



MADLA - REVHEIM

KLIMAANALYSE

Plan 2424. Områdeplan for Madla - Revheim

14.05.2012

Konsulent: ASPLAN VIAK AS



STAVANGER KOMMUNE

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver: Stavanger Kommune
Rapporttittel: Klimaanalyse for plan 2424 Madla - Revheim
Utgave/dato: 2 / 2012-05-14
Arkivreferanse: -
Lagringsnavn: rapport
Oppdrag: 529216 – Lokalklimaanalyse for Madla-Revheim, Stavanger
Oppdragsbeskrivelse: (Basert på tilbud 011763): Lokalklimaanalyse som grunnlag for arkitektkonkurranse
Oppdragsleder: Rieck Nina
Fag: Arkitektur;Landskap;Plan
Tema: Bolig;By- og tettstedsutvikling
Leveranse: Analyse

Skrevet av: Nina Rieck og Kjersti Tau Strand
Kvalitetskontroll: Hanne C. Jonassen

Asplan Viak AS www.asplanviak.no

FORORD

I forbindelse med det pågående arbeidet med utarbeidelse av områdeplan for Madla-Revheim (plan 2424), er det utført en lokalklimavurdering på oppdrag for Stavanger kommune ved kultur og byutvikling.

Madla-Revheim skal utvikles til en fremtidsrettet og klimavennlig bydel optimalt tilpasset landskapet, tilgrensende jordbruksvirksomhet og beliggenheten i det regionale bysystemet.

Lokalklimavurderingen redegjør for de lokalklimatiske forholdene på Madla-Revheim, hvordan lokalklimaet vil kunne bli endret og påvirke planområdet, og hva som bør tas hensyn til i den videre planleggingen. Analysen vil også gi anbefalinger om hvilke områder som er egnet/mindre egnet til utbygging, og hvilke prinsipper og strukturer som bør legges til grunn i de ulike områdene.

Det er ikke utført meteorologiske målinger i planområdet. Modelldata fra vindkart for Norge er benyttet for å beskrive vind- og inversjonsforholdene på Madla-Revheim.

Analysen er gjennomført i samarbeid mellom Asplan Viak ved Nina Rieck (oppdragsleder) og Kjersti Tau Strand og Kjeller Vindteknikk ved David Edward Weir. Tor Nestande (Asplan Viak) har hatt ansvar for kart- og tegningsproduksjon.

I Stavanger kommune har Henrik Haver vært vår kontaktperson.

Trondheim, 14. mai 2012

Nina Rieck
Oppdragsleder

Hanne C. Jonassen
Kvalitetssikrer

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	5
2	DATAGRUNNLAG OG METODE.....	6
3	Madla - Revheim	7
3.1	Planområdet.....	7
4	Områdets klimatiske forutsetninger	9
4.1	Vind.....	9
4.2	Sol.....	9
4.3	Nedbør.....	11
4.4	Temperatur/vindhastighet.....	11
4.5	Luftkvalitet og inversjon.....	12
4.6	Vassdrag.....	13
4.7	Vegetasjon og overordnet grøntstruktur	17
5	Analyse	19
5.1	Lokalklimaanalyse	19
5.2	Soner som er eksponert for vind.....	21
5.3	Soner med ulik soleksponering.....	23
5.4	Soner som genererer luftforurensning og støy.....	24
5.5	Grønnstruktur	25
5.6	Overvann, grunnvannsnivå og flom	25
6	Anbefalinger av løsningsprinsipper.....	27
6.1	Lokalklimatilpasning og utbyggingsprinsipper.....	27
6.2	Generelle prinsipper for bebyggelsesstrukturer og vind.....	30
6.3	Generelle prinsipper og vegetasjon og vind.....	32
6.4	Temperatur.....	35
6.5	Luftkvalitet.....	36
6.6	Klimatilpasning i de 5 sonene	37
6.7	Overvannshåndtering, grunnvannsnivå og flomveg ut av sone III.....	42
7	ROS - analyse.....	44
8	Oppsummering.....	45

Vedlegg:

Rapport fra Kjeller Vindteknikk, datert 24. april 2012

1 INNLEDNING

Lokalklimaanalysen redegjør for de lokalklimatiske forhold som bør tas hensyn til ved utvikling av Madla – Revheim, for å legge til rette for en fremtidsrettet og klimavennlig byutvikling.

Madla – Revheim ligger ca. 5 kilometer fra Stavanger sentrum, forholdsvis nær Madlakrossen bydelssenter, Universitetet i Stavanger, Stokkavannet, Hestnes, Møllebukta og Hafrsfjord. Plasseringen gjør området attraktivt for fremtidig byutvikling. Det åpne landskapet med grønne marker og utsikt over Hafrsfjord har storslåtte opplevelseskvaliteter som kan bli identitetsskapende faktorer i planen.

I «*Forslag til planprogram for Plan 2424, områdeplan for Madla – Revheim 08.11.2011*» står det at utvikling av området skal være optimalt tilpasset landskapet, tilgrensende jordbruksvirksomhet og boligområder i Madla bydel. På det 783 dekar store området skal «10 minutters byen» utvikles med et mangfoldig bymiljø med korte avstander mellom de ulike funksjonene. Det er et mål at bebyggelsen utformes og plasseres i forhold til lokalklima, at bebyggelsen danner klimavern for lune og solrike uteområder, og at det skjer lokal overvannshåndtering.

Lokalklimaanalysen vil se på forholdet mellom de prosesser som skjer i terrengoverflaten styrt av krefter i den frie atmosfæren (værlagsvinder) og prosesser som er mer lokale og terrengbundne (lokalklima). Klimaanalysen avdekker naturgitte forutsetninger gitt av meteorologi og topografiske forhold, og eventuelle menneskelige faktorer som kan ha innvirkning på lokalklimaet. Naturgitte forutsetninger kan være vindforhold, temperaturforskjeller, solforhold, grunnvannsnivå, etc. Menneskeskapt faktorer kan være plantet vegetasjon, bebyggelse, veger og andre anlegg som leder vind, gir skygge, stenger inne eller transporterer bort forurenset luft.

Lokalklimahensyn betyr at:

- Bolig- og rekreasjonsområder ikke lokaliseres til spesielt vindeksponerte områder eller områder med dårlig luftkvalitet
- Bygninger plasseres slik at energibehovet blir lavest mulig
- Bebyggelse ikke demmer opp for ventilerende vinder, skaper negative korridoreffekter eller turbulens
- Boligområder får god tilgang til grøntarealer eller at uterom ikke legges til skyggefulle soner
- Inngangspartier og uteoppholdssoner får nødvendige skjermingstiltak

Ved å ta hensyn til lokalklimaet kan man heve kvaliteten i et område både energimessig, miljømessig, trivselsmessig og helsemessig. Undersøkelser i forkant kan avdekke problematiske forhold før bygging slik at uforutsette kostnader unngås i etterkant, og er slik sett et ledd i en langsiktig tankegang.

2 DATAGRUNNLAG OG METODE

Arbeidet baserer seg på meteorologiske data, studer av topografi og kartanalyser, befarings i området og bakgrunnsmateriale.

Vi har i dette arbeidet valgt å utnytte modelldata fra vindkart for Norge som datagrunnlag for lokalklimaanalysen i området Madla-Revheim («Vindkart for Norge»). Vindkart for Norge representerer en database der vind, temperatur, skyer, trykk, nedbør osv. er beregnet i et rutenett med 1 km avstand mellom beregningspunktene horisontalt for et helt år. Modelldataene gir en langtidskorrigert vindstatistikk for punktene i rutenettet.

Det er også tatt ut temperaturdata fra den meteorologiske modellen WRF for perioden 2002-2010.

Nedbørsintensitet, varighet og frekvens er hentet fra nedbørsmålere i Madla leir like ved planområdet (Stasjon nr. 44580 Stavanger - Madla). Målingene er gjort i perioden 1983-2009. Det er ved bruk av den rasjonelle metoden gjort grove beregninger av forventet økning i avrenning etter utbygging på grunn av økt andel tette flater.

Meteorologiske data er kartfestet og analysert i forhold til terrenget i området. Lokalklimaet styres blant annet av terrenget, Hafrsfjorden, vegetasjonen osv. Terrenget bidrar til variasjoner i fremherskende vindretninger og hastighetsfordelingen, mens avstanden til fjorden påvirker temperaturklimaet sommer og vinter. Lokale forhold som åsrygger, dalfører, grunnvannsnivå og åpne flater vil også påvirke lokalklimaet.

3 MADLA - REVHEIM

3.1 Planområdet

Om Madla – Revheim, og områdets naturgitte utgangspunkt

Landskapet er åpent og planområdet har en skrånende topografi. Fra kote 45 i nord heller landskapet mot sør. Store deler av planområdet ligger mellom kote 15 og kote 20 og oppleves som et «søkk» hvor utsikten er begrenset til de omkringliggende høydene. Terrenget heller fra alle retninger inn mot «søkket». Sentralt i planområdet ligger "International School of Stavanger" med tilhørende idretts-anlegg. Nordøst for "International School" ligger en forholdsvis stor parkeringsplass for busser. I vest ligger Revheim kirke, Revheim ungdomsskole, et forsamlingslokale mm. I planområdet ligger også gårdsanlegg og jordbruksarealer som tilhører nabogårder.

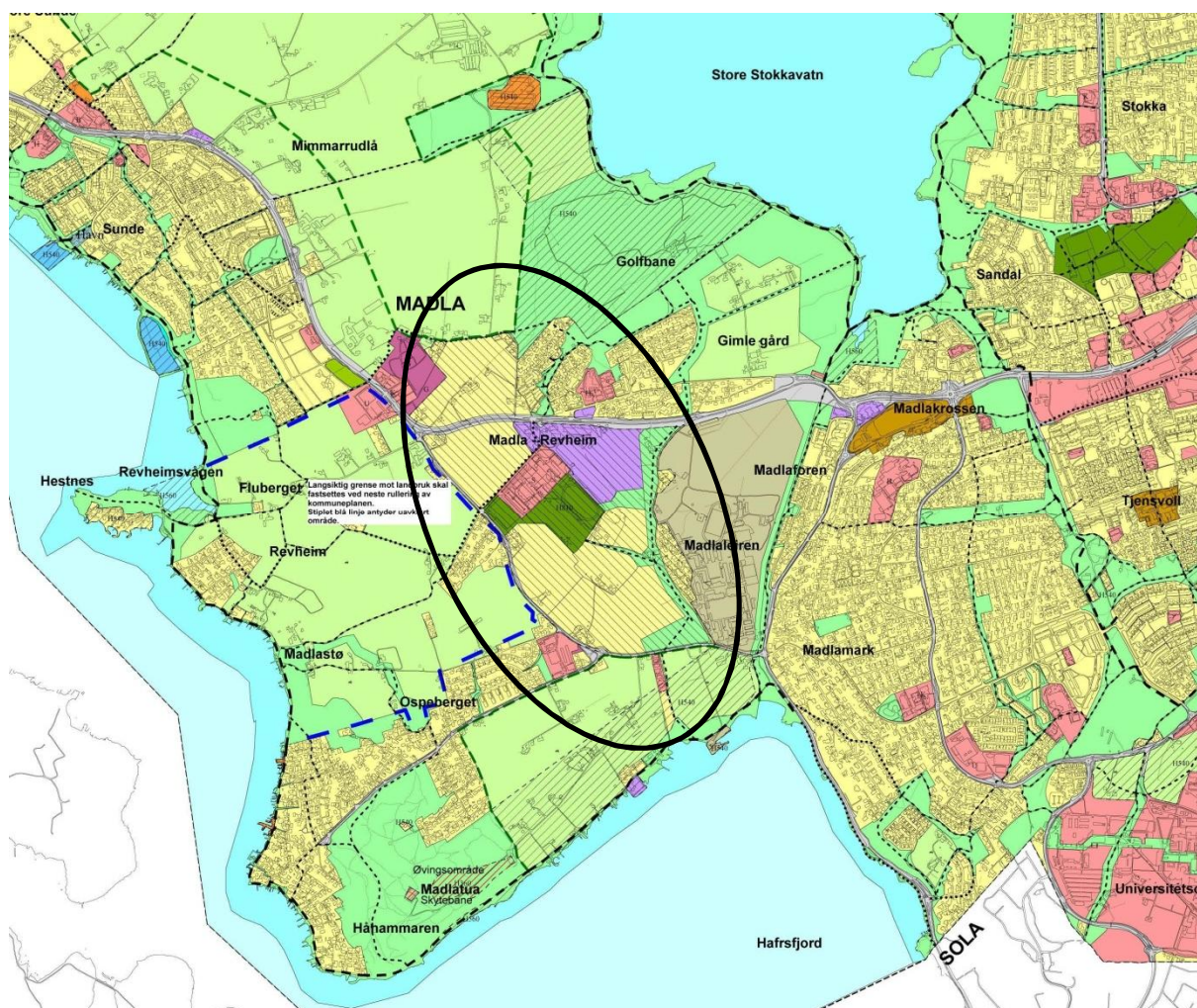
En halv km fra planområdet både mot sør og vest ligger Hafrsfjord. Arealene mellom planområdet og sjøen er preget av jordbruksvirksomhet. Strendene langs fjorden er attraktive og tilrettelagte for friluftsliv.

Madla-Revheim har et sterkt innsalg av jordbruk. Store arealer er dyrket mark noe som gir planområdet et landlig preg med overveiende grønn karakter. De grå flatene inne på området står i stor kontrast til de omkringliggende områdene.

Den delen av planområdet som planlegges for byutvikling er ca. 783 dekar stort. Området omkranses av Revheimsveien i nord og Regimentvegen i sør og sørvest. Madla militærleir avgrensner området mot øst.



Figur 1 Plassering av planområde vist på utsnitt fra fylkesdelplan for langsiktig byutvikling.



Figur 2 Utsnitt fra kommuneplan 2010 – 2025. Planområde er angitt med sort sirkel.



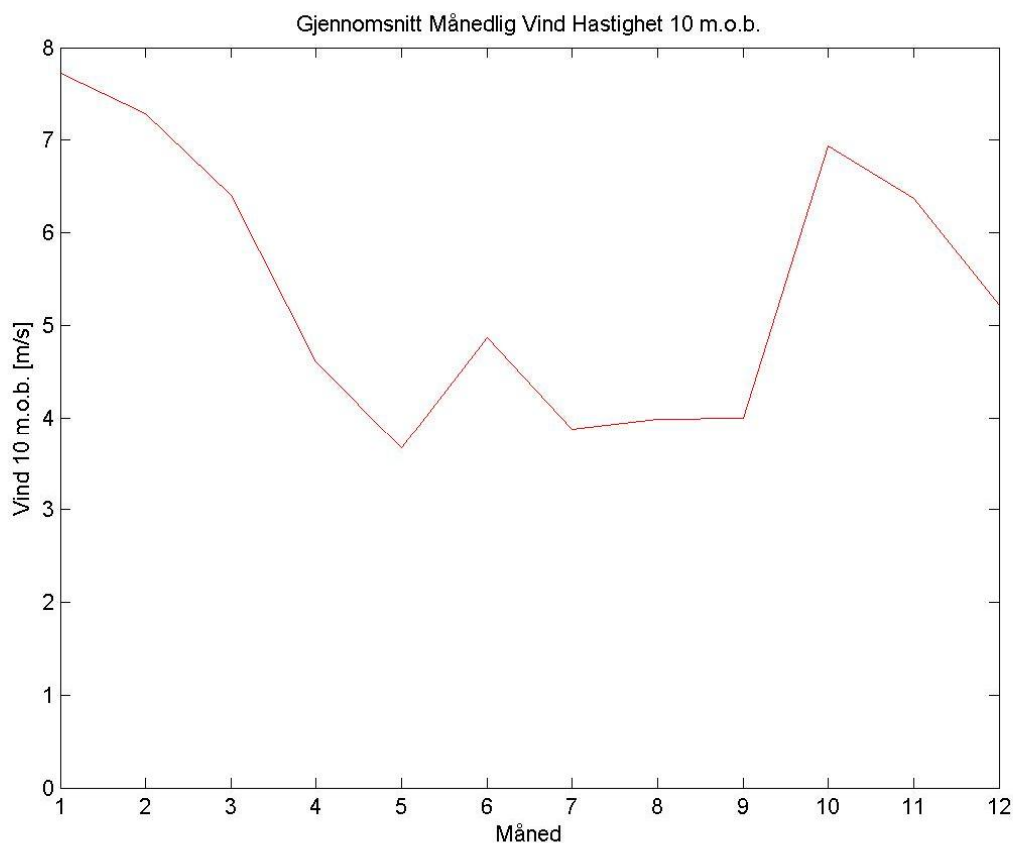
Bilde 1 Sentral del av planområdet (bussoppstilling, internasjonal skole, Revheimsvegen) sett fra sør mot nord.

4 OMRÅDETS KLIMATISKE FORUTSETNINGER

4.1 Vind

Hovedvindretningene i området kommer fra sørøst og nordvest. Sørøstvinden er mest hyppig om vinteren og nordvestvinden er mest hyppig om sommeren. Vår og høst ligger mellom disse to ytterpunktene. Den dominerende nordvestvinden skyldes solgangseffekter som gjør at vinden blåser langs land når soloppvarmingen over land er sterk, dvs. om ettermiddagen i årstidene med høy solhøyde. Vindhastigheten er høyest om ettermiddagen mellom klokken tolv og atten da det gjerne er mest aktuelt å oppholde seg ute. Om vinteren dominerer sørøstvinden, dvs. vind langs kysten som dreier opp forbi Madla. Vinden er mest dominerende i den kalde årstiden da høytrykk over land dominerer.

Den årlige middelvinden er estimert til 5,3 m/s, lett til laber bris, og det er høyere vindhastigheter om vinteren enn om sommeren, (kilde Kjeller Vindteknikk 2012).

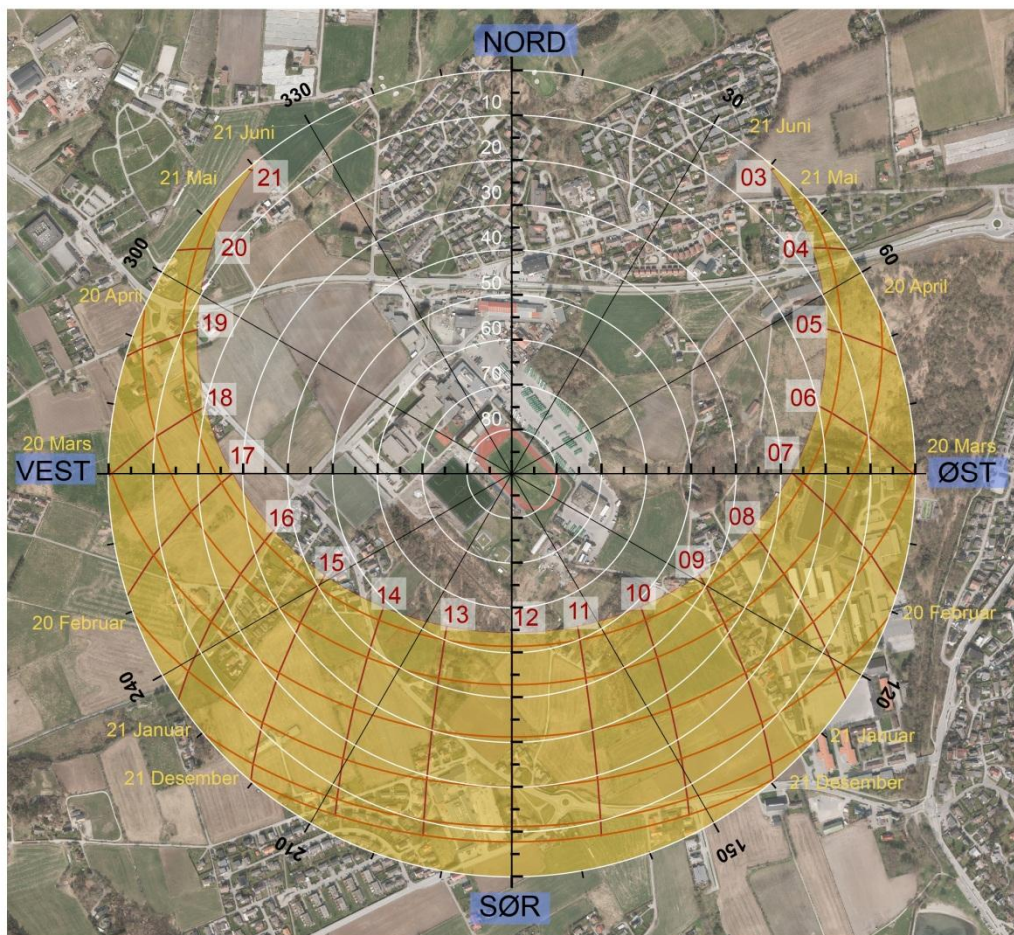


Figur 3 Figuren viser langtidskorrigert middelvind for Madla-Revheim (Kilde: «Vindkart for Norge»).

4.2 Sol

Det er gode solforhold i planområdet. Det er ingen høyder/åser som kaster skygge. I de vegetasjonskledde områdene vil det naturlig være en del skygge.

Særlig er de sørvendte skråningene nord i planområdet eksponerte for sol. Sør og sørvest i planområdet langs Regimentvegen heller deler av terrenget mot nord og nordøst. Områdene her har noe mindre solinnfall.



Figur 4 Figuren viser solrose for Madla-Revheim.

Soldiagrammet viser solvinkler og solas posisjon gjennom året, med utgangspunkt i Madla – Revheims breddegrad. Kilde: UO Solar Radiation Monitoring Laboratory.

Madla-Revheim ligger på en breddegrad som har få soltimer vinterstid, korte dager og sol som står lavt på himmelen. 21.desember står solen opp ved nitiden og forsvinner ved tretiden om ettermiddagen. Midtsommers er solen fremme lenge og det er lyst det meste av døgnet. 21.juni står solen opp ved tretiden om morgenen og går ned ved ni-tiden om kvelden.

4.3 Nedbør

Tabell 1 viser hvordan nedbør i mm gjennom de siste 10 år for Sola og Blindern, Oslo fordeler seg:

Året	Januar	Mars	Juni	Sept.
Normal Sola Årsmiddel: 1180mm	92	75	73	156
Normal Blindern Årsmiddel: 763 mm	42	47	65	90

Tabell 1 Middelerverdier for nedbør– Sola lufthavn sammenlignet med Blindern, Oslo. (Kilde: DNMI).

Stavanger er preget av forholdsvis mye nedbør særlig i de ytre kyststrøk. Om vinteren faller det meste av nedbøren som regn. Derfor er det generelt lite problemer knyttet til opphopning av snø.

Nedbørdata for beregning av avrenning før og etter utbygging, jf. kap. 3.6, er hentet fra stasjon nr. 44580 Stavanger - Madla

4.4 Temperatur/vindhastighet

Tabell 2 viser gjennomsnittlig temperatur og vindhastighet for Stavanger og fem andre norske byer. I forhold til andre byer blåser det ofte og jevnt i Stavanger-området, noe som også påvirker temperaturforholdene. Byen er preget av milde vintre, relativt milde somre og forholdsvis jevn temperatur året rundt.

Stasjon	Januar		April		Juli		Oktober	
	(m/s)	(°C)	(m/s)	(°C)	(m/s)	(°C)	(m/s)	(°C)
Tromsø	3,7	-3,8	2,8	0,7	2,2	11,8	2,8	3,2
Bergen	3	1,3	3,3	5,9	3	14,3	3,3	8,6
Trondheim	2,8	-3,1	2,8	3,2	2,2	13,2	2,2	5,8
Stavanger	3,7	0,8	4,4	5,5	4,4	14,2	4,2	8,8
Oslo	1,5	-4,3	2,4	4,5	2,2	16,4	1,9	6,3
Bodø	7,4	-2,2	5,5	3,1	3,7	12,9	6,4	5,3

Tabell 2 Gjennomsnittlig temperatur og vindhastighet for Stavanger og fem andre norske byer (Kilde: DNMI)

Den årlige gjennomsnittstemperaturen ligger på rundt 8 grader C. Den kaldeste måneden er februar med en gjennomsnittstemperatur på ca. 2 grader C og varmeste måneden er august med ca. 18 grader C.

4.5 Luftkvalitet og inversjon

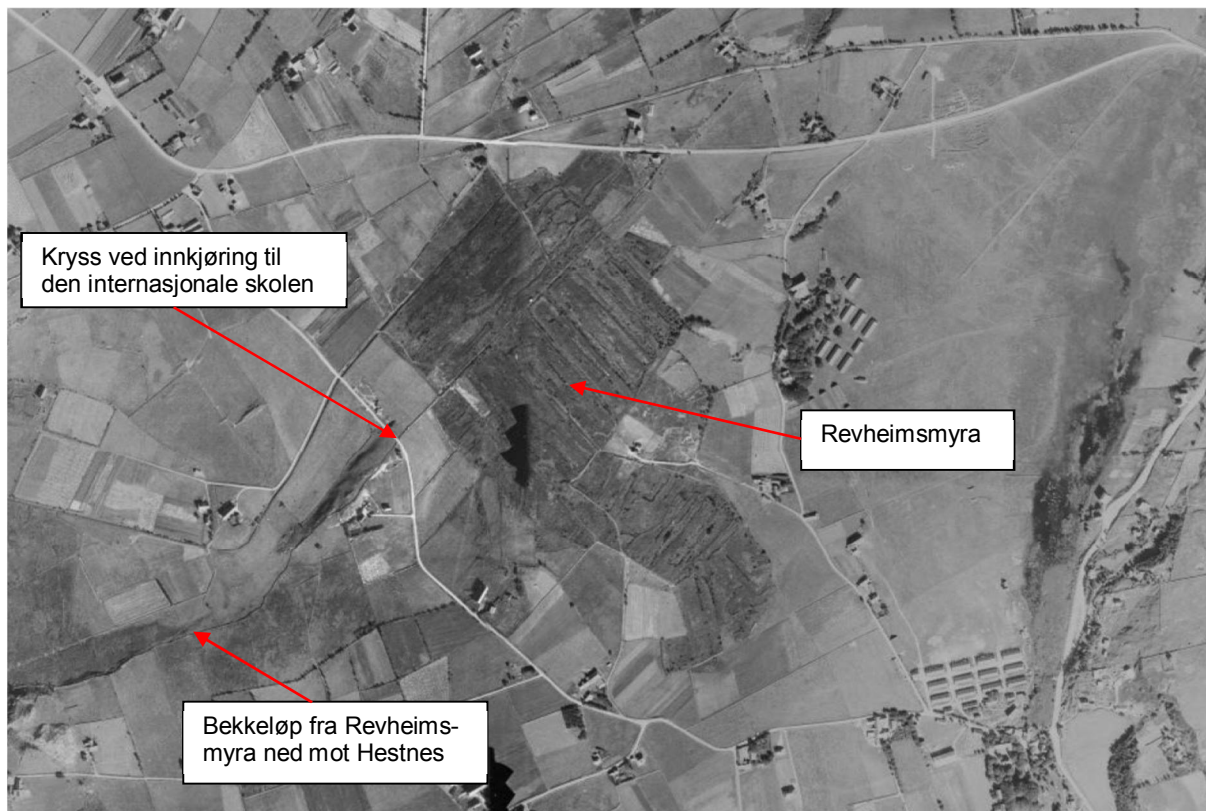


Bilde 2 og 3 Bussoppstillingsplassen og eksisterende skole og idrettsanlegg ligger i lavpunkt som kan være utsatt for inversjon og dårlig luftkvalitet

Inversjon

En temperaturinversjon oppstår som et vertikalt lag i atmosfæren der temperaturen øker med høyden. Når dette inntreffer blir det liten vertikal bevegelse og et lavt turbulensnivå i luften som gir lite spredning av luftforurensning. Kraftig bakkenær inversjon oppstår som oftest vinterstid med i klarvær, lite solinnstråling og kraftig avkjøling fra bakken. Den kalde luften samler seg i forsenkninger i terrenget. Inversjon kan også oppstå i sommerhalvåret under klarvær om natten men brytes raskere ned av soloppvarmingen om dagen. Inversjonen kan ha en begrenset lokal virkning da terrengformene lokalt har stor betydning. Det er svært sannsynlig at de lavereliggende delene av planområdet er mer utsatt for dårlig luftkvalitet enn de høyereliggende (Kjeller Vindteknikk 2012).

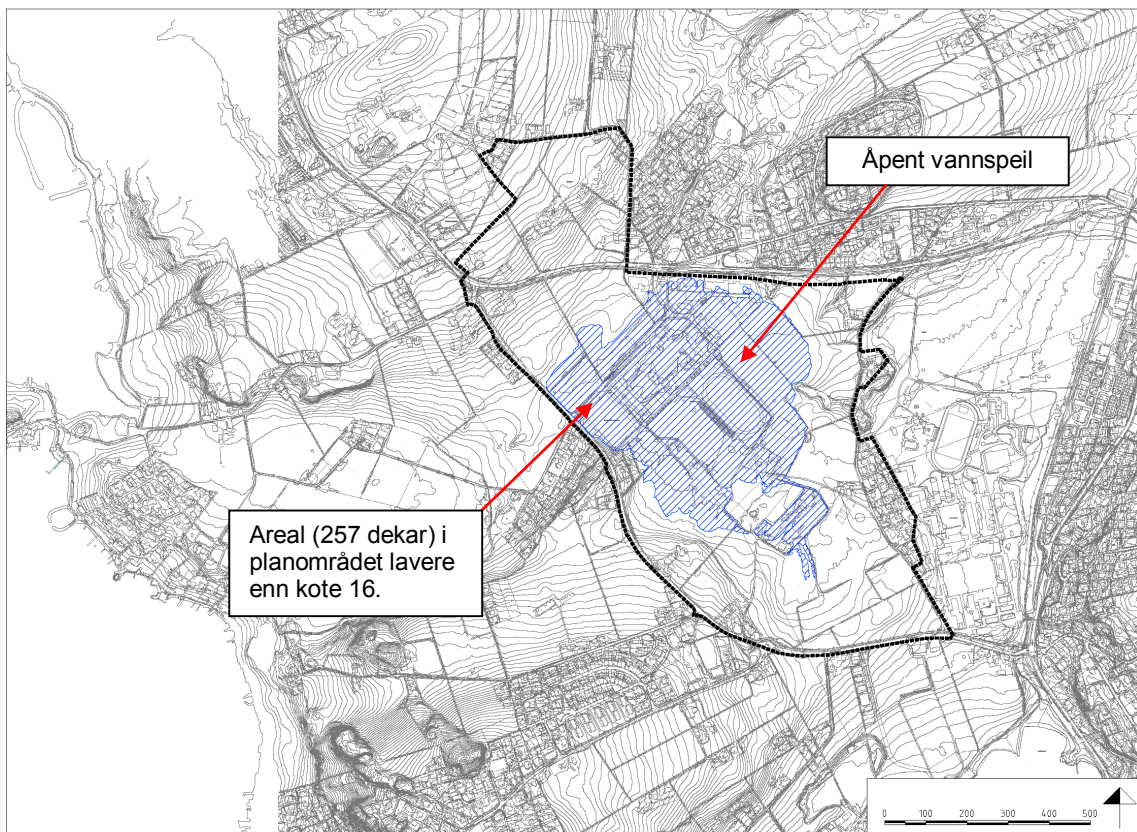
4.6 Vassdrag



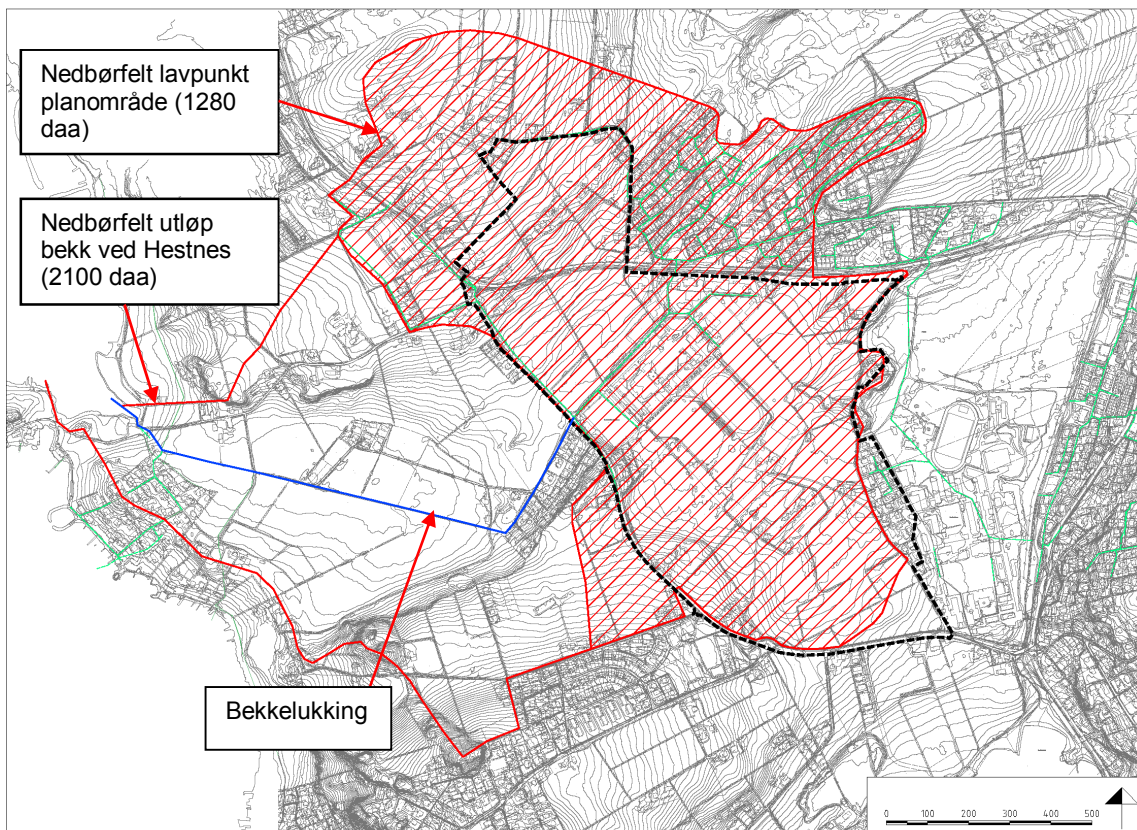
Figur 5 Ortofoto fra 1937 viser Revheimsmyra og bekkeløpet nedover mot Hestnes.

Ortofoto fra 1937 viser Revheimsmyra og bekkeløpet nedover mot Hestnes. Avgrensninga av Revheimsmyra samsvarer i stor grad med avgrensninga av lavpunktet i planområdet pr. i dag, jf. figur 6 der arealet (257 dekar) som ligger lavere enn kote 16 er skravert.

I dette området er det i dag etablert et overvannssystem delvis i kommunal og privat regi, som leder vannet ut mot lavpunktet ved innkjøringen mot den internasjonale skolen. Bekkeløpet fra Revheimsmyra ble lukket og lagt i rør (1400mm) i 1970, og alt overvann fra nedbørfeltet vist i figur 7 føres via bekkelukkinga til utslipp i sjø ved Hestnes.



Figur 6 Lavpunktet i planområdet (areal < kote 16), områder med høy grunnvannsstand og delvis åpent vannspeil



Figur 7 Nedbørfelt for bekk fra Revheimsmyra



Bilde 4 og 5 Åpent vannspeil nord – øst for bussoppstillingsplass



Bilde 6 og 7 Utløp bekk ved Hestnes

Arealfordelingen mellom grøntområder og utbygde områder for dagens situasjon er vist i tabell 3.

Type areal	Areal (hektar)	Avrenningskoeffisient
Asfalt	11	0,95
Bygg	9	0,9
Idrettsplass	6	0,8
Grønt (landbruksareal)	103	0,4

Tabell 3 Arealfordeling før utbygging.

I en forstudie til områdereguleringen er det lagt opp til følgende fordeling av arealer etter utbygging:

- Ca. 344 daa areal til bolig
- Ca. 106 – 110 daa til næring
- Ca. 47 daa til skole
- Ca. 67 daa til idrett
- Ca. 70 – 94 daa til intern grønnstruktur
- Ca. 50 – 66 daa til overordna grønnstruktur
- Ca. 16 daa til overordna veinett
- Ca. 104 000 – 160 000 m² BRA boligareal (1040 – 1600 boenheter, avhengig av utnyttelsesgrad)
- Ca. 200 000 m² BRA til næring

Type areal	Areal (hektar)	Avrenningskoeffisient
Asfalt	30	0,95
Bygg	40	0,9
Idrettsplass	10	0,8
Grønt (friområder)	50	0,4

Tabell 4 Antatt arealfordeling etter utbygging

For nedbørfelt større enn 50 hektar skal det normalt brukes en hydraulisk modell for å beregne avrenningen. For å få et bilde av forventet økning i avrenning etter utbygging på grunn av økt andel tette flater, har vi gjort en forenklet beregning ved bruk av den rasjonelle metoden.

$$Q = K \cdot \alpha \cdot I \cdot A$$

$$Q = \text{avrenning (l/s)}$$

K = sikkerhetsfaktor som blant annet tar høyde for fremtidige klimaendringer. Settes lik 1.2, - dvs antatt 20% økning i nedbørintensitet

α = avrenningskoeffisient

I = nedbørintensitet

A = areal

Vi legger til grunn en tilrenningstid på 30 min og gjentakintervall på 20 år. Det gir en gjennomsnittlig nedbørintensitet på 89.1 l/s*ha¹.

Før utbygging får vi da en gjennomsnittlig avrenning Q = 6000 l/s. Etter utbygging vil avrenningen øke til Q = 10.000 l/s, - basert på antatt arealfordeling gitt i tabell 4 og iberegnet en sikkerhetsfaktor på 1.2.

Denne beregningen er veldig grov og med mange feilkilder og unøyaktigheter. Utgangspunktet er likevel at dersom det ikke gjøres tiltak, så må det forventes at økningen i andelen tette flater vil gi økt avrenning i størrelsesorden 50 – 70 % i forhold til dagens situasjon.

¹ Data hentet fra e-klima, 44580 Stavanger-Madla, Periode: 1983-2009

4.7 Vegetasjon og overordnet grøntstruktur

På Madla-Revheim er den dyrkede marken det mest karakteristiske ved området og bidrar til det åpne preget. Vegetasjonsfelt og -belter med trær er viktige romdannende elementer, men har også en funksjon som lebelter for vind og kuledrag. Det meste av vegetasjonen er konsentrert til det lavereliggende området med høy grunnvannstand.

Vegetasjon har også en luftrensende effekt. Støvpartikler legger seg på bladverket og bindes. Den luftrensende effekten er naturlig nok størst i sommerhalvåret. Nåletrær har en betydelig mindre bindende effekt på støvpartikler. Vegetasjonsbelter langs veger vil ha en positiv virkning på luftkvaliteten i områdene bak.

Grønne flater med gress og lavt buskdekke men også delvis et grusdekke, er permeable (vanngjennomtrengelige) og derfor viktig for balansering av luftfuktigheten i området og for avrenning/absorbering av overvann.

Vegetasjon har også en temperaturutjevnerende funksjon.

På s. 32 - 34 vises prinsipper for vegetasjonens ulike betydninger.

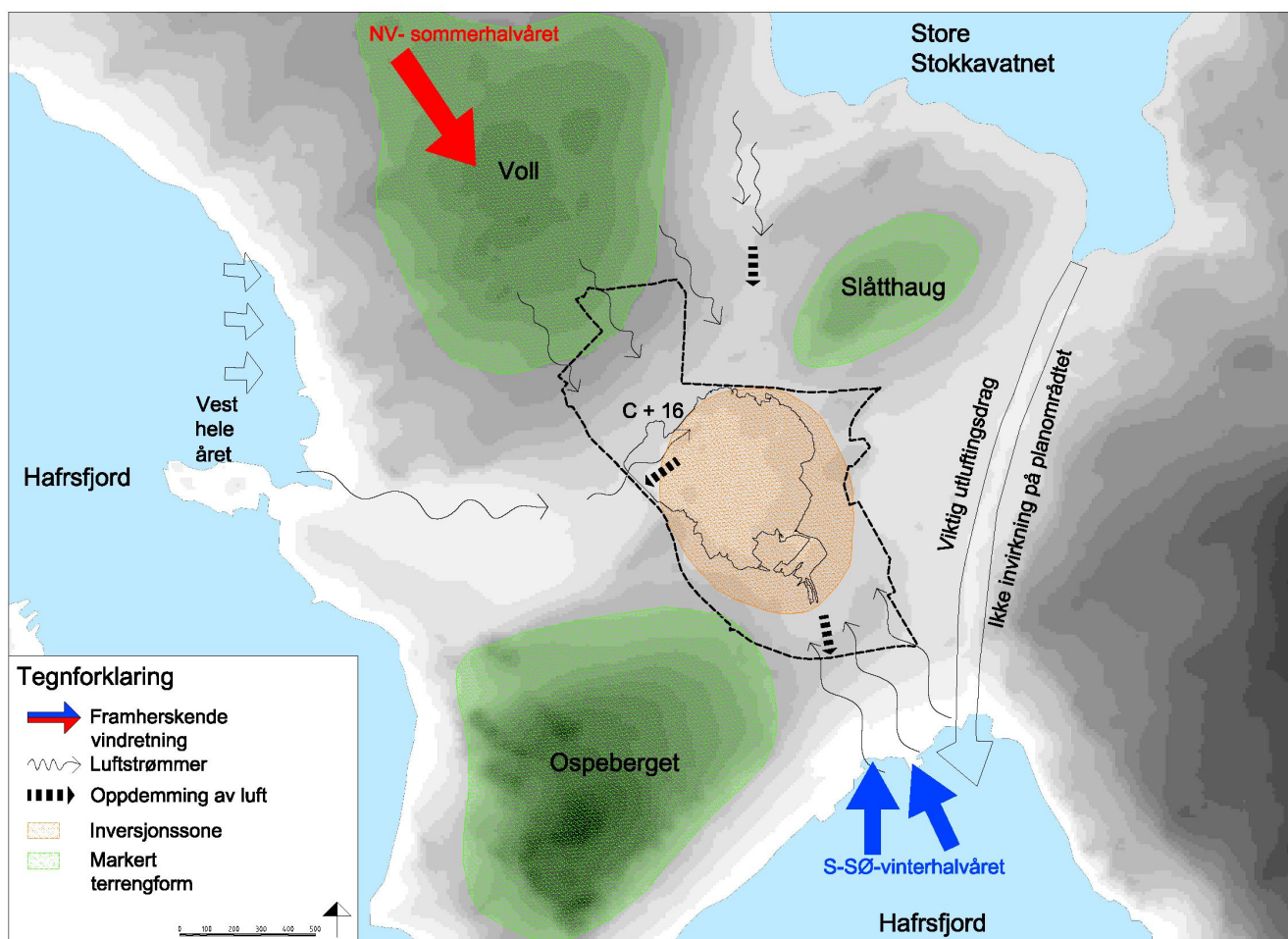
Kartet på neste side (figur 8) viser de vegetasjonskledde arealene som ikke er dyrka mark, dvs. trevegetasjon, busker og eng i gjengroing. Det er også trekker i eiendomsgrenser som kan ha noe vinddempende effekt lokalt.



Figur 8 Eksisterende vegetasjon i planområdet.

5 ANALYSE

5.1 Lokalklimaanalyse



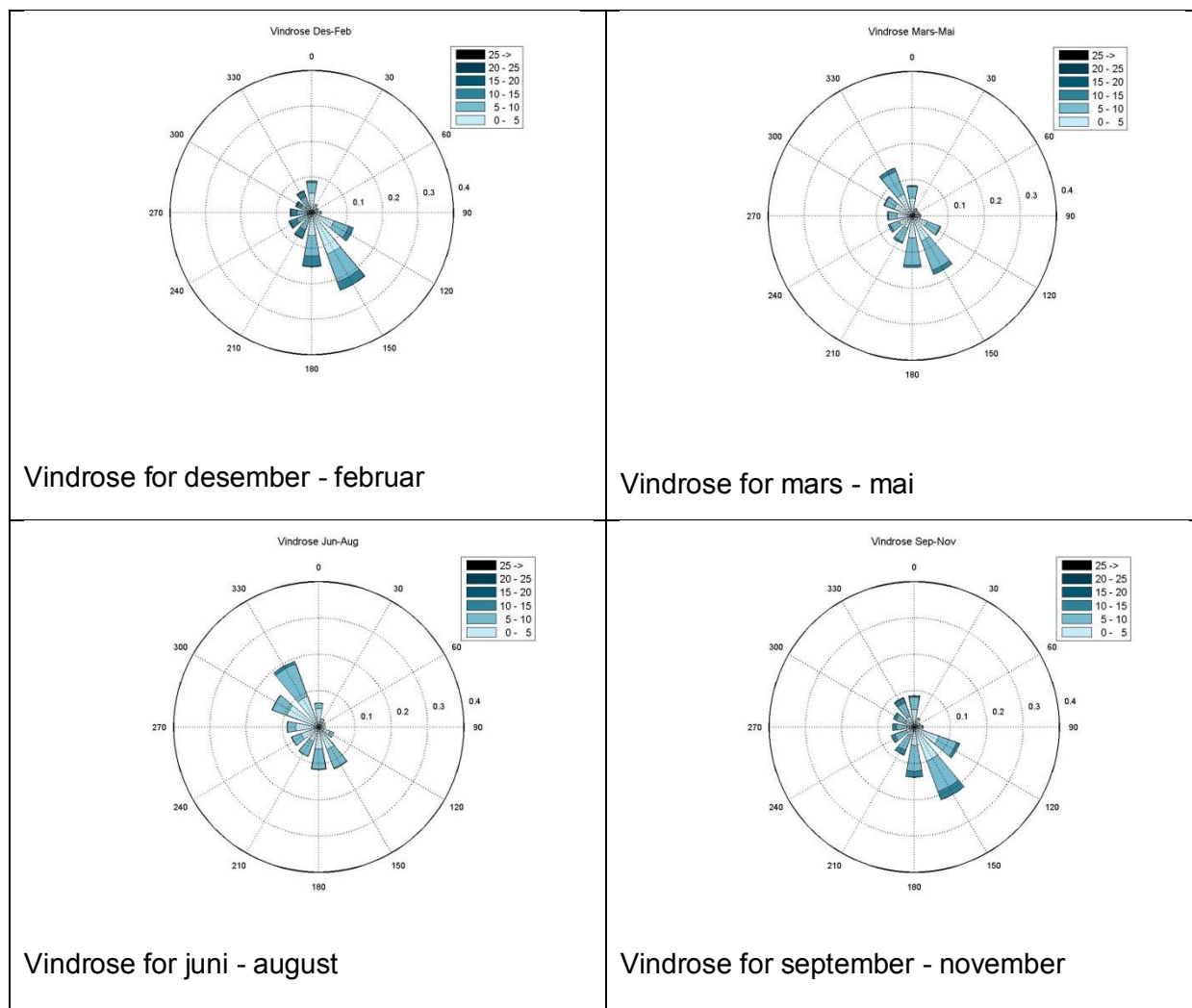
Figur 9 Lokalklimaanalyse.

Lokalklimakartet viser de fremherskende vindene i området som i sommerhalvåret er dominerende fra nordvest og i vinterhalvåret fra sørsørøst. Det vil også komme inn vind fra vest med en viss styrke, se vindroser vist i figur 10.

Markerte høydedrag som både demper og styrer vind er markert med grønt. Det er tre dominerende åser omkring planområdet; Voll i nord på 60 moh, Slåtthaug i nordøst på 45 moh og Ospeberget i sør på 83 moh.

Sentralt i planområdet er det vist et større område som er en forsenkning i terrenget. Her vil det i vinterhalvåret og på enkelte sommerdager samle seg kald luft.

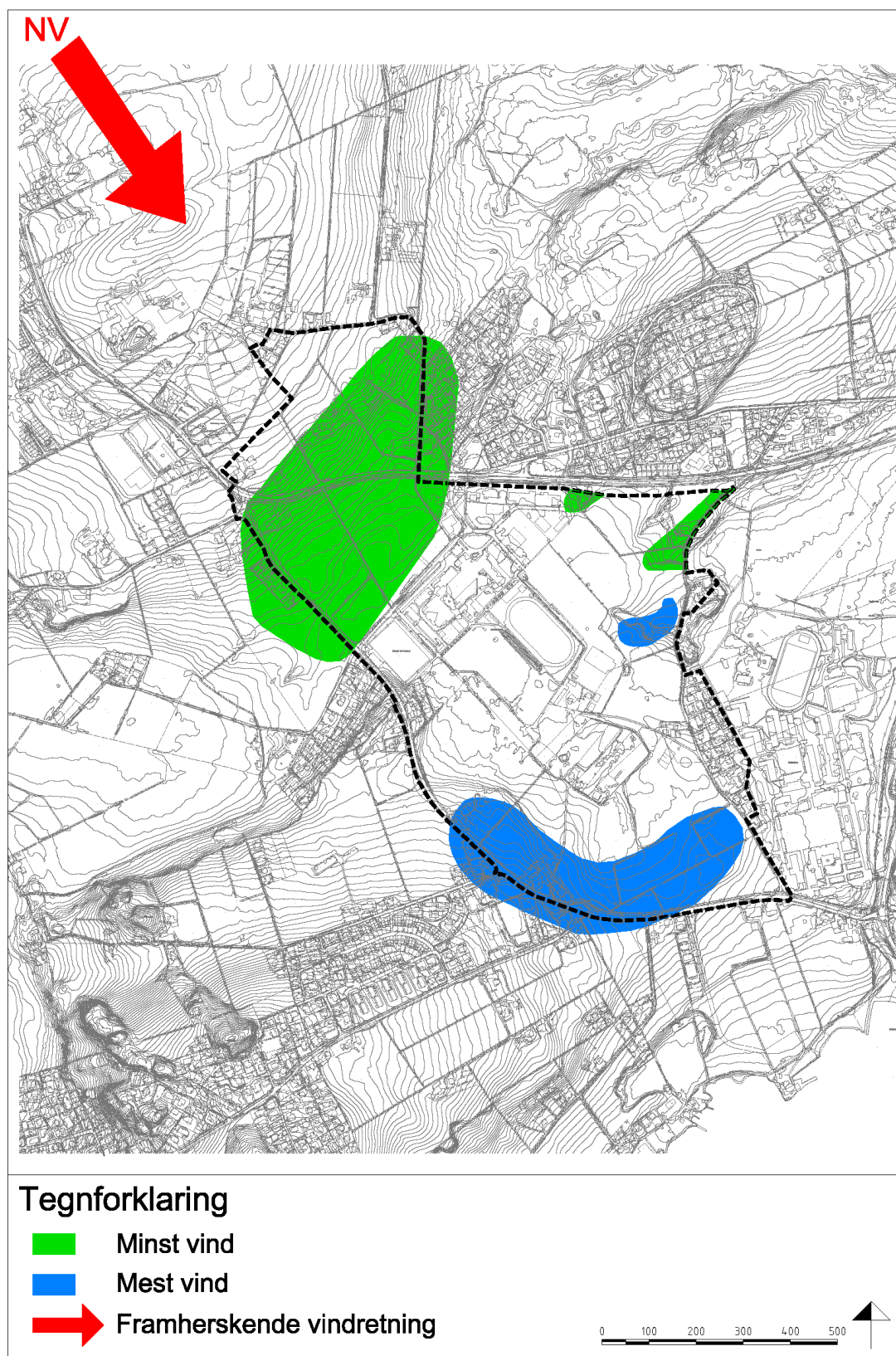
Fra Store Stokkavatn til Hafrsfjord går en viktig grønnstruktur og utluftingsdrag som i dag ikke påvirker planområdet.



Figur 10 Vindroser

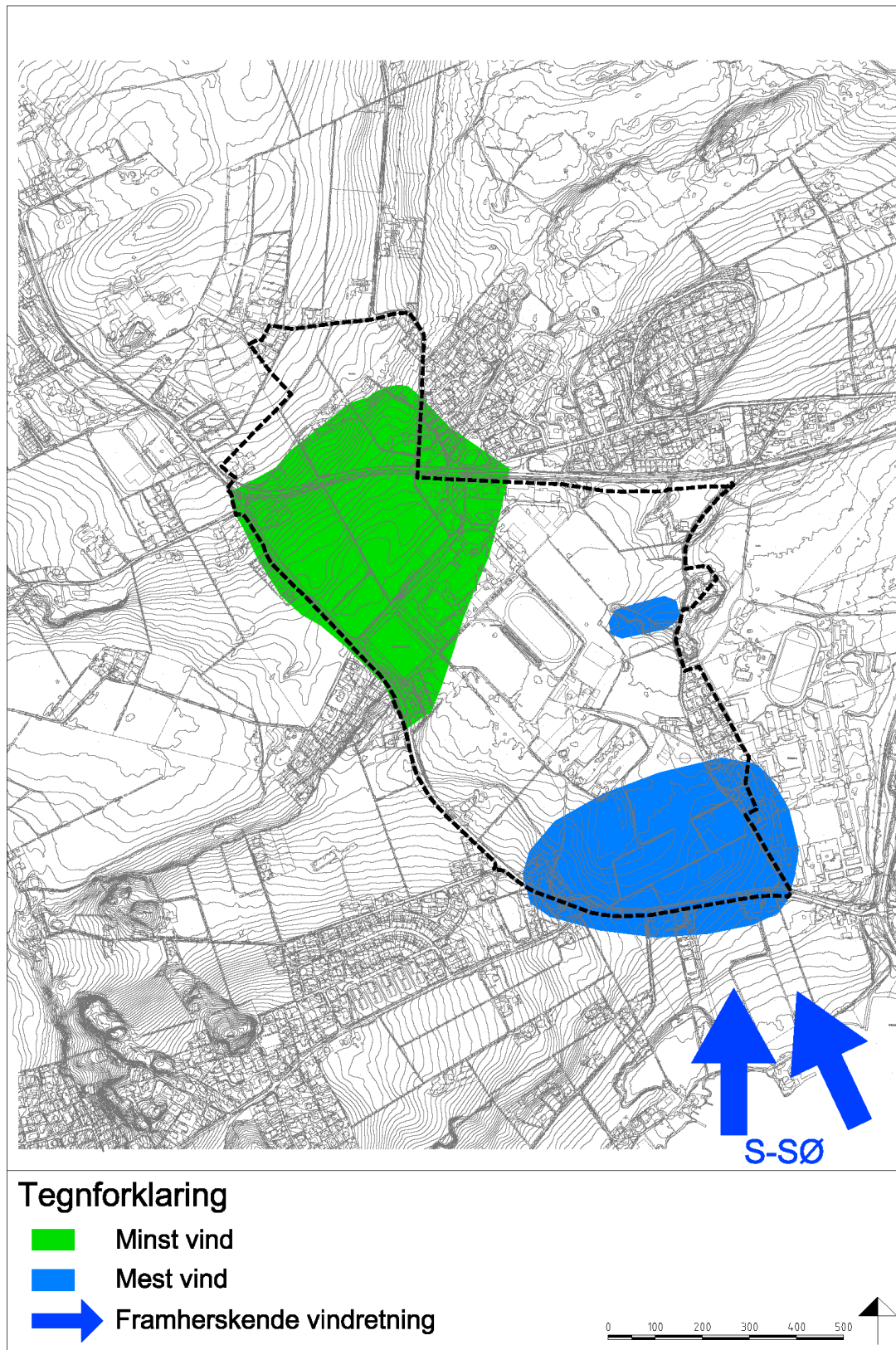
I det følgende presenteres en rekke temakart med lokalklimatisk informasjon. Kartene er skjematisk og gir et bilde på situasjonen.

5.2 Soner som er eksponert for vind



Sommersituasjonen

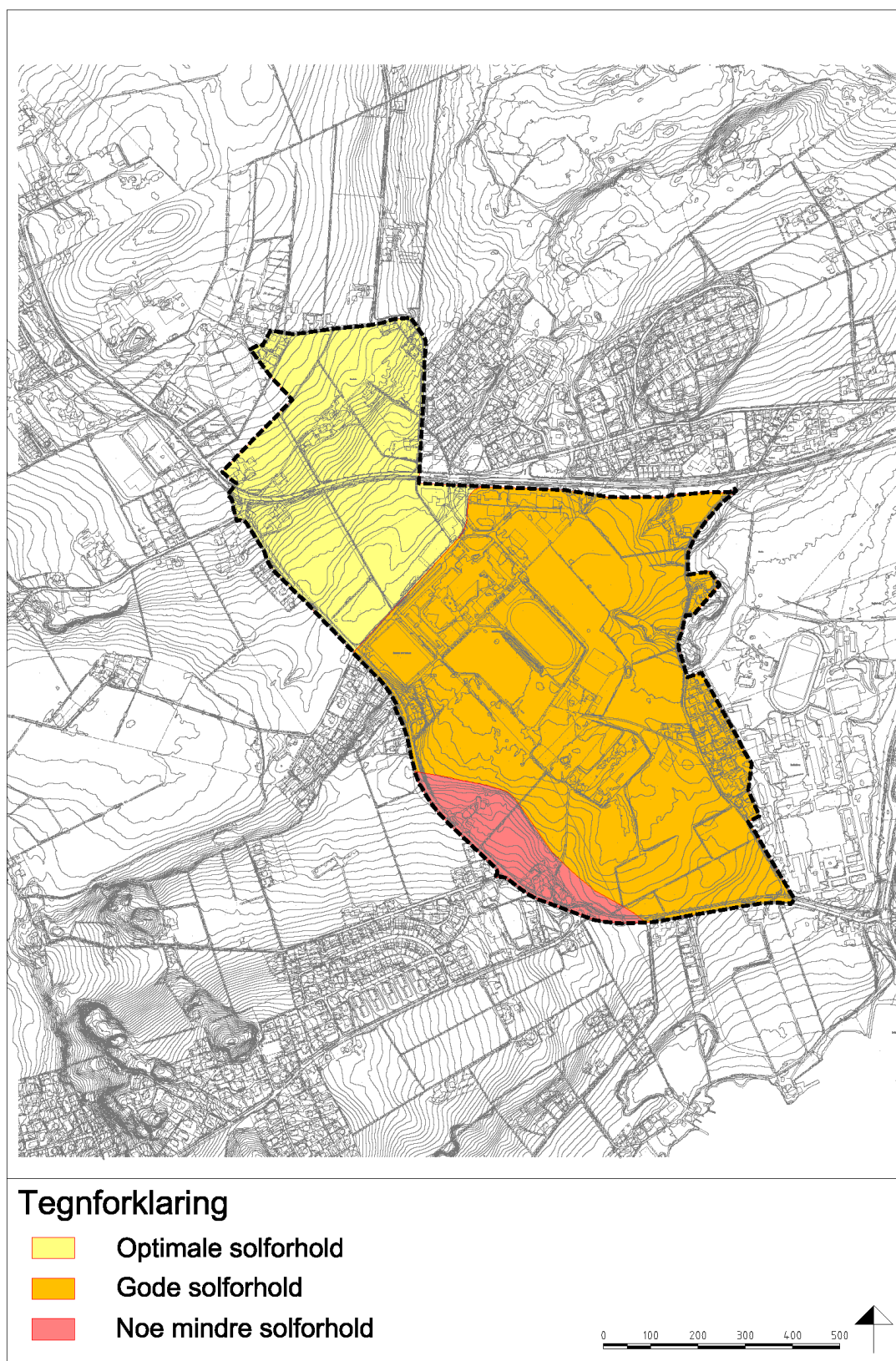
Figur 11 Soner med ulik eksponering for vind om sommeren, Kjeller Vindteknikk 2012. Kartet viser at den sørøstvendte lien i nord har minst vind mens en sone i sør langs Regimentveien er usatt for kraftigere vind..



Vintersituasjonen

Figur 12 Soner med ulik eksponering for vind om vinteren, Kjeller Vindteknikk 2012. Vindstyrker og vindmønsteret er det samme som for sommersituasjonen, men områdene som påvirkes er noe større.

5.3 Soner med ulik soleksponering



Figur 13 Det er generelt gode solforhold i planområdet. Kartet viser soner der solforholdene dog graderes. Den sørøstvendte skråningen i nord har de beste solforholdene, den sentrale «gropen» har noe mindre solinnstråling og sonen i sør som er nordøstvendt har mindre optimale solforhold.

5.4 Soner som genererer luftforurensning og støy



Figur 14 Soner som kan være utsatt for støy / svevestøv.

Forurensningen i de sonene som er vist er ikke kvantifisert, men erfaringsmessig vil det være en sone langs trafikkerte veger som er utsatt for svevestøv. Vindretningen er avgjørende for om partikler transporteres inn i planområdet. På Madla-Revheim vil fremherskende vinder både fra nordvest og sørøst kunne transportere svevestøv inn i planområdet. Det er sannsynlig at forurensningen vil samle seg i de lavereliggende områdene. Bussoppstillingsplassen sentralt i planområdet vil også kunne bidra negativt på luftkvaliteten.

Både vegetasjon og vann har også en positiv virkning på luftkvaliteten. Derfor vil etablering av en grønnstruktur og gjenåpning av bekkeløp ha en positiv effekt da løpene vil bidra til drenering av kald og forurenset luft. Vinterstid vil soner med vann/bekkedrag ha kald og rå luft mens de om sommeren kan gi temperaturforskjeller som virker ventilerende. Stillestående og rennende vann vil også kunne bidra til å magasinere svevestøv.

5.5 Grønnstruktur

Eksisterende vegetasjon bør forsterkes og bygges videre på i en fremtidig situasjon. Grønnstrukturen bør strukturere de nye utbyggingsfeltene, markere overganger, gi le for vind og inneholde stier og møteplasser. Etablering og utvikling av grønnstruktur bør sees i sammenheng med håndtering av overvann med åpne bekker og grøfter som kan bli et spennende motiv i grønnstrukturen.

Vegetasjon har også en luftrensende effekt og bør vurderes i forbindelse med trafikkerte veier og andre luftforurensende kilder.

Prinsipper for å anvende vegetasjon til ulike formål er presentert i kapittel 5.1.

5.6 Overvann, grunnvannsnivå og flom

Stavanger Bystyre har gjennom hovedplan for vannmiljø og avløp vedtatt at arealbruksendringer ikke skal medføre økt belastning på eksisterende avløpsnett. Vi vet ikke så mye om bekkelukkinga fra Revheimsmyra ned til sjøen, men det er grunn til å tro at denne ledningen tidvis også i dag kan ha for liten kapasitet².

For å unngå økt belastning i nedstrøms avløpsnett må det gjennomføres lokal overvannshåndtering internt i utbyggingsområdet. Med lokal overvannshåndtering menes tiltak som infiltrerer, forsinker og fordrøyer avrenningen fra tette flater. Det høye grunnvannsnivået reduserer muligheten for bruk av lokal overvannshåndtering i områdene som i dag ligger lavere enn kote 16. For å øke muligheten for bruk av lokal overvannshåndtering må terrenget heves og/eller grunnvannsnivået senkes i det som i dag er lavpunktet i planområdet. Dette kan være problematisk i forhold til eksisterende bygg og infrastruktur.

Høyt grunnvannsnivå bidrar også til inversjon / stillestående «rå» luft i de lavereliggende områdene.

Det må også forventes at grunnvannet og massene i deler av området, f.eks. ved bussoppstillingsplassen, kan være forurenset. Forurensa masser kan legge begrensninger på framtidig arealbruk.

En annen utfordring blir å sikre en flomveg med tilstrekkelig kapasitet ut av området. Det vil være naturlig å tenke at flomvegen må følge det opprinnelige bekkeløpet ned mot Hestnes.

² En 1400mm betongledning som ligger med 10 ‰ fall har kapasitet på ca. 6300 l/s. På deler av strekningen ned til sjøen ligger bekkelukkingen med mindre enn 10 ‰ fall.

Utfordringer:

- håndtering av grunnvannsnivå:
 - o er det mulig å avgrense området med høyt grunnvannsnivå ved å senke grunnvannsnivå og/eller heve terrenget?
- dårlige masser:
 - o geotekniske utfordringer ved bygging i områder med høyt grunnvannsnivå
- forurensa masser:
 - o forurensa masser kan legge begrensninger på framtidig arealbruk
- kapasitet på nedstrøms avløpssystem:
 - o bekkelukkinga fra Revheimsmyra ned til Hestnes har begrenset kapasitet. Dette kan løses ved å oppdimensjonere eksisterende bekkelukking, eller ved å gjenåpne bekken.
- flomveg ut av området:
 - o det må etableres en flomveg med tilstrekkelig kapasitet ut av området langs bekkeløpet ned mot Hestnes

6 ANBEFALINGER AV LØSNINGSPRINSIPPER

6.1 Lokalklimatilpasning og utbyggingsprinsipper

I lokalklimaanalyse for Madla-Revheim er dominerende vindretninger, soltilgang, nedbør og temperatur kartlagt. På bakgrunn av analysen er det utarbeidet prinsipper for anbefalt lokalisering og orientering (utforming) av bolig- og næringsbebyggelse med hensyn på vindpåkjenning og solforhold.

Planområdet vil være eksponert for både vintervinder fra sørsørøstlig sektor og sommervinder fra nordnordvestlig sektor. Kollene Voll, Slåtthaug og Ospeberget og Madlaleiren i øst vil skjerme noe for vindene, men det åpne landskapet er likevel vindfullt. Stavanger området er preget av milde vintre og relativt milde somre dvs. en forholdsvis jevn temperatur gjennom året. Om vinteren faller det meste av nedbøren som regn, det er derfor lite problemer knyttet til opphopning til snø.

Området har gode solforhold og derfor god mulighet for å etablere sydvendte fasader. Når det gjelder sol på offentlige og private uteareal vil det primært være byggenes plassering og utforming, dvs. innbyrdes avstander og høyder som kan kaste skygger på uteareal og balkonger/terrasser.

Klimatilpasning av bebyggelse - energi

Plassering av bygg har stor betydning for byggets totale energibruk gjennom levetiden, bl.a. vil rett orientering av bygget i forhold til sol- og vindforhold kunne redusere behovet for oppvarming og kjøling.

Det bør unngås å legge boliger i lokale kuldegroper som "trekker" energi. Kaldluft bør ledes utenom boligfeltene i den utstrekning det er mulig. Boliger og barnehager og gjerne skoler, bør ikke plasseres lavere enn kote 16 dersom ikke spesielle tiltak gjøres. Ved å unngå lokale groper i terrenget vil god kvalitet på utearealene være lettest å oppnå, samt minimere tilslaget av kald (ofte forurenset) luft, som har en tendens til å samle seg i lavereliggende partier.

Generelt om bebyggelse og fremherskende vind

For å legge et godt grunnlag for utbygging av Madla-Revheim, er det viktig å etablere et bebyggelsesmønster og en grønnstruktur som tar hensyn til de fremherskende vindretningene i området. Boliger bør i utgangspunktet ikke legges til de mest vindeksponerte høydene eller til de laveste partiene i terrenget.

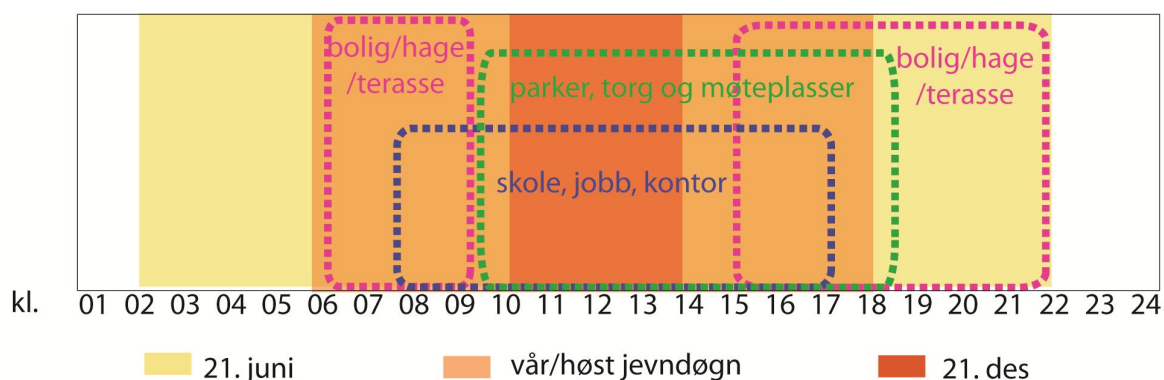
Terreng og vegetasjon påvirker vindens retning og styrke. Terrengformer kan utnyttes til å lede vind og skape lesener i kombinasjon med bygg og vegetasjon. Bebyggelse kan også forsterke, kanalisere eller bremse vind. Ved å plassere bygninger i lesener, eller bak vegetasjons- og terrengskjemer, er det mulig å oppnå energibesparelse og gunstige uteoppholdssoner.

Vindmønsteret rundt bygninger er avhengig av byggenes plassering, orientering og utforming. Vindhastigheten øker vanligvis med høyden over bakkenivå. Dette betyr at høye bygninger er mer utsatt for kraftigere vind enn lavere bygninger.

Generelt om bebyggelse og soltilgang og soltilpasning (primært på uteareal):

Det er viktig å sikre god soltilgang, både for å legge til rette for gode uterom og lave energi-behov til oppvarming i bygg samt for å gi muligheten til å utnytte solenergi. Dette avhenger av plassering og høyden på bygningene og plassering av uteplasser og balkonger i forhold til skyggevirksomheter fra bygg, vegetasjon og terreng.

Når og hvor behovet for sol er tilstede er viktig å kartlegge. Tidspunkt bør sees i forhold til solvinkel (se figuren under). Boligenes uteareal bør først og fremst sikres god soltilgang på ettermiddagen/kvelden og gjerne på morgenen. For kontorbygg er det derimot viktig å organisere utearealene slik at det er sol midt på dagen ved lunsjtid. Det er imidlertid viktig å tenke på at man ønsker *optimal* sol og ikke *mest mulig* sol som kan medføre at man i stedet for å spare energi til å varme opp, ender opp med å bruke energi på nedkjøling. Dette er spesielt viktig i kontorbygg og institusjonsbygg.



Figur 15 Tidspunkter for sol og bruk av uteareal. Figuren viser når det er sol for henholdsvis bolig, skole/jobb og parker/torg ved midtsommer, vår/høstjevndøgn og midtvinters. For eksempel vi det ved vår/høstjevndøgn være sol fra kl. 06.00 om morgenen til kl. 18.00 om ettermiddagen, og viser kun mangel på sol for bolig om kvelden etter kl. 18.00.

Prinsipper for bebyggelse

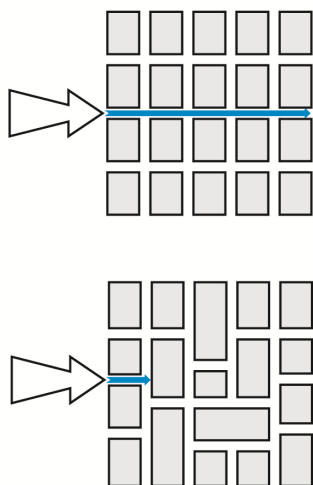
Følgende prinsipper bør legges til grunn all bebyggelse:

- Hovedprinsipp for bebyggelsesstrukturen bør være å "legge-ryggen-mot" sommervinden fra nord-nordvest og åpne mot sola i sørlig sektor. Bebyggelsen bør få lokale skjermingstiltak (vegetasjon, legger etc.) mot vintervinden fra sørsørøst. Bebyggelse kan organiseres slik at "scooterhetter" oppnås, dvs. at vinden kommer vinkelrett på bebyggelsen og stillestående luftlommer etableres. Bebyggelsen bør da få lukkede fasader mot nord, øst og vest.
- Boliger bør orienteres med hovedfasaden mot sør. Best effekt (passiv soloppvarming) oppnås dersom fasaden legges +/- 30 grader mot sør. Boligene vil da ha behov for solavskjerming, enten ved bruk av vegetasjon, takutspring eller tekniske installasjoner (persiener, markiser). Næringsbygg bør legges med minst eksponert flate mot sør for å minske avkjølingsbehovet sommerstid.
- Boliger organisert rundt et tun vil gi ly til sentralt uterom.

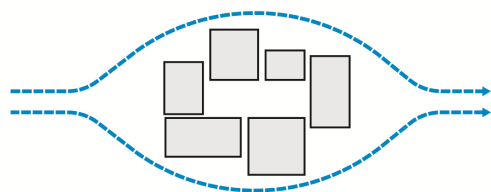
- Det bør unngås å legge boliger i lokale kuldegroper som "trekker" energi. Kaldluft bør i den grad det er mulig ledes utenom boligområdene. Boliger og barnehager og gjerne skoler, bør ikke plasseres lavere enn kote 16 dersom ikke spesielle tiltak gjøres. Ved å unngå lokale groper i terrenget vil god kvalitet på utearealene være lettest å oppnå, samt minimere tilsiget av kald (ofte forurenset) luft, som har en tendens til å samle seg i lavere-liggende partier. Næringsbygg kan vurderes i slike områder.
- Bebyggelsen bør ikke organiseres eller ha høyder slik at det oppstår negative korridoreffekter på bakkeplan. Det bør likevel sees på om bebyggelsen i den lavereliggende midtsonen kan være høyere enn bebyggelsen i planområdet for øvrig, først og fremst for å skape sirkulasjon i stillestående luft (høye bygninger skaper turbulens på bakkeplan).

6.2 Generelle prinsipper for bebyggelsesstrukturer og vind

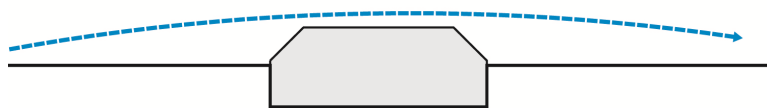
De generelle prinsippene er hentet fra «Energiutredning for Jåttåvågen» (2011) og «Lokalklimanalyse for Brøset» (2010).



Figur 16 Gatenett



Figur 17 Tundannelse



Figur 18 Bygg i terreng



Figur 19 Bygg i terreng

Gatenett

Ved organisering av bebyggelsesmønster er det viktig å unngå rette gater som følger fremherskende vindretning. Dette skaper vindtunneller med økt vindhastighet som er lite egnet for uteopphold. Fremherskende vindretning både vinter- og sommerstid, bør hensynstas.

Tundannelse/tett lav

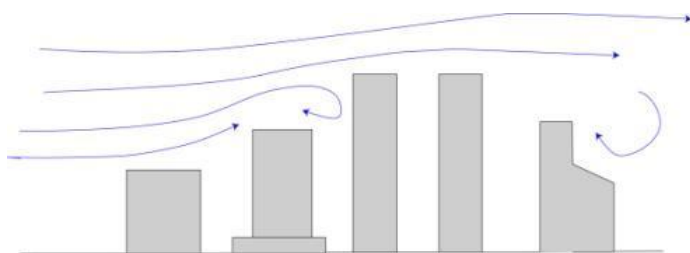
Bebyggelsen er plassert slik at den leder vinden rundt og over bygningsgruppene. Det ligger til rette for å etablere et åpent tun i midten som vil være et vindskjermet felles uterom med mulighet for god soltilgang.

Nedsenket terreng

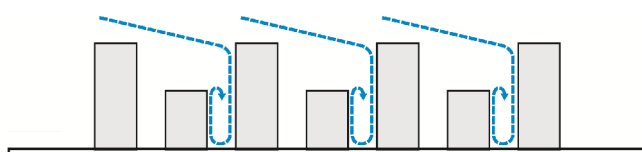
Ved å senke bygget ned i terrenget vil det oppnås strømlinjeeffekt, dvs. minimalt med vertikale flater som fanger vind. Dette vil redusere varmetapet og gi mindre kjølebehov.

Teppebebyggelse

Den første boligen fører vinden over bebyggelsen. Bebyggelsen har samme høyde for å unngå at vinden fanges og føres ned mellom bygningene. Vegetasjon er med på forsterke "teppet".



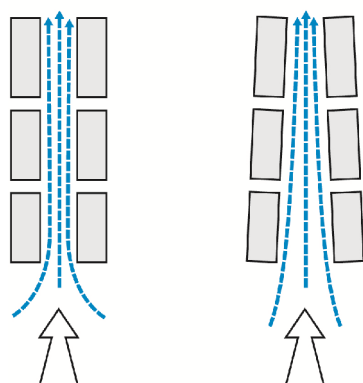
Figur 20 Trappende høyder



Figur 21 Turbulens mellom bygg



Figur 22 Vind og høyhus



Figur 23 Vindtunnel

Strømlinjeeffekt

Dersom det blir aktuelt å innføre høyere bygningsvolumer vil det være en fordel at disse trappes opp og ned, parallelt med framherskende vinder. Dette vil løfte vind over bebyggelsen og dermed gi gode, skjermede oppholdssoner.

Turbulens mellom bygg

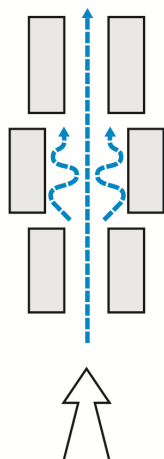
Avstand og høyder på bygg gjør at vinden fanges av høyhusene og skaper turbulens mellom byggene. Dette bør unngås.

Høyder på bygg og vind

Vindens fordelingspunkt på et bygg er $2/3$ opp på fasaden. Det innebærer at $1/3$ av vinden presses over bygget og $2/3$ av vinden presses ned på bakkeplan. Derfor bør bygningsvolumet få en fremskutt base i for å dempe vindpresset på bakkeplan.

Gater

Rette gater og fasader i en rett gate vil øke vindhastigheten. Dette forsterkes ytterligere dersom gateløpet snevres inn og vinden presses sammen. (Houlberg 1979).



Figur 24 Fasadeforskyving

Fasader

Ved å forrykke fasader i et gateløp vil man kunne skape friksjon og tilbake-trukkete lesoner.

6.3 Generelle prinsipper og vegetasjon og vind



Figur 25 Undervegetasjon viser fra venstre dårlig – bra – best.

Undervegetasjon bør etableres for å redusere vind på fotgjengernivå.

Skjermingssoner

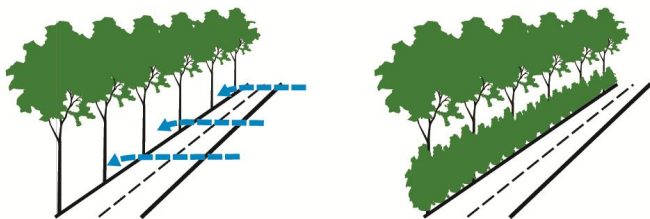
Vegetasjon kan brukes aktivt til å bedre lokalklimaet samt luftkvaliteten på tomta. Ulike prinsipper gir ulike effekter. For eksempel vil en blanding av busker og lave trær i 1-2 meters høyde danne en vegetasjonsskjerm som vil dempe vinden i hele vertikalsjiktet. Slike vegetasjonsskjermer bør primært legges på tvers av framherskende vindretning. Dersom vegetasjonen ikke får undervegetasjon kan vinden i gatenettet forsterkes.



Figur 26 Flersjiktet vegetasjon

Flere sjikt

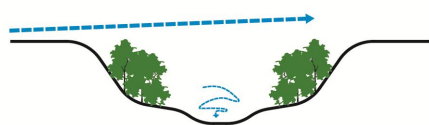
Optimal levevegetasjon er flersjiktet og inneholder både løvfellende og vintergrønne arter slikt at skjermingseffekten opprettholdes gjennom hele året.



Figur 27 Trerekker

Trekkker

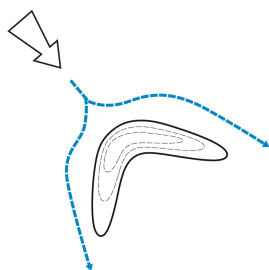
Ved etablering av trekker bør man være bevisst framherskende vindretning og bebyggelse rundt for å unngå ubehagelig vind på bakkeplan. Det er viktig å merke seg at høystammede trær uten undervegetasjon kan øke vindhastigheten under trekronene, og dermed gi motsatt effekt. Et tett busksjikt på 1 – 1,2 meter i tillegg til trærne kan avbøte dette. Vegetasjon i "pocket parks" kan gi god filtrering av luft der det er vanskelig å få etablert trekker.



Figur 28 Le i bekkedragene

Forsenkninger/daldrag

Forsenkninger skaper også lesener. Fremherskende vind blåser over mens det er le nede i daldragene. Daldrag kan formes som en del av grønnstrukturen der vann og vegetasjon «samkjøres».



Figur 29 Terrengvoll

Terrengvoller

Ved hjelp av terrengvoller kan man skape lesener ved å lede vinden rundt disse.

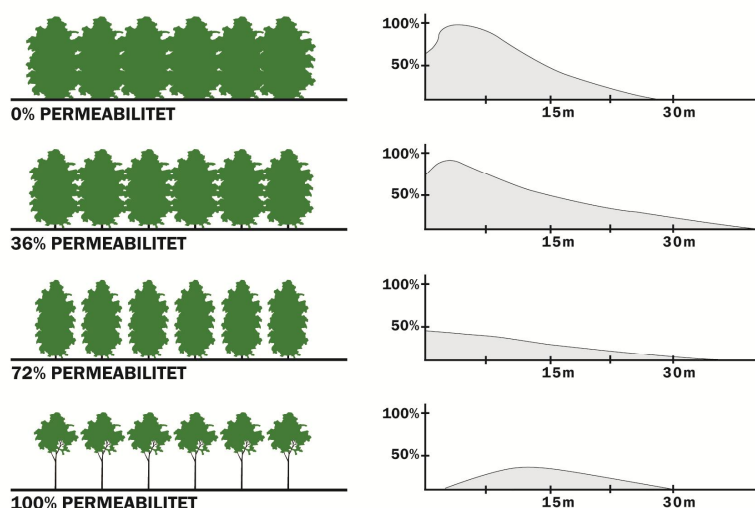
Leskjermer

Ulike leskjermer gir ulike kvaliteter. Opparbeiding av vegetasjonsområder, bearbeiding av terreng eller riktig plassert bebyggelse kan skjerme og gi gunstige lesener. Ved riktig

utforming av levevegetasjon kan man dessuten redusere oppvarmingsbehovet. Slike beskyttelsessoner kan brukes planmessig for å lede kald og eventuelt forurenset luft til ønskede områder.

Mens vegetasjon vil gi god leskjermering i sommerhalvåret, vil terrenghøyder og bebyggelse ha god effekt om vinteren når trærne er nakne. Best effekt oppnås når vegetasjonen settes på tvers av vindretningen. Tette leskjermer gir i prinsippet stor vindreduksjon over en mindre strekning, mens luftgjennomtrengelige skjermene gir noe mindre vindreduksjon i en større dybde bak skjermen.

Mindre terrengformer kan etableres i forbindelse med sittegrupper, lek osv. og vil medvirke til å redusere vindhastigheter. Høydene på terrengformene bør ligge på mellom 1-2 meter for å unngå negative skyggedannelser og soner med ubehagelige kastevinder. Lavere busksjikt med helårsgrønn vegetasjon i forbindelse med lekeplasser og ballbaner, vil også gi god skjerming.

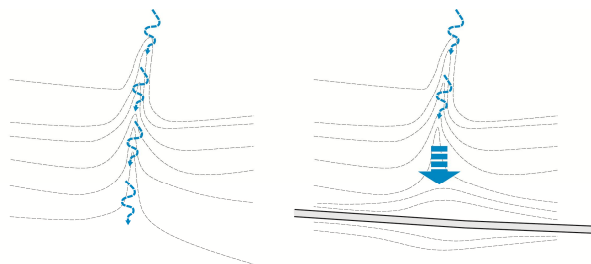


Figur 30 Permeabilitetsgraders innvirkning på le intensiteten (Franson 1983)

En fjernskjerm skal gi le over en lengre strekning og har gjerne 40-50 prosent åpning/hull for å gi den beste levirkning. En tommelfingerregel sier at en leskjermer demper sterk vind i en avstand på $20 \times$ skjermens høyde. Det betyr i praksis at et belte med busker og trær på 8 meters høyde kan dempe vind i en avstand av 160 meter (U. D. Grue, 1997). Dette bør også være maksimal avstand mellom lebeltene. Dempingseffekten avtar med avstanden fra skjermen og har et optimalt nivå som avhenger av skjermens oppbygning. Best effekt oppnås når vegetasjonen settes på tvers av vindretningen.

En nærskjerm brukes gjerne for å skjerme et begrenset område i forbindelse med en sittegruppe, lekeplass eller lignende. Slike *nærskjermer* kan være omtrent 1,5 – 3 m høye og vil da skjerme i strekning på 5 - 15 meter umiddelbart etter skjermen. Hekker, espaljeer, en fysisk skjerm eller et skjermtak kan være slike nærskjermer. Nedsenkning av terrenget kan også gi god nærskjerming.

6.4 Temperatur



Figur 31 Oppdemning av kaldluftsdrag.

Terreng

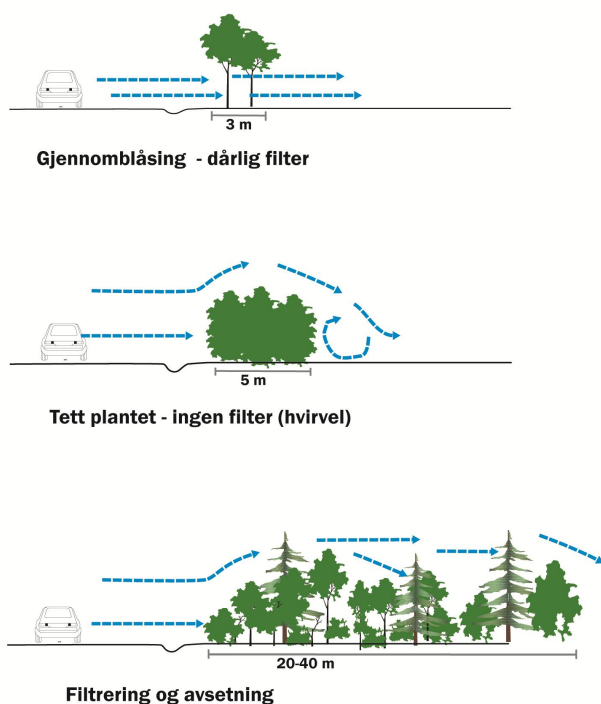
Kaldluft følger daldrag og nedsenkninger i terrenget. Dersom daldraget fylles igjen ved at det bygges tett konstruksjoner på tvers, vil kaldluften demmes opp og luftstrømmen stagnerer. Løsning på dette kan være å legge veier på bro eller gjenåpne bekker

Gjenåpning av bekkeløpene på Madla-Revheim kan være en god løsning for å sikre drenering og utlufting av kaldluftsområdene. Det er først og fremst åpning av bekkeløpet mot vest og Hafrsfjorden som er viktig å åpne.

Temperaturforskjeller

Ulike typer overflater innvirker på kaldluftsdannelsen, og vegetasjon vil virke temperaturutjevner. Temperaturforskjeller vil føre til termiske bevegelser (luftsirkulasjon) som kan være med på å ventilere tette og forurensede områder. På varme sommerdager vil vegetasjonskledde områder oppfattes som svale og kjølige i forhold til asfalterte bygater. Om vinteren vil parkene virke lunere og holde en høyere temperatur enn gatenettet rundt.

6.5 Luftkvalitet



SVEVESTØV FRA VEG - VEGETASJON OG FILTRERING, (NILU)

Figur 32 Svevestøv (NILU)

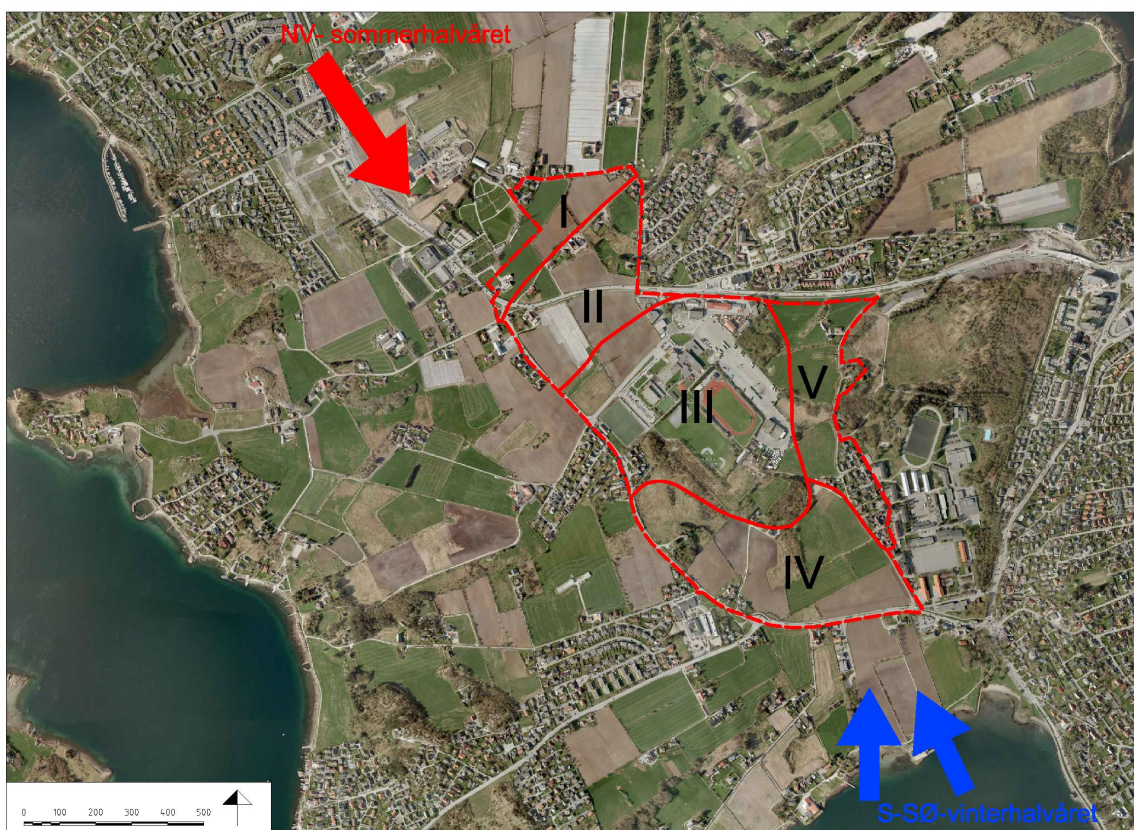
Vegetasjon og støv

Alle grøntområder har en viss betydning for renseseffekt, men effekten varierer med omfang og utforming samt artsvalg. Eksempelvis er høyden og strukturen (tettheten) av et vegetasjonsbelte avgjørende for den vinddempende effekten. Selv svært smale skjermer kan i prinsippet være effektive. For å kunne ta opp mye forurensninger vil imidlertid også dybden og det totale omfanget være viktig. Beplantning langs veier vil uansett ha en viss virkning selv om vinteren når konsentrasjonen av forurensningspartikler i luften er høy og løvet er felt. Mengden som avsettes på vegetasjonen må imidlertid sees i forhold til det totale utslippet slik at ikke effekten overdrives.

Vegetasjonsbeltene langs forurensende trafikkårer bør være så brede og så høye som mulig for å ha en renseseffekt. Helst bør det plantes nåletrær et stykke fra veien (utenfor ca. 15 m ved 80 km/t) for å få god virkning om vinteren.

(Per Anker Pedersen, 2008)

6.6 Klimatilpasning i de 5 sonene



Figur 33 Soneinndeling av planområdet

Sone I

«Flaten» i nordvest

Sonen er svakt hellende mot sørøst og har optimale solforhold. Et av de tre høydedragene som omkranser planområdet, Voll, ligger like nord for sonen. Området er åpent med dyrka mark og svært lite vegetasjon (en trekke).

Lokalklima:

Sonen er eksponert for vind fra nord nordvest i sommerhalvåret med styrke 5-6 m/s i gjennomsnitt (laber bris). Høydedraget Voll kan skjerme noe for vinden.

Sonen er utsatt for vind fra sørsørøst i vinterhalvåret med styrke 5,5 til 6,5 m/s (laber bris).

Bebyggelsesstruktur:

Sonen vurderes til å være godt egnet til boliger og barnehage. Prinsipper for utbygging som vil være best i forhold til vindskjerming av utearealer, gater og inngangspartier er at bebyggelsen trapper seg nedover i terrenget «nedsenket-prinsippet» (figur 18) slik at vinden løftes over bygningene.

«Tun-prinsippet» med tett og lav bebyggelse vil også kunne gi god vindskjerming og et godt lokalklima, (figur 17).

Gatenettet bør ikke gå vinkelrett på kotene slik at det kan oppstå vind som ledes nedover i terrenget og gradvis forsterkes (figur 16). Gatene bør skifte retning med jevne mellomrom.

Grønnstruktur:

Vegetasjonsbelter som etableres på tvers av vindretningen, dvs. langs kotene, vil gi den beste vinddempende effekten (figur 26).

Vann:

Området drenerer ned mot lavpunktet i planområdet. Området er i dag dyrka mark som skråner ned mot Revheimsvegen. Det vil ligge godt til rette for å etablere lokal overvannshåndtering i området, - gjerne i kombinasjon med vegetasjonsbelter / grøntdrag langs kotene.

Sone II

«Skråningen» i nordvest.

Sonen er tydelig hellende mot sørøst og har optimale solforhold. Området er åpent med dyrka mark og et mindre vegetasjonsområde i nordøst.

Lokalklima:

Innenfor planområdet er dette sonen som har minst vind. Området er eksponert for vind fra nordnordvest i sommerhalvåret med styrke 4-5 m/s (lett bris) i gjennomsnitt. I vinterhalvåret kommer vinden fra sørsørøst med styrke 5,5-6 m/s (labe bris) i gjennomsnitt. Den øverste og nederste delen av skråningen vil få det sterkeste vindtrykket.

Bebyggelsesstruktur:

Sonen vurderes til å være godt egnet til boliger og barnehage. Prinsipper for utbygging som vil være best i forhold til vindskjerming av utearealer, gater og inngangspartier er at bebyggelsen trapper seg nedover i terrenget «nedsenket-prinsippet» (figur 18) slik at vinden løftes over bygningene.

«Tun-prinsippet» (figur 17) med tett og lav bebyggelse vil også kunne gi et godt lokalklima lokalt i tunene.

Gatenettet bør ikke gå vinkelrett på kotene slik at det kan oppstå vind som ledes nedover i terrenget og gradvis forsterkes. Gatenettet bør skifte retning med jevne mellomrom.

Utbyggingen i denne sonen må ta hensyn til behovet for utlufting i sone III.

Grønnstruktur:

Vegetasjonsbelter på tvers av vindretningen, dvs. langs kotene vil gi vinddempende effekt. I de mest vindutsatte sonene øverste og nederste delen av skråningen bør vegetasjonsbelter vurderes, (figur 26).

Vann:

Området drenerer ned mot lavpunktet i planområdet. Revheimsvegen krysser tvers igjennom sone II. Ellers består området i dag i hovedsak av dyrka mark med noe bebyggelse innimellom. Det vil ligge godt til rette for å etablere lokal overvannshåndtering i området, gjerne i kombinasjon med vegetasjonsbelter / grøntdrag langs kotene. Lokal overvannshåndtering må kombineres med flomveger som leder vannet trygt igjennom sone I og sone II, ned mot lavpunktet i sone III.

Sone III

Den sentrale «gropen»

Sonen utgjør den laveste delen av planområdet under kote 16. Det er større felt med frodig vegetasjon i den sørvestre del av området i forbindelse med de fuktige områdene. Den internasjonale skolen og bussoppstillingsplassen ligger også her.

Lokalklima:

I denne delen av planområdet er det fare for stillestående og kjøligere luft når temperaturen er lav om morgenen og kvelden. Problemet er største i vinterhalvåret da også forurensningskonsentrasjonen er høyest. Det er gode solforhold i sonen, men skråningen i vest mot Regimentvegen vil ha noe dårligere forhold.

Sonen er eksponert for vind fra nordnordvest i sommerhalvåret med styrke 5-5,5 m/s (læber bris) i gjennomsnitt. I vinterhalvåret kommer vinden fra sørsørøst med styrke 6-6,5 m/s (læber bris) i gjennomsnitt.

Bebyggelse og vegetasjon i sone II og IV vil medvirke til å dempe vinden fra henholdsvis nordvest og sørøst før den treffer «gropen». Samtidig som det er ønske om lune vindforhold, er det også ønskelig og positivt for den tidvis stillestående luften i denne sonen at det trekker vind gjennom området og lufter det ut.

Bebyggelsesstruktur:

Sonen vurderes til å egne seg mindre godt til boliger, barneskole og barnehage. En kombinasjon av næring, aktiviteter knyttet til skolen og idrett etc. kan være aktuelle formål. Høyhus (bygninger som er vesentlig høyere enn omgivelsene) gir turbulente vindforhold på bakkeplan, og kan bidra til at den stillestående luften løses opp og kommer i bevegelse noe som vil være positivt for lokalklimaet. Høyhus kan også gi turbulens ut over sitt område og samtidig kaste lange slagskygger noe som ikke er positivt for lokalklimaet i tilgrensende utbyggingsfelt. Det må derfor drøftes fordeler og ulemper. Boliger i de øvre etasjene er en mulighet.

Det er flere utfordringer knyttet til høyhus (se figur 20, 21 og 22) som kan føre til et mindre godt lokalklima på bakkeplanet i sone III.

En lavere bebyggelse med variasjon i høyder og volumer, f.eks. tundannelse (figur 17), vil kunne gi lune soner og samtidig skape en viss luftsirkulasjon.

I denne sonen med høy grunnvannstand, bør prinsipper for pæling av bebyggelsen vurderes.

Grønnstruktur

Grønne lunger spredt i og mellom bebyggelsen vil virke luftrensende, gi lune oppholdsarealer og naturlige overganger mellom ulike husklynger/felt. Det bør bygges videre på eksisterende vegetasjon dersom det er mulig. Drenering av området kan påvirke vegetasjonen. Håndtering av overvann i et åpent system kan kombineres med vegetasjon/grønnstruktur og utvikles til et spennende miljø.

Vann:

Det høye grunnvannsnivået i sone III gir begrensede muligheter i forhold til lokal overvannshåndtering gjennom infiltrasjon eller fordrøyning. Siden alle de omkringliggende sonene drenerer ned mot lavpunktet i sone III er det viktig å finne løsninger som samler og fører overvannet trygt gjennom området både i normal situasjonen og ved flom. Mulige scenarier for håndtering av overvann og grunnvannsnivå i denne sentrale delen av planområdet er skissert i kap. 5.3.

Kapasiteten på vannvegen ut av området må økes. Den beste og mest robuste løsningen både i forhold til normal situasjonen og ved flom, vil være å gjenåpne bekken helt fra Revheimsmyra og ned til Hestnes.

Sone IV

Sonen utgjør det jevne «platået» i sør i overgangen mot Regimentvegen. Området er åpent med dyrka mark og svært lite vegetasjon.

Lokalklima:

Dette er den mest vindutsatte sonen både sommer og vinter. Spesielt i vinterhalvåret tar sørøstvinden godt.

Sonen er eksponert for vind fra nordnordvest i sommerhalvåret med styrke 6-6,5 m/s (læber bris). Den nordnordvestre del av «platået» vil få størst vindtrykk og vinddempende tiltak bør legges inn her.

I vinterhalvåret kommer vind fra sørsørøst med styrke 6,5-7,5 m/s (læber bris). Den sørsørøstre del av «platået» vil få størst vindtrykk og vinddempende tiltak bør legges inn her.

Sonen har gode solforhold på flaten men noe mindre gode forhold i de nordvendte skråningene.

Bebyggelsesstruktur:

Sonen vurderes til å være egnet for en kombinasjon av boliger og næring. Et felt med bebyggelse som trapper seg opp i sør ut mot Regimentvegen, vil kunne fungere som en vindskjerm for den bakenforliggende bebyggelse som bør være lavere. Det er her ikke anbefalt høyhus (hus som er vesentlig høyere enn omgivelsene). Skyggevirking av høyere bebyggelse bør vurderes. For øvrig vil de samme prinsippene som for sone I og II med nedsenkede bygninger og bygninger i tun gjelde.

Utbyggingen i denne sonen må ta hensyn til behovet for utlufting i sone III.

Grønnstruktur:

En kraftig leskjerm i sørvest (terreng eller vegetasjon) kan skjerme både sone IV og en større del av planområdet.

Lokal skjerming av mindre boligklynger (figur 26 og 29) er også å anbefale.

Vann:

Hovedtyngden av sone IV drenerer ned mot lavpunktet i sone III. Unntaket er en liten trekant helt i sør – øst som har avrenning mot Regimentvegen og videre ned til Hafrsfjord. Området

består i dag i hovedsak av dyrka mark med noe bebyggelse innimellom. Det vil ligge godt til rette for å etablere lokal overvannshåndtering i området.

Sone V

Sonen utgjør et kupert og svakt hellende terreng og grenser inn til Madla leiren og boligbebyggelsen i øst. Det ligger tre gårdstun i sonen. Et av de tre høydedragene som omkranser planområdet, Slåtthaug, ligger like nord for denne delen av planområdet. Sonen har enkelte vegetasjonsfelt på de lokale høydedragene og trerekker i eiendomsgrensene.

Lokalklima:

Enkelte mindre høyder og forsenkninger i sonen er utsatt for høyest og lavest vindstyrke i planområdet. Slåtthaugen i nord og vegetasjonen lokalt vil gi noe lokal vindskjerming. Sonen vil være mest utsatt for vind fra nordnordvest i sommerhalvåret med en gjennomsnittlig vindstyrke på 4-5,5 m/s (lett bris). På et mindre lokalt høydedrag vil vinden kunne komme opp i 6-6,5 m/s (laber bris).

Sonen er noe mindre utsatt for vind fra sørsørøst i vinterhalvåret med en gjennomsnittlig vindstyrke på 5,5-6,5 m/s (laber bris). På det lokale høydedraget kan vindstyrken komme opp i 6,5-7 m/s (laber bris til frisk bris). Her bør det ikke legges bebyggelse.

Bebyggelsesstruktur:

Sonen vurderes å være egnet for bolig og barnehage. «Tun-prinsippet» (figur 17) med tett og lav bebyggelse vil kunne gi god lokal vindskjerming og et godt lokalklima i sonen. «Nedsenkete» bygninger i skråningene (figur 18) kan også være et alternativ.

Grønnstruktur:

Det bør bygges videre på eksisterende vegetasjon, blant annet vegetasjonen på høydedragene. I sør på overgangen til sone IV vil et vegetasjonsfelt kunne skjerme for fremherskende vind fra sørsørøst. Feltet bør vurderes forsterket.

Vann:

Med unntak av boligfeltet som grenser inn mot Madla-leiren i øst, så har hele sone V avrenning vestover mot lavpunktet i sone III. Deler av sone V har høyt grunnvannsnivå, jf. bilde 8. Utenom disse sumpområdene ligger det godt til rette for lokal overvannshåndtering i sone V, - gjerne i kombinasjon med vegetasjonsfelt og grøntdrag.



Bilde 8 Høyt grunnvannsnivå i sone V

6.7 Overvannshåndtering, grunnvannsnivå og flomveg ut av sone III

3 ulike løsningsprinsipper kan skisseres for håndtering av overvann, grunnvannsnivå og flomveg ut av området:

1) Beholde grunnvannsnivået som i dag:

Kapasiteten på nedstrøms avløpssystem økes, - enten ved å oppdimensjonere dagens bekkelukking eller ved å gjenåpne bekken. Grunnvannsnivået beholdes på samme nivå som i dag (mellom kote 15 – 16). Det betyr at den sentrale delen av planområdet (sone III) fortsatt vil være fuktig, og at denne delen av planområdet ikke vil være egnet for bolig eller barnehage. Bygninger som legges til dette området må antakelig bygges på pæler.

2) «Forus» - løsningen:

Grunnvannsnivået kan senkes ved

- å senke utløpshøyden for bekkelukkingen ved avkjørsel fra Regimentveien inn til den internasjonale skolen (Osmund Revheimsvei),
- å gjenåpne bekken og legge den dypere enn dagens bekkelukking fra Osmund Revheimsvei, forbi Regimentveien og ned mot Revheimsslåttå
- eller ved å bore en tunnel fra Revheimsslåttå under Regimentvegen inn til lavpunktet i sone III. Via denne tunnelen kan grunnvannet tappes ut til et gitt nivå.

Området vil bli bedre drenert, men senking av grunnvannsnivået kan også føre til at det oppstår setningsskader og at det må gjøres tiltak for å sikre eksisterende bygg og infrastruktur.

3) Heve terrenget, men beholde grunnvannsnivået som i dag:

Ved å heve terrenget i de lavtliggende områdene vil en få bedre byggegrunn, større mulighet for lokal overvannshåndtering og mindre problem med inversjon/stillestående luft. Dersom eksisterende bygninger og idrettsanlegg skal beholdes, så vil det være svært begrenset hvor mye av dagens lavtliggende områder som kan heves.

7 ROS - ANALYSE

I det videre arbeidet med en overordna ROS-analyse må følgende tema belyses / utredes:

- håndtering av grunnvannsnivå:
 - o er det mulig å avgrense området med høyt grunnvannsnivå ved å senke grunnvannsnivå?
 - o Hvilke konsekvenser vil dette ev. ha for eksisterende bygninger og infrastruktur?
- dårlige masser:
 - o geotekniske utfordringer/risiko ved bygging i områder med høyt grunnvannsnivå
- forurensa masser:
 - o er det forurensa masser i området?
 - o Kan de eventuelt forurensa massene håndteres / fjernes?
 - o Vil ev. forurensa masser legge begrensninger på framtidig arealbruk?

Den overordna ROS-analysen vil gi viktige føringer for det videre planarbeidet, og for valg av løsning for håndtering av overvann, grunnvannsnivå og flomveg ut av området.

8 OPPSUMMERING

Lokalklima

Lokalklimaanalysen redegjør for de lokalklimatiske forhold som bør tas hensyn til ved utvikling av Madla – Revheim, for å legge til rette for en fremtidsrettet og klimavennlig byutvikling.

Det er ikke utført meteorologiske målinger i planområdet. Modelldata fra vindkart for Norge er benyttet for å beskrive vind- og inversjonsforholdene på Madla-Revheim. Meteorologiske data er kartfestet og analysert i forhold til terrenget i området. Lokalklimaet styres blant annet av terrenget, Hafrsfjorden, vegetasjonen osv. Terrenget bidrar til variasjoner i fremherskende vindretninger og hastighetsfordelingen, mens avstanden til fjorden påvirker temperaturklimaet sommer og vinter. Lokale forhold som åsrygger, dalfører og åpne flater vil også påvirke lokalklimaet. inversjonsforholdene på Madla-Revheim.

Hovedvindretningene i området kommer fra sørøst og nordvest. Sørøstvinden er mest hyppig om vinteren og nordvestvinden er mest hyppig om sommeren. Vår og høst ligger mellom disse to ytterpunktene. Det er gode solforhold i planområdet. Det er ingen høyder/åser som kaster skygge. I de vegetasjonskledde områdene vil det naturlig være en del skygge.

Planområdet

Madla-Revheim har et sterkt innsalg av jordbruk. Store arealer er dyrket mark noe som gir planområdet et landlig preg med overveiende grønn karakter. De grå flatene inne på området står i stor kontrast til de omkringliggende områdene.

Den delen av planområdet som planlegges for byutvikling er ca. 783 dekar stort. Området omkranses av Revheimsveien i sør, vest og nord. Madla militærleir avgrenser området mot øst.

Analyse

Markerte høydedrag som både demper og styrer vind er markert med grønt. Det er tre dominerende åser omkring planområdet; Voll i nord på 60 moh, Slåtthaug i nordøst på 45 moh og Ospeberget i sør på 83 moh.

Sentralt i planområdet er det vist et større område som er en forsenkning i terrenget. Her vil det i vinterhalvåret og på enkelte sommerdager samle seg kald luft og luftforurensning fra trafikken på Revheimsvegen og i forbindelse med bussdeponiet sentralt i planområdet vil kunne samle seg her. Høyt grunnvannsnivå bidrar også til inversjon / stillestående «rå» luft i de lavereliggende områdene.

Den minst vindutsatte og mest solfylte delen av planområdet er den sørøstvendte helningen i nord. Den mest vindutsatte sonen men med noe mindre sol ligger i den sørøstligste delen av planområdet.

Eksisterende vegetasjon bør være et utgangspunkt for å utvikle en ny grønnstruktur. Den nye grønnstrukturen bør strukturere de nye utbyggingsfeltene, markere overganger, gi le for vind og inneholde stier og møteplasser. Etablering og utvikling av grønnstruktur bør sees i sammenheng med håndtering av overvann med åpne bekker og grøfter som kan bli et spennende motiv i grønnstrukturen.

For å unngå økt belastning i nedstrøms avløpsnett må det gjennomføres lokal overvannshåndtering internt i utbyggingsområdet. Med lokal overvannshåndtering menes tiltak som infiltrerer, forsinker og fordrøyer avrenningen fra tette flater. Det høye grunnvannsnivået

reduserer muligheten for bruk av lokal overvannshåndtering i områdene som i dag ligger lavere enn kote 16. For å øke muligheten for bruk av lokal overvannshåndtering må terrenget heves og/eller grunnvannsnivået senkes i det som i dag er lavpunktet i planområdet. Dette vil være problematisk i forhold til eksisterende bygg og infrastruktur.

Det må også forventes at grunnvannet og massene i deler av området, f.eks. ved bussoppstillingsplassen, kan være forurenset. Forurensa masser kan legge begrensninger på framtidig arealbruk.

En annen utfordring blir å sikre en flomveg med tilstrekkelig kapasitet ut av området. Det vil være naturlig å tenke at flomvegen må følge det opprinnelige bekkeløpet ned mot Hestnes.

Anbefalinger og løsninger

Plassering av bygg har stor betydning for byggets totale energibruk gjennom levetiden, bl.a. vil rett orientering av bygget i forhold til sol- og vindforhold kunne redusere behovet for oppvarming og kjøling.

For å legge et godt grunnlag for utbygging av Madla-Revheim, er det viktig å etablere et bebyggelsesmønster og en grønnstruktur som tar hensyn til de fremherskende vindretningene i området. Boliger bør i utgangspunktet ikke legges til de mest vindeksponerte høydene eller til de laveste partiene i terrenget.

Det er viktig å sikre god soltilgang, både for å legge til rette for gode uterom og lave energibehov til oppvarming i bygg. Samt gi muligheten til å utnytte solenergi. Dette avhenger av plassering og høyden på bygningene, samt plassering av uteplasser og balkonger i forhold til skyggevirkninger fra bygg, vegetasjon og terreng.

Det er vist prinsipper for bebyggelsesstruktur og vind og vegetasjon i rapporten.

Klimatilpasning i 5 soner

Ut fra analysene er planområdet delt inn i 5 soner der lokalklima og vannforholdene er beskrevet og prinsipper for bebyggelsesstruktur og grønnstruktur som er tilpasset sonen er anbefalt.

Det er også beskrevet 3 scenarier som skisserer håndtering av overvann, grunnvannsnivå og flomveger ut av området på ulike måter:

- Beholde grunnvannsnivået som i dag
- En viss senkning av grunnvannsnivået
- Heve terrenget men beholde grunnvannsnivået som i dag

Avslutningsvis er det listet opp hvilke tema som bør belyses nærmere i en overordnet ROS-analyse,