensyntatt i denne rapporten. Det skal sies at i en normalsituasjon vil ikke helikopteret være i hover utenfor helipad, men heller følge flyvebanene illustrert i tidligere kapitler.

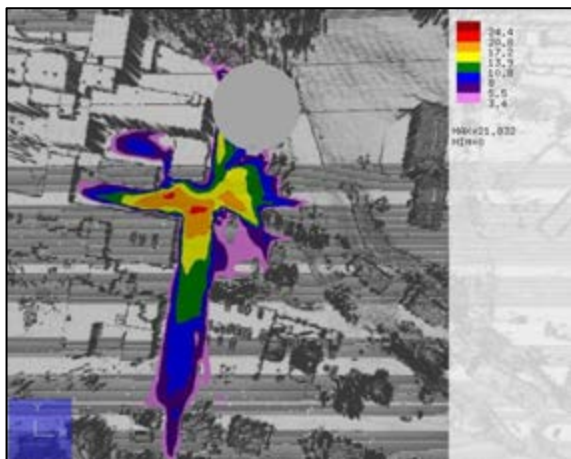
Under vises resultater fra hover rett utenfor helipad. Følgende lokasjoner er undersøkt: sør-vest, sør-øst, nord-vest og nord-øst.



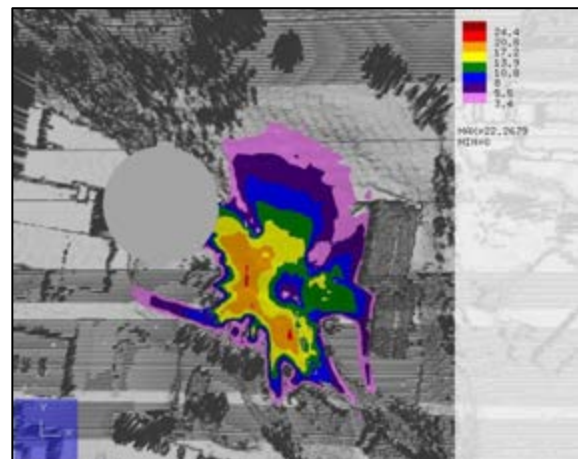
Figur 3.27 Hover – nord-vest for helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå



Figur 3.28 Hover – nord-øst for helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå



Figur 3.29 Hover – sør-vest for helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå



Figur 3.30 Hover – sør-øst for helidekk. Hastighet 1 meter over bakkenivå

4 OPPSUMMERING

I denne rapporten er det gjennomført simuleringer av landinger og avganger med AW101 ved ny helipad ved Namsos sykehus. Flyvebanene som er brukt i studien er raskere og brattere enn det som tidligere er undersøkt og testet ved landinger på St. Olavs. Dette medfører lavere vindhastigheter på bakkenivå enn det som er sett tidligere ved St. Olavs hospital, men som er mer i samråd med hva som er observert ved landing/avgang ved Levanger sykehus.

Flyvebanen ved vestlig landing og avgang foregår i stor grad over bygningsmasse. Bygningsmassen skjermer for vinden hvilket fører til relativt lave hastigheter på bakkenivå. Flyvebanen i østlig retning for landing/avgang foregår i relativt bratt terreng, preget av vegetasjon. Vegetasjonen i disse simuleringene er en usikkerhet, da skjermingsgraden den utgjør er noe overdimensjonert i beregningene utført som grunnlag for denne studien. Det må også påpekes at skjermingsgraden vil variere da vegetasjonen i stor grad består av løvtrær som endrer tetthet gjennom året.

Simuleringer av hover i fire posisjoner utenfor helipad er også simulert i denne rapporten. De fire posisjonene er lokasjoner hvor helikopteret kan befinne seg i løpet av enten landing eller avgang i en av retningene. I en hoversituasjon vil vindlasten på bakkenivå være stor, og i samsvar med målinger utført på St. Olavs.

5 REFERANSER

- 1 DNV, "Simulation of safe area for helicopter operation at hospital helidecks," 2021.
- 2 Trond Evanger (10. Mai 2017), KFX – User Manual
- 3 Constantin Rotaru and Michael Todorov (December 20th 2017). Helicopter Flight Physics, Flight Physics - Models, Techniques and Technologies, Konstantin Volkov, IntechOpen, Lastet ned fra: <https://www.intechopen.com/books/flight-physics-models-techniques-and-technologies/helicopter-flight-physics>
- 4 Dr. Lyman Hazelton (26 September 2017). Helicopter Down-Wash Speeds and Profile, EMPYREAL SCIENCES LLC Grapevine, TX, USA. Lastet ned fra: <http://empyrealsciences.com/Helicopter%20Down-Wash%20Speeds%20and%20Profile%20-%20Empyreal%20Sciences.PDF>
- 5 Samuel W. Ferguson (Juni 1994), Rotorwash analysis handbook, Volume 1 – development and analysis
- 6 Alen Slijepcevic and Liam Fogarty (Februar 1998), Reducing the influence of helicopter rotorwash on fire behaviour
- 7 NRK og Meteorologisk institutt; <https://hjelp.yr.no/hc/no/articles/360002022134-Vindpiler-og-Beaufortskalaen>
- 8 <https://br.comsol.com/>
- 9 NAWSARH PROJECT AW101 DOWNWASH TRIALS ANEMOMETER MEASUREMENTS 12th SEPTEMBER 2013 Appendix AW101/ANEMOMETER
- 10 Automasjon og data, NAWSAHR project Field trials, 16th feb 2021, St. Olavs hospital Trondheim, Feb/Mar 2021 rev 1.3
- 11 A. Slijepcevic and L. Fogarty, "Reducing the influence of helicopter rotor wash on fire behaviour," *Fire Technol. Transf. Note*, no. 16, pp. 1–12, 1998.