

ETTERMONTERING AV REGNBED I ETABLERT BY
- med NVE-kvartalet i Oslo som undersøkelsesområde

RETROFITTING BIORETENTION IN BUILT CITY CENTER
- using the NVE-quarter in Oslo as field for research

Erle Stenberg



Ettermontering av regnbed i etablert by
- med NVE-kvartalet som undersøkelsesområde

Retrofitting bioretention in built city center
- using the NVE-quarter in Oslo as field for research

Erle Stenberg 2011

BIBLIOTEKSSIDE

TITTEL	Ettermontering av regnbed i etablert by - med NVE-kvartalet som undersøkelsesområde.
TITLE	Retrofitting rain gardens in established city center - with the NVE-quarter in Oslo as field for research.
FORFATTER	Erle Stenberg, Masterstudent ved Institutt for landskapsplanlegging.
VEILEDERE	Elin Børrud, Professor ved Institutt for landskapsplanlegging. Corinna Susanne Clewing, Universitetslektor ved Institutt for landskapsplanlegging.
FORMAT	Liggende A3/ 94 sider.
OPPLAG	5
EMNEORD	Regnbed, overvann, overvannshåndtering med vegetasjon, urbanhydrologi, LOD, bioretensjon, stauder, planteliste for regnbed/bioretensjon i Norge.
KEYWORDS	Rain gardens, bioretention, storm water management with plants, LID, plants for stormwater management in Norway.

SAMMENDRAG

Regnbed er forskninger i terrenget som tillater lokal infiltrasjon av overvann til grunnen. Regnbed er overvannsanlegg med variert beplantning som tåler vekslende fuktighetsforhold. Begrepet regnbed stammer fra det amerikanske begrepet *Rain Gardens*. Med etableringen av et regnbed ved Risvollan bo-rettsslag i Trondheim, skal regnbed som overvannsløsning prøves ut i det kalde, norske klimaet.

Denne oppgavens formål er å se på hvordan regnbed kan ettermonteres i etablert bymiljø. Besvarelsen består av en teoretisk del og en praktisk del. Den teoretiske delen av oppgaven behandler noen av de generelle problemene som oppstår ved dagens normative overvannshåndtering i byene. I denne delen belyses typiske urbanhydrologiske problemer. Her behandles også aspekter ved vannets vei i jord, planter og luft. Videre følger en veiledende oversikt som viser prinsipper for oppbyggingsmetoder og dimensjonering av regnbed. Et forslag til planteliste for regnbed i Norge er innlemmet i denne delen.

Den praktiske delen av oppgaven tar for seg NVE-kvartalet på Majorstua i Oslo som eksempelstudie for ettermontering av regnbed i allerede eksisterende bebyggelse. Undersøkelsesområdet deles opp i fem delområder på bakgrunn av registreringer i området. Alle delområdene er karakteristiske for typiske bymiljøer; en parkeringsplass, en vei med sideterreng og midtrabatter, et gateløp med plassbegrensninger, et parkeringslokk og overflateavrenning fra taket på en fredet bygning. Områdeanalysen, den teoretiske delen og den veiledende delen av oppgaven legger grunnlaget for arbeidet med prosjekteksemplene. Prosjekteksemplene undersøker avrenningsforhold, arealdisponering og utformingsprinsipp for ettermontering av regnbed. Plantebruk, stedstilpasning og utforming utføres på prinsipielt grunnlag innenfor hvert delområde.

Avslutningsvis blir teori og prosjektarbeid oppsummert sammen med refleksjoner over svarene på oppgavens problemstillinger. Vegetasjon har fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper som kan bidra til å bøte på noen av de problemene som oppstår i bymiljøer. Arbeidet med prosjekteksemplene viser at regnbed er overvannstiltak med stor fleksibilitet og tilpasningsevne. Regnbed har variasjonsmuligheter i størrelse, karakter og uttrykk, og anleggene kan ta form etter omgivelsene. Ved å bruke eksisterende installasjoner og inntilliggende arealer, kan regnbed tilpasses etablert bebyggelse uten å kreve store areal- og bruksendringer. Prosjekteksemplene viser imidlertid at områder som er typiske restarealer, eller bylokk med høy utnyttelsesgrad, begrenser mulighetene for ettermontering av regnbed. I slike situasjoner kan regnbedsarealer reduseres ved å kombinere regnbed med andre typer overvannstiltak.

ABSTRACT

Bioretention systems or rain gardens are depressions in the terrain that allows for local infiltration of storm water into the ground. Bioretention is a storm water system made up of soils and mixed vegetation that can withstand fluctuating moisture conditions. The term Rain garden derives from an American concept. With the establishment of a rain garden by Risvollan housing cooperation in Trondheim, bioretention as a storm water solution will be tested out in the cold Norwegian climate.

This thesis aims to look at how bioretention systems can be retrofitted in an established urban environment. The paper consists of a theoretical part and a practical part. The theoretical part treats some of the general problems arising from normative urban storm water management. This section looks at typical hydrological problems that occur in an urban environment. The section also deals with aspects of how water moves through, soil, plants and air. A guide for construction and design of bioretention systems is included in the thesis. A proposal for a list of plants that might be suitable for bioretention systems in Norway is included in the assignment.

The practical part of the thesis deals with the NVE-quarter in Majorstua in Oslo as a case study for retrofitting bioretention systems in already built city centre. The case area is divided into five sub-areas on the basis of registrations. All sub-areas are characteristic for typical urban environments: a parking lot, a road with side terrain, a public street with limited space, a parking lot and runoff from the roof of a listed building. Site analysis, the theoretical part and the guidance section for rain gardens lay the foundation for the design work. The design work examines runoff conditions, land use and design principles for retrofitting bioretention systems in the NVE-quarter. Plant use and designs are executed with the use of principle methods within each sub-area.

The theoretical and practical parts are summarized together with reflections on the assignments subject matter. Vegetation has physical, chemical and biological properties that may help to remedy some of the problems that occur in urban environments. The design work shows that bioretention systems are storm water solutions with great flexibility and adaptability. Systems for bioretention can vary greatly in size, character and expression. By using existing facilities and adjacent areas that are present in the area, bioretention systems can be adapted to established settlements without requiring large changes in use. The design work shows that typical urban leftover areas put limitations on the opportunities for retrofitting bioretention systems. In such situations, bioretention systems can be combined with other types of storm water management solutions.

INNHold

BIBLIOTEKSSIDE	Side 7
FORORD	Side 9
ORDLISTE	Side 10

1	INNLEDNING	Side 14
1.1	STRUKTUR OG METODE	Side 15
1.2	KUNNSKAPSGRUNNLAG OG BEGREPER	Side 16
1.3	FORPROSJEKT - ET REGNBED I NORSK KLIMA	Side 19

2	URBANHYDROLOGISKE FORHOLD OG VEGETASJON	Side 23
2.1	URBANHYDROLIGISKE PROBLEMER	Side 24
2.1.1	VANNETS KRETSLØP	Side 26
2.1.2	FRAMTIDENS KLIMA	Side 26
2.1.3	BYENE VOKSER OG FORTETTES	Side 28
2.1.4	OVERVANN I BYMILJØET	Side 28
2.1.5	MIKROKLIMATISKE FORHOLD I BYEN	Side 29

2.2	VANN OG VEGETASJON	Side 28
2.2.1	RØTTER OG OPPTAK AV VANN	Side 30
2.2.2	VANNETS VEI GJENNOM PLANTEN	Side 30
2.2.3	HYDRAULISK LØFT OG GUTTASJON	Side 30
2.2.4	VANN OG LUFT RENSES	Side 32
2.2.5	BEPLANTING OG STEDEGNE ARTER I BY	Side 33
2.2.6	NATURBASERTE OVERVANNSLØSNINGER ETTER URBANISERING	Side 34

3	TEKNISK OPPBYGGING OG ANLEGGELSE AV REGNBED	Side 37
3.1	OPPBYGGING OG KONSTRUKSJON AV REGNBED	Side 38
3.1.1	INNløP	Side 38
3.1.2	FORSENKNING I TERRENGET	Side 38
3.1.3	JORDSMONN FOR INFILTRASJON OG PLANTEVEKST	Side 38
3.1.4	DRENERENDE JORDLAG OG OVERLøP	Side 38
3.1.5	PLASSERING	Side 38

3.2	MANUELL BEREGNING OG DIMENSJONERING AV REGNBED	Side 39
3.2.1	OVERFLATENS KVALITET OG PERMEABILITET	Side 39
3.2.2	DEN RASJONELLE FORMEL	Side 39

3.3	PLANTER I REGNBED	Side 40
3.3.1	PLANTER SOM MATERIALE	Side 40
3.3.2	PLANTEVALG I LISTEN	Side 40
3.3.3	FORSLAG TIL PLANTELISTE FOR REGNBED I NORGE	Side 41

4	NVE-KVARTALET SOM UNDERSØKELSESONMRÅDE	Side 47
4.1	REGISTRERINGER	Side 48
4.1.1	BELIGGENHET OG OMRÅDEAVGRENSNING	Side 48
4.1.2	FROGNERVASSDRAGET	Side 49
4.1.3	NATURTYPER OG ARTSMANGFOLD	Side 50
4.1.4	KARTLEGGING OG VURDERING AV VEGETASJON	Side 51
4.1.5	KLIMATISKE FORHOLD	Side 52
4.1.6	GRUNNFORHOLD	Side 53
4.1.7	TRAFIKALE OG PROGRAMATISKE FORHOLD	Side 54
4.1.8	AVRENNINGSMØNSTRE	Side 55
4.1.9	NVES ADMINISTRASJONBYGG	Side 56
4.1.10	DEN URBANHYDROLOGISKE SITUASJONEN I NVE-KVARTALET	Side 57
4.1.11	INNDELING I DELOMRÅDER	Side 58

5	ETTERMONTERING AV REGNBED I NVE-KVARTALET	Side 61
5.1	DELOMRÅDE 1 REGNBED FOR TAKVANN FRA FREDET BYGNING	Side 62

5.2	DELOMRÅDE 2 REGNBED VED PARKERINGSPLASS	Side 66
-----	--	----------------

5.3	DELOMRÅDE 3 REGNBED VED VEI MED SIDETERRENG OG MIDTRABATTER	Side 70
-----	--	----------------

5.4	DELOMRÅDE 4 REGNBED I GATELøP MED PLASSBEGRENSNINGER	Side 74
-----	---	----------------

5.5	DELOMRÅDE 5 REGNBED PÅ BYLOKK OG PARKERINGSPLASS I RESTAREALER	Side 77
-----	---	----------------

6	KONKLUSJON	Side 81
	ILLUSTRASJONSPLAN ETTER MONTERING AV REGNBED	Side 82
	KONKLUSJON	Side 83
	KILDER	Side 86
	APPENDIKS	Side 88

FORORD

Dette arbeidet setter punktum for studiet i landskapsarkitektur, ved Institutt for landskapsplanlegging, Universitetet for miljø- og biovitenskap. Valg av tema for oppgaven er gjort på bakgrunn av gjennomførte kurs i studietiden ved ILP. Utdannelsen spenner over et stort faglig felt, fra innføring i plantekjennskap og forming med vegetasjon, jordlære og geologi, konstruksjonsdesign, landskapsarkitekturhistorie- og teori. Arbeidet med denne oppgaven har også vært en læringsprosess. Oppgavearbeidet har gitt kunnskap om et stort fagfelt som er relativt nytt i Norge. Jeg ser fram til å ta med meg denne kunnskapen videre inn kommende prosjekteringsoppgaver.

Starten på dette masterarbeidet ble til etter at tidligere UMB-student, Elin T. Sørensen tipset meg om et regnbed under utvikling i en av Oslos villahager. Dette ledet meg videre til regnbedsentusiast Bent Braskerud i NVE og anleggelsen av det første store regnbedet i Norge. Jeg vil takke Braskerud for gode samtaler om oppgavens tematikk, hans glød for utbredt etablering av regnbed i Norge, samt god støtte i arbeidet med dimensjonering av regnbedsløsningene som presenteres i denne oppgaven (Braskerud er involvert i SAWA, interreg. 4b.).

Jeg ønsker å rette en takk til professor Elin Børrud ved Institutt for landskapsplanlegging for konstruktiv kritikk og tydelig retningsorientering i veiledningene. Corinna Susanne Clewing ved ILP skal også ha en stor takk for sitt grundige blikk og nøyaktighet både i prosjektarbeid og teori.

Takk til Eva Vike og Ole Billing Hanssen ved Institutt for plante- og miljøvitenskap for gode innspill og kommentarer til arbeidet med plantelisten.

Jeg vil også takke Kim Alexander Diesen Paus, stipendiat ved Institutt for hydraulikk, NTNU, for innspill, hjelp med litteratursøk og rettleiding i faglitteraturen. Tone Mutanna i NIVA fortjener en stor takk for inspirerte og informative samtaler og innspill.

Takk til Elin T. Sørensen for smittende entusiasme for naturbaserte løsninger og Sofie Persvik for gode samtaler underveis i arbeidet. Og takk, Ivar, for tålmodighet og solid støtte i alle situasjoner.

Oslo, 9. mai 2011.

ORDLISTE

Absorpsjon: Opptak og assimilering av eksempelvis væske i et fast stoff.¹

Adsorpsjon: Binding av vann, ioner e.l. på overflater av faste stoffer.¹

Abiotisk: Av ikke-levende opprinnelse. Temperatur, fuktighet, vindforhold, saltinnhold i jorda, stråleintensitet fra sola, snødekke m.m. er abiotiske faktorer som kan ha betydning for levende organismer.

Avrenningskoeffisient: Forholdet mellom nedbøren og avrenningen i et område.

Avløpsnett: Underjordisk ledningsnett for regnvann-og kloakk. Systemet er enten lagt i felles eller i separate rør.

Bioretensjon: lokalt overvannstiltak som inneholder jord og vegetasjon for fordøying og rensing av avrenning.

Biotisk: Noe som er, eller har vært, levende.

Bærekraft: Omhandler økonomiske, sosiale, institusjonelle og økologiske aspekter ved menneskelige samfunn.

‘First Flush’: Det første del av avrenningen i en større nedbørshendelse. Denne avrenningen inneholder de største konsentrasjoner forurensende partikler og miljøgifter.

Flom: Unormalt høy avrenning fra ekstrem nedbør eller tettede overflater, ledningssystemer eller lignende.

Flomvei: Lave punkt eller strekninger i terreng eller bebygde områder hvor overvann kan avledes ved flom.

Fordrøying: Vann holdes tilbake eller magasineres over tid i et medie. Den midlertidige oppbevaringen avlaster nedenforliggende område, ledningsnett, vassdrag.

Grunnvann: Vann som fyller porer og sprekker i løsmasser og berggrunn. Grunnvannet utgjør den underjordiske delen av vannets kretsløp.¹

Grønn overflatefaktor: Formelt krav til arealratio i utbyggingsprosjekter mellom andelen av områder med vegetasjon og områder tildekket med overflatedekker eller bebyggelse.

Grøntstruktur: Et nettverk av vegetasjonskledde

arelaer innenfor et geografisk område.

Guttasjon: Utskillelse av vann i væskeform fra blad.

Hydrologi: Læren om alt vann på jorden; fordeling, mengder og kjemi.¹

Infiltrasjon av overvann: Nedsiving av overvann gjennom jordlag.

Innløp: punkt der overvann strømmer inn til et overvannsanlegg.

Kulvert: Rør eller tunnel som fører vann, trafikk, tekniske installasjoner under veier, jernbane eller andre hindringer.

LID: Low Impact Development.

LOD/LOH: Lokal overvannsdisponering-/håndtering.

Miljøgifter: Stoffer som i nokså lave konsentrasjoner skader miljøet. Eksempler er tungmetaller, PCB, PAH, dioksiner, brommerte flammehemmere, etc.

MOUSE: Matematisk datamaskinbasert program som kan beregne vannføringer, oppstuvninger og forurensningsutslipp fra kompliserte avløpsnett over lange tidsperioder som for eksempel et helt år. Utviklet i Danmark (Lindholm et al. 2010).

Nedbørsfelt: Et avgrenset område der avrenning fra nedbør renner til mest lavtliggende punktet.

Non-point kilde: Difus kilde som ikke er fra et utslipp eller et punkt.

Overvann: Nedbørsvann eller smeltevann som renner av på overflater av tak, veier og andre overflater.

Permeabilitet: Mål på hvor lett en gass eller væske kan trenge gjennom et porøst medium ¹.

Perkulasjon: Langsom bevegelse av vann gjennom lag av porøst materiale (norskvann.no).

Resipient: Fellesbetegnelse på bekk, elv, innsjø, hav, myr eller annen vannkilde.¹

Tette flater: Flater dekket med tette belegningstyper som asfalt og betong og bebyggelse.

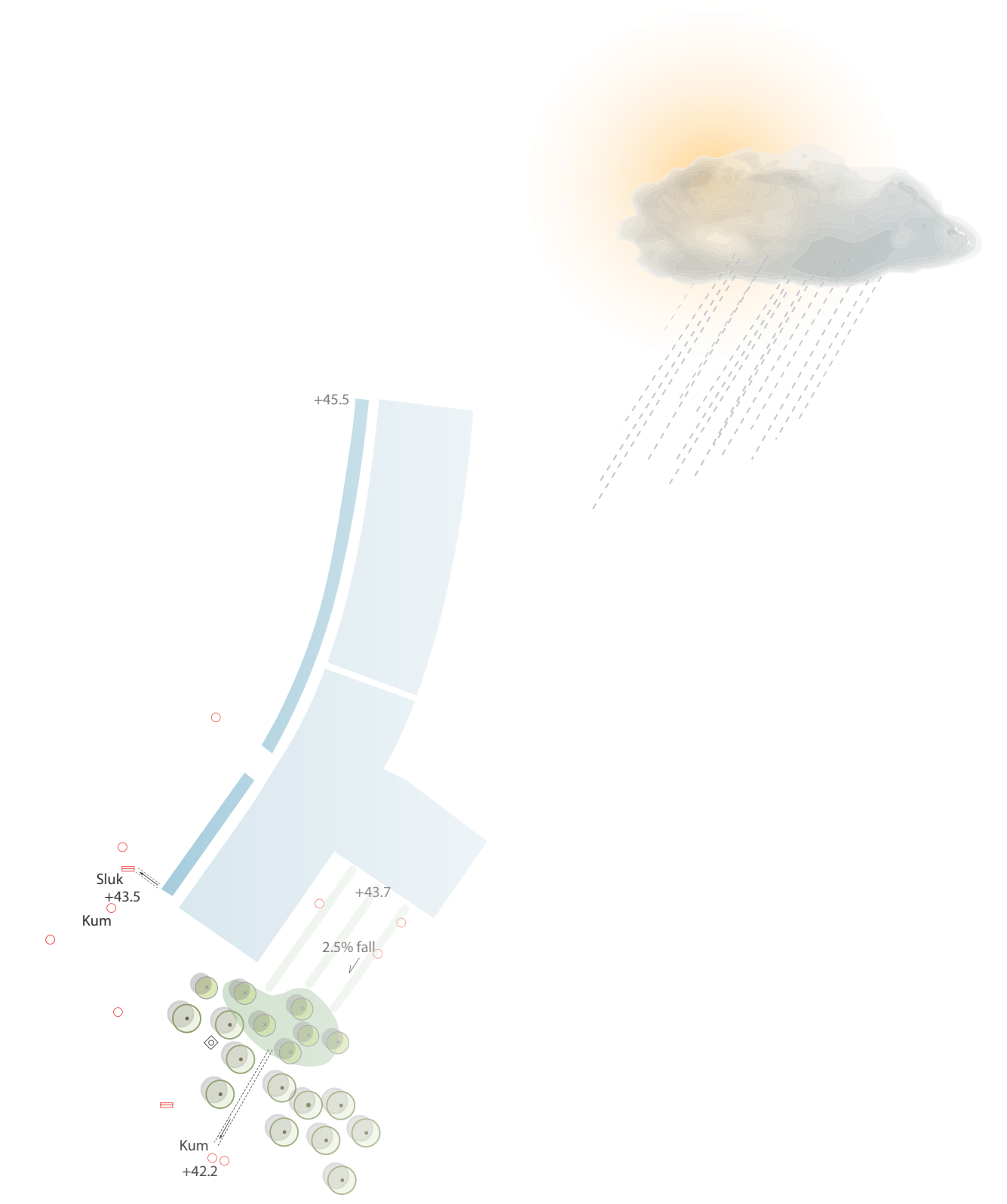
Terrestrisk: Kommer av ordet terra som er latin for land eller jord. Ordet brukes om det som er knyttet til fast land. Motsatt av akvatisk.

Typologi: Studien av typer/kategorier. Innenfor arkitekturen eller byplanlegging vil klassifisering av vanlige karaktertrekk ved byer eller byrom gi et utvalg typolgier.

Urbanhydrologi: Urbanhydrologi er den delen av vannets kretsløp som er knyttet til bebygde områder (Nve.no 2011).

Økosystem: Samfunn av organismer og abiotiske faktorer i et miljø. Økosystem kan variere i størrelse og kompleksitet. Et hav, et fjell eller en grotte er eksempler på økosystemer av ulik art.

¹ Kilde: http://www.grunnvanninorge.no/top_ord-bok.php



1 INNLEDNING

Klimaet endrer seg og nedbørsmengdene øker. Problemer tilknyttet overvann er et stigende problem i mange byer. Det meste av Oslo er bygget, og byen skal fortettes. Ingen storby i Europa vokser så raskt som Oslo (Aftenposten 2011) og problemer relatert til den urbanehydrologiske situasjonen i byen blir mer og mer tydelig.

Bevisstheten om bærekraftig håndtering av overvann er relativt ny i Norge. EUs nye flomdirektiv påvirker Norges regelverk, og lokal overvanns-håndtering er på vei inn i lovverk for byplanlegging, byggesaker og nyanlegg. Stadig flere nyanlagte boligfelt integrerer løsninger for håndtering av overvannet i nyutbyggingen. Samtidig ser vi at problemene med overvann er akutte i det allerede etablerte bymiljøet.

Løsninger for lokal overvannshåndtering er internasjonalt anerkjent og bruken er utbredt i mange land. Regnbed er et eksempel på ett av flere overvannstiltak som har økt i omfang og popularitet i de siste årene. Regnbed defineres om et nedsenket felt i bakken som består av filtrerende jordlag og variert vegetasjon. Regnbed er en overvannshåndteringsmetode som søker å etterligne naturområders iboende egenskaper for håndtering av vann. Metoden fordrøyer og infiltrerer overflateavrenning til underliggende jordlag. Begrepet regnbed stammer fra det amerikanske begrepet Rain Gardens. USA peker seg ut som et foregangsland for utbredelsen av regnbed. Flere statlige kampanjer i USA har motivert privatpersoner til å opprette regnbed i egne hager. Målet er at anleggene skal bidra til å gjenopprette en lignende tilstand som eksisterte i området før utbyggingen kom til.

Et forskningsprosjekt initiert av NVE og NTNU etablererer et regnbed i utkanten av Trondheim sentrum. Formålet er å undersøke regnbedets funksjon i det kalde norske klima. Som landskapsarkitektstuderende fikk jeg mulighet til å inngå i arbeidsgruppen sammen med ingeniører, forskere og anleggsgartner om anleggelsen av regnbedet. Ansvarsområdet var utforming og plantesammensetning i regnbedet. Dette arbeidet danner et bakteppe og en innføring for videre arbeid med oppgaven. Risvollan borettslag ligger ved Trondheims markagrense, i et område med store vegetasjonsdekte områder. Et spørsmål som pekte seg ut som særlig aktuelt under arbeidet med regnbedet, var hvordan de økende urbanhydrologiske problemene kan løses i byer, og spesielt i byer som stadig bygges tettere.

Denne oppgaven vil se nærmere på den urbanhydrologiske situasjonen. Oppgaven tar for seg å studere mulighetene for ettermontering av regnbed i allerede eksisterende byrom. Oppgaven er et ek-

sempelstudium som tar sikte på å se hvordan integreringen av regnbed kan tilpasses eksisterende bebyggelse. Med NVE-kvartalet ved Majorstua i Oslo som undersøkelsesområde, vil denne oppgaven studere muligheter for ettermontering av regnbed i eksisterende bymiljø. NVE-kvartalet som caseområde demonstrerer aspekter ved bymiljøer som er relevant for andre bymessige situasjoner og det valgte caseområdet har overføringsverdi og likhetstrekk med andre bymiljøer.

PROBLEMSTILLING

Denne oppgaven skal ta for seg to spørsmål som skal undersøkes ved hjelp av en teoretisk del og med bakgrunn i erfaringer gjort gjennom en designrettet eksempelstudie. Spørsmålene jeg vil forsøke å besvare i oppgaven er:

- Hvordan kan vegetasjon bidra til å løse byens urbanehydrologiske problemer?

- Hvordan kan regnbed som overvannsløsning ettermonteres i den allerede etablerte byen?

MÅL

Eksemplets makt er stor, påpekte, Terje Nordeide i Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune på FAGUS konferanse om overvann i 2008. Noreide etterlyste på denne konferansen konkrete forslag til implementering av lokale overvannstiltak. Med NVE-kvartalet som eksempel vil jeg undersøke hvordan regnbed kan ettermonteres i byen for å opprette en bedre vannbalanse i lignende urbane miljøer.

DELMÅL

Regnbed som overvannstiltak er lite brukt i Norge.

I valg av tematikk og vinkling i oppgaven har jeg ønsket å utdype egen læring innen et aktuelt tema for landskapsarkitekter. Jeg har ønsket å sette meg inn i kunnskapsfeltet omkring vantteknikk, urbanhydrologi samt en overordnet innføring i de biologiske, fysiske og kjemiske prosesser som foregår i naturbaserte anlegg for overvann.

MÅLGRUPPE

Oppgavens tema dekker et tvverrfaglig felt. Overvannsproblemattikk peker seg ut som et viktig arbeidsområde for landskapsarkitekter i fremtiden. Overvannsløsninger som håndterer regnvann i åpne løsninger med vegetasjon er også aktuelle for arkitekter, planleggere, urbanister, VA-teknikere, biologer og byggherrer – både på et overordnet planleggingsnivå og i detaljerte løsninger.

OPPGAVENS AVGRENSING

Denne oppgaven tar for seg en tematikk som spenner over et bredt felt som berører flere mulige tematiske vinklinger. Det er derfor nyttig å redegjøre for både generelle avgrensninger og avgrensnin-

ger som knyttes til de enkelte delene i denne oppgaven.

Opggaven består av seks deler. Innledningsvis blir kunnskapsgrunnlag og begreper relevant for regnbed som overvannshåndtering gjennomgått. Deretter følger en overordnet gjennomgang av NVEs forskningsprosjekt for etablering av Norges første store regnbed ved Risvollan borettslag i Trondheim.

Avgrensing - teoretisk arbeid

Sentralt i denne oppgaven står prosesser relatert til vegetasjon og vann. Vannets fysiske bevegelse går som en rød tråd gjennom oppgaven. Besvarelsen går igjennom vannets bevegelse fra luft og atmosfære til problemer omkring vannets bevegelse i byene, regnvannets sirkulasjon gjennom jordsmonn, røtter og planter. Behandlingen av naturprosessene rundt vann og vegetasjon avrundes ved å forsøke å belyse aspekter ved planters vekstforhold i tettbygde bymiljøer.

Fysiske, biologiske og kjemiske prosesser i naturen er mange og komplekse. I denne besvarelsen er fokus lagt på overordnede prosesser relatert til kompliserte naturlige prosesser. En inngående og grundig redegjørelse for de naturlige prosesser knyttet til vegetasjon har ikke vært mulig innenfor denne oppgavens ramme. Videre er diskusjonen om biologisk mangfold og bruk av plantearter i grøntanlegg lang og mangfoldig. Diskusjonen om bruk av stedeagne arter og kultivarer er i denne oppgaven er en kort drøfting med fokus på bruk av stedeagne arter i bymiljø.

Prinsipper for oppbygging og konstruksjon av regnbed behandles i en veiledende del av oppgaven. Med utgangspunkt i det norske klimaet utarbeides et forslag til en planteliste til bruk i regnbed i Norge. Flere plantelister er utarbeidet for det amerikanske kontinentet, noen få finnes for det danske og svenske klima. Dette er til nå, det første forslaget til en planteliste for regnbed i norsk klima. Arbeidet med plantelisten må anses som et utkast til videre arbeid med vegetasjon i regnbed i Norge.

Regnbed krevet lite ettersyn. Etter forfatterens forståelse skal etterbehandling av anleggene kunne foregå på tilsvarende måte som for andre grøntanlegg. I denne oppgaven vil jeg ikke ha rom for å se på eventuelle skjøtselsmetoder og skjøtselsbehov ved de utarbeidete anleggene.

Avgrensing -prosjektarbeid

Prosjekteksemplene i delområdene undersøker arealdisponering for anleggelse av regnbed, mulig plantebruk, stedstilpasning og utforming på prin-

sipiell basis. Teorigrunnlaget i oppgaven trekkes inn i det praktiske arbeidet i prosjektdelen. Refleksjoner følger hvert delområde i prosjektarkene. Disse refleksjonene blir behandlet i en avsluttende del, i Del 6 av oppgaven.

DEFINISJON AV EGET STÅSTED

I arbeidet med prosjekteksemlene er det arbeidet for å finne enkle tilpasningsløsninger for ettermontering av regnbedene. De svarene som gis i denne besvarelsen er bygget på observasjoner og vurderinger spesielt for caseområdet. Løsningene som utarbeides er basert på forfatterens forståelse av fagfeltet innenfor den gitte rammen for dette prosjektet. I arbeidet med oppgaven vil forfatterens utgangspunkt danne grunnen for tolkning, prosjektarbeid, refleksjoner og konklusjoner. Erfaringer fra studiokurs gjennom utdanningen danner grunnlaget for arbeidet prosjektarkene.

Opggaven er illustret med diagrammer og visualiseringer som skal fungere som understøtte for teksten. Visualiseringer og diagrammer i oppgaven er selvgjorte. Ved alle befaringer til oppgaveområdet er det gjort dokumentasjon gjennom fotografering.

1.1 STRUKTUR OG METODE

Denne oppgaven er delt i seks deler der ulike metoder er brukt.

Del 1 innleder oppgavens tematikk. Kapitlet tar for seg ulike begrep og konsepter som er relevant i forståelsen av regnbed som overvannsløsning. Begrepsutredningen forsøker å utdype regnbedenes relasjon til overordnede konseptuelle metoder for overvannsbehandling og påpeke forbindelsen til andre praktiske løsninger som er i bruk, særlig på det amerikanske kontinentet. Denne delen av oppgaven er en innføring i oppgavens kunnskapsbase. Målet er å forsøke å gi en avklaring over relevante amerikanske begreper innen fagfeltet og gi en overordnet hierarkisk oversikt over de ulike metodene.

Kapittel 1.3 tar for seg oppgavens forprosjekt om et regnbed ved Risvollan borettslag i Trondheim. Forfatteren av denne oppgaven var her deltagende i forskningsgruppen om opprettelse av det første store regnbedet i Norge. Deltagelsen i forskningsgruppen ga en praktisk introduksjon til regnbed som overvannsløsning. Forprosjektet er en prosjekteringsoppgave som inngår i denne besvarelsen som en innføring til oppgavens tematikk. Her vil informasjon om teknisk oppbygging og arbeid med utforming og plantevalg gi en innføring til videre oppgavearbeid.

Erfaringer fra arbeidet med dette forprosjektet danner et bakteppe for videre arbeid i oppgaven. Forprosjektet spisset oppgaven både med hensyn til valg av caseområde, og for arbeidet med den veiledende delen der generelle hensyn for oppbygging av regnbed behandles. Videre la forprosjektet ved Risvollan grunnlag for arbeidet med oppgavens planteliste og for behandlingen av prosjekteksemlene i oppgavens Del 5.

Del 2 er en teoretisk del som belyser generelle problemer relatert til vann og vegetasjon i tettbygde bymiljøer. Dokumentasjon og faksimiler fra presse er samlet inn i perioden mens oppgavearbeidet har pågått. Dette materialet bekrefter at problemet omkring overvann i bymiljøer er stort og viser at konkrete løsninger for problemene er etterlyst. Med dette som bakgrunn, vil andre del av oppgaven ta for seg et utvalg abiotiske og biotiske faktorer relatert til vann i bymiljøene. Denne delen har som mål å gi en overordnet forståelse for typiske urbanhydrologiske problemer og se å på aspekter ved vegetasjons evne og kapasitet til å håndtere vann.

Kapittel 2.2.6 har en diskuterende og drøftende form. Her diskuteres bruk av stedeagne planter i regnbed og hvilken rolle stedsrelatert plantemateriale kan ha i bymiljøer. Tilgjengelig faglitteratur er diskutert i lys av samtaler med to økologer som arbeider med denne tematikken i sitt virke.

Del 3 av oppgaven omfatter en generell veiledning til anleggelse og konstruksjon av regnbed. Her belyses dimensjonerende beregningstekniker som bygger på manuelle metoder, jordlagsammensetting og plasseringshensyn. De veiledende retningslinjene bygger på erfaringer fra arbeidet med forprosjektet ved Risvollan og på tilgjengelige manualer og litteratur fra det amerikanske kontinentet.

Kapittel 3.3 behandler hensyn og kriterier for plantebruk i regnbed. Planten er en viktig byggekloss i et regnbed. Dette kapitlet har som målsetting å gi en innføring i planters vekstforhold i regnbed som overvannsløsning. Et forslag til en planteliste for bruk i regnbed i Norge inngår i denne veiledende delen. Plantelisten er utarbeidet på grunnlag av amerikanske plantelister. Listene er vurdert opp i mot norske forhold, med hyppig bruk av litteratur som Lids flora og Eli Fremstads Vegetasjonstyper i Norge. Plantelisten danner en palett for arbeid med plantevalg og plantesammensetning i de ulike prosjekteksemlene i oppgavens femte del.

Del 4 tar for seg områderegistreringer og analyse av oppgavens caseområde- NVE-kvartalet. Registreringene er gjort på bakgrunn av befaringer og observasjoner i prosjektområdet, samt bruk av databaser tilgjengelig på internett. Kartdatabaser ved Direktoratet for naturforvaltning, NVEs og NGUs nettsider gir en oversikt over området. Avrenningsforholdene er kartlagt manuelt etter lesning av terrenget. Materiale fra Riksantikvarens arkiv og Oslo byarkiv er benyttet i arbeidet med denne delen av oppgaven.

Områderegistreringene oppsummeres i en kartlegging av problemområder knyttet til overvann i NVE-kvartalet. Denne oversikten trekker inn elementer behandlet i oppgavens Del 2, der urbanhydrologiske problemer er gjennomgått og vegetasjonens virkning på overvannssituasjonen er belyst.

Avslutningsvis deles NVE-kvartalet inn i fem delområder, ordnet etter typiske bymessige trekk. Delområdene er kjente bytypologier; et gateløp, en parkeringsplass, en vei med midtrabatter og sideterreng, et parkeringslokk, en fredet bygning. Alle situasjonene representerer typiske og velkjente forhold i byer. Slik kan de ulike delområdene ha overføringsverdi til andre lignende bysituasjoner og delområdene kan framstå som eksempler på hvordan regnbed kan ettermonteres i typiske bymiljøer.

DEL 5 av oppgaven behandler hvert delområde i prosjektark som eksemplifiserer mulighetene for ettermontering av regnbed innenfor de ulike delområdene. Prosjektarkene belyser delområdenes tilhørende nedbørsfelt, avrenningsforhold, plassering og utformingsprinsipp, samt dimensjonering og teknisk løsning ved forslagene. Mikroklimatiske forhold er også belyst med vurdering av egnet plantemateriale. Noen eksempler på plantesammensetninger utarbeides innunder hvert delområde, dog ikke inngående for hvert av regnbedene. Det å søke enkle løsninger har vært en drivende kraft i prosjektarbeidet. Delområdene behandles i prinsipielle skisser, snitt og plantegninger.

I og med at regnbed er forholdsvis små overvannsløsninger legges det opp til et visst fokus mot detaljnivå. Ikke alle de foreslåtte regnbedene er beskrevet i prisnippsnitt eller oppris. Men hvert delområde er forsøkt beskrevet så utfyllende som mulig, innen for denne oppgavens fysiske, praktiske og tidsmessige ramme. Hvert prosjektark avsluttes med korte refleksjoner omkring prosjektarbeidet. Disse refleksjonene tas opp videre i oppgavens avsluttende del, i Del 6. Her vurderes refleksjoner gjort i etterkant av arbeidet med prosjekteksemlene sammen med oppgavens problemstillinger.

Del 6 er en konkluderende del som bygger på vurderinger og refleksjoner gjort i oppgavearbeidet.

VALG AV UNDERSØKELSESMÅRÅDE

Ombygging av NVEs administrasjonsbygning i Middelthunsgate ved Majorstua i Oslo rehabiliteres i disse dager til å bli en energieffektiv og klimanøytral bygning. NVE er Norges styrende organ for vassdrag og energi og en modernisering av bygget til å bli mer klimaeffektivt, vil bli representativt for bedriftens holdning. Den pågående ombyggingen tar i midlertid ikke tak i situasjonen for overvann knyttet til bygningsanlegget.

I forbindelse med NVEs prosjekt om anleggelse av et regnbed på Risvollan i Trondheim ble kontakt med NVEs forskingsmedarbeidere etablert. Gjennom dette arbeidet ble jeg oppmerksom på at situasjonen for overvann ved NVEs bygning også burde vurderes i rehabiliteringsprosessen. I tillegg til at NVEs bygg er et symbol for vannrelatert tematikk, ble det tydelig at kvartalet omkring NVE kunne leses som typisk for mange bysituasjoner, og at området kan ha overføringsverdi til andre bymiljøer. NVE-Kvartalet er preget av mange typiske trekk ved urbane omgivelser; elveløpet er lagt i rør og den naturlige hydrologien er forstyrret. Flere bygninger er regulert av statlige fredningsbestemmelser og sikret mot framtidige endringer. Området er merket av en generell kamp om plassen i en bydel med

stort fortettingspress, i likhet med mange av dagens bymiljøer.

KARTGRUNNLAG

Kartgrunnlaget i denne oppgaven er fra Oslo kommune, datert 2003. NVE-kvartalet ligger i et område som har vært i stor utvikling siden den tid. Et mer fullendt kart foreligger dermed ikke.

OM DIMENSJONERINGEN I PROSJEKTARKENE

I arbeidet med prosjekteksemlene i denne oppgaven vil jeg benytte manuelle beregningsmetoder for dimensjonering av overvannsløsningene. Hvert delområde behandles dermed med manuelle metoder for vurdering av avrenningsmengder og dimensjoner i hvert delområde. Metodene vil kunne gi en forståelse for aspekter som ligger til grunn for dimensjoner i et overvannsanlegg og dermed gi en innføring i prosessene ved anleggelse av regnbed i by. Ved å benytte manuelle beregningsmetoder kan feil lett oppstå. Dette må ligge til grunn for løsningen av denne besvarelsen. Beregningene i løsningsforslagene er prinsipielle og gjort etter forfatterens beste evne, med støtte fra Bent Braskerud i NVE. Beregningene er også diskutert og kvalitetssikret av professor Oddvar Lindholm ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, UMB.

I prosjektarkene er enkelte illustrasjonsplaner satt i noe uvanlige målestokker. Dette er hovedsakelig gjort av layout-messige grunner for å få plantegninger, snitt, bilder og tekst plassert innenfor denne oppgavens A3-format.

BEGREPSBRUK I OPPGAVEN

Det er mange ulike begreper og uttrykk i bruk innenfor dette fagfeltet. Store deler av oppgavens teorigrunnlag og benyttet faglitteratur har utenlandsk opphav. I arbeidet med denne oppgaven velger jeg å følge de begreper som er brukt i Norsk Vann Veiledning til klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vanns veileder er det mest sammenfattede dokumentet på området om overvannshåndtering i Norge. Jeg har forsøkt å forholde meg til begrepene brukt i dette dokumentet for å beholde en likhet og tydelighet med andre arbeider innenfor dette relativt unge fagfeltet i Norge.

1.2 KUNNSKAPSGRUNNLAG OG BEGREPER

Overvann er overflateavrenning fra regn eller smeltevann som renner av fra veier og gater, parkeringsarealer, gårdsplasser, takflater ved nedbør og snøsmelting. Regnvann kan ledes av på overflaten, i grøfter, i stikkrenner eller i lukkede ledningsnett. I mange områder med gammel bebyggelse føres overvann ofte i et felles vann- og kloakksystem. Overvann kan også legges i en egen overvannsledning der spillvannet legges separat fra kloakksystemet (Lindholm et al. 2008).

Problemene med overvann er universelle i bebygde områder. Mange land har utarbeidet overvannsløsninger som alternativ til avløpsnettet og det finnes mye kjent kunnskap i feltet. Innenfor urbanhydrologien kan det virke som om det er mange overlappende begreper for tiltak som reduserer avrenningsintensiteter og volum, og fordrøyer eller forsinker avrenningen. Ved å bruke fremmedspråklig kildelitteratur kan det lett oppstå ytterligere forvirring når ordbruk og begreper benyttes eller oversettes. Innenfor fagfeltet finnes det også en mengde forkortelser som kan skape uklarheter. Norsk vanns Veiledning for klimatilpasset overvannshåndtering (2008) danner grunnlaget for norske ord og begreper brukt i denne oppgaven. I denne veilederen er regnbed som overvannsløsning nevnt.

Regnbed har sin opprinnelse på det amerikanske fagfeltet. For å klargjøre begreper og metoder innenfor overvannshåndtering innenfor det amerikanske kunnskapsfeltet, følger en oversikt over de mest brukte begrepene og metodene benyttet i USA. Oversikten forsøker å gi et hierarkisk oppsett over ulike overvannsmetoder, praktiske, som konseptuelle. Oversikten skal forsøke å beskrive hvordan de ulike metodene forholder seg til hverandre og å vise hvor regnbed som praktisk overvannsløsning befinner seg innenfor dette kunnskapsfeltet.

Endringer i klima er et generelt fenomen og tydelige tegn vises over hele verden. Forandringene får likevel ulike uttrykk i ulike regioner og spesifikke kunnskap er nødvendig for å forstå utfordringene. Lokal overvannshåndtering har voksende utbredelse i mange land og på flere kontinenter. Den norske betegnelsen LOD/LOH defineres avslutningsvis i dette kapitlet for å sammenstille disse med de amerikanske begrepene. Et eksempel på begrepsbruk og betegnelser for overvannsløsninger fra Storbritannia og Australia er også tatt med.

HIERARKISK OVERSIKT OVER KONSEPTER OG PRAKTISKE METODER FOR OVERVANNSHÅNDTERING (USA)

Low Impact Development (LID) ■ *Low Impact Development* er et konsept som bygger på en økosystembasert tilnærming til overvannshåndtering. Metoden har som mål å redusere innvirkningen av urbanisering på den hydrologiske situasjonen i et gitt område. Konseptet er å opprette enkle og rimelige løsninger som etterligner biologiske og fysiske prosesser i naturen. Løsningene skal kompensere for de avskaffede, naturlige vannveiene som eksisterte i et området før det ble urbanisert (Strom et al. 2004).

LID-konseptet bygger på ulike strategier og teknikker for å oppnå denne målsettingen. Strategier i arealplanlegging forsøker å begrense forstyrrelsene og påvirkningen i den hydrologiske situasjonen. LID-konseptet vil forsøke å finne praktiske metoder som vil opprettholde mest mulig vegetasjon i et område. Tanken er at stedets infiltrasjonspotensialet, evapotranspirasjon og lagring av overvann i ulike grønne overflater beholdes. Filosofien søker dermed praktiske løsninger som benytter seg av infiltrasjonspotensialet som ligger i jordmedier og i planters evne til å behandle avrenning. I tillegg skal de praktiske overvannsløsningene forlenge transporttiden for overskytende avrenning, slik at damansamling og flomdannelser unngås. I tråd med LID-konseptet og arbeidet med flomkontroll, blir hele det hydrologiske bildet i et område belyst. Slik forsøkes det å gjenopprette hydrologisk balanse i et utbygget område for å finne en god miljøkvalitet på stedet. Fremgangsmåten benytter seg av integrerte praktiske overvannshåndteringsmetoder. De ulike praktiske løsningene kalles *BMPs*.

Best Management Practises (BMP) ■ *Best Management Practises* er praktiske og tekniske tiltak som følger opp LID-konseptet. Løsningene er lokale overvannsanlegg som kan tilpasses eksisterende bebyggelse. Ved å etablere desentraliserte, småskala overvannsanlegg, skal regnvann behandles i nærheten av kilden der det falt. Disse ulike BMP-løsningene skal kunne integreres i et område og bli en del av ethvert utbygget miljø.

I design av BMP-tiltak inngår flere aspekter. Metoden bygger på en ramme av estetiske vurderinger, stedsoppfattelse- og tilpasning, sikkerhet, vedlikehold og muligheter for flerbruk. Vurderinger av mer teknisk art belyser det karakteristiske hydrologiske bildet på et gitt sted, samt konstruksjon, dimensjonering og beregning av infiltrasjonsrate i et anlegg. BMPs tilpasses gjerne i kjedete løsninger av ulik design, materialer og funksjon (Weinstein 2002). Slik skal BMP-tiltakene være fleksible og gi muligheter for stedstilpasning og tilrettelegging til spesifikke oppgaver. Eksempler på BMP-tiltak er grønne tak, gresskleddede forsenkinger, infiltrasjonsgrøfter, konstruert våtmark, steinfyllingsmagasin og permeable overflatedekker.

BMP-tiltak inkluderer også virksomheter som fungerer ikke-strukturelt. Dette kan være informasjonskampanjer, undervisning- eller opplæringsaktiviteter relatert til overvannsproblematikk og overvannshåndtering. Innunder Best Management Practises ligger overvannstiltak kalt *bioretention*.

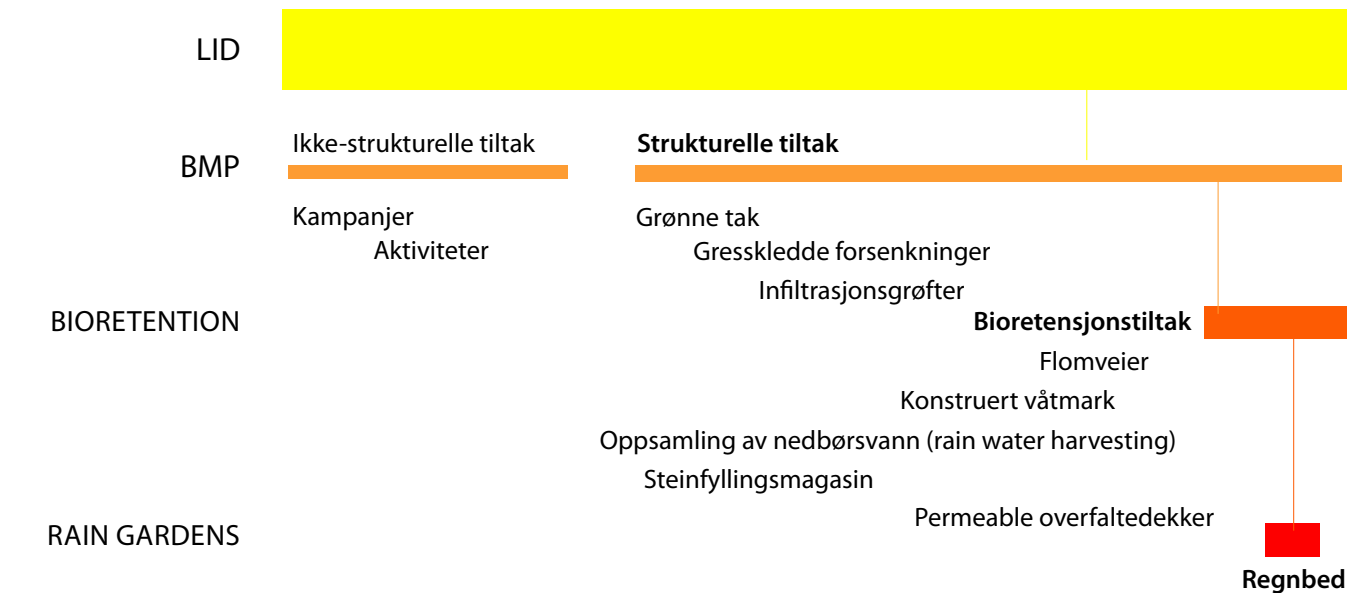
Bioretention ■ Det engelske begrepet *Bioretention systems* er overvannsanlegg som kan oversettes til bioretensjonsanlegg. Bioretensjonsanlegg er konstruerte systemer designet for å håndtere og kontrollere urban vannavrenning. Ordet *retention* kommer av det latinske for å 'holde tilbake' (KLC 2007). Formålet er å kontrollere vannkvalitet og -kvantitet i konkrete overvannsløsninger som etterligner naturens prinsipper. Ordet *bioretensjon* stammer fra biomasses, eller plantematerialer, evne til å holde på overvann, næringstoffer og andre forurensende stoffer (PGC 2007). Bioretensjonssystemet drar nytte av naturlige kjemiske, biologiske og fysiske egenskaper i jord og planter. Løse partikler i overvannet sedimenteres og filtreres gjennom anleggets jordlag. Planter og jord bidrar til opptak og filtrering av miljøgifter og næringsstoffer. Det skjer en fysisk og kjemisk binding i anleggets jord- og plantematerialer. Bergen kommune definerer *bioretention*-anlegg i *Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune*. Anleggene beskrives som overvannsløsninger som er designet til å fungere som et biologisk filter for å kontrollere forurensinger i overvannet, i tillegg til at anleggene fordrøyer og infiltrerer overvannet (2007).

Bioretensjonssystemet kombinerer drenerende jordlag i løsninger med blandet vegetasjon. Anleggene er tilpasset landjord, det vil si at de er terrestriske, i motsetning til våtmarksanlegg som kombinerer planter og jord i stående vann. Ordet terrestrisk kommer av det latinske *terra* som betyr *land* eller *jord*. Regnbed er en overvannsløsning som faller inn under disse bioretensjonstiltakene.

Rain gardens ■ Ordet *regnbed* er avledet fra det amerikanske begrepet *rain gardens*. Amerikanskproduserte publikasjonen fra Prince Georges Countys *Bioretention Manual* er ansett som ledende innen fagområdet på tema om regnbed (Muthanna 2007). I publikasjonen defineres begrepet *rain gardens* som synonymt med bioretensjon. Manualen peker på at begrepet *rain gardens* ofte brukes i markedsføringsammenhenger og ved generell kontakt med publikum (2007).

Regnbed er forholdvis små anlegg som benytter seg av naturlige eller konstruerte forsenkinger i terrenget. Anleggene er åpne. Slik tillater anleggene kontakt mellom vann, luft, sollys, jord og planter. Regnbed kan infiltrere, fordrøye og rense overvann. Anleggene er terrestriske, bygget opp av godt drenerende jordlag i anlegg med en variert sammensetting av land- eller jordbasert plantematerialer som tåler vekslende fuktighetsforhold. Overvann samles i forsenkingene og infiltrerer grunnen så raskt som mulig, uten å danne dammer eller akvatiske våtmarksforhold.

GRAFISK FRAMSTILLING



Lokal overvannsdiskonering (LOD) ■ *Lokal overvannsdiskonering* eller *lokal overvannshåndtering* er begge fungerende begreper innenfor fagmiljøet for overvannshåndtering i Norge. Begrepene brukes om lokale, iverksatte tiltak der overvann infiltreres og fordrøyes i nærheten av kilden, enten i åpne eller lukkede anlegg. Tiltakene skal hindre overvannet å renne direkte til avløpsledninger eller vassdrag. Anleggene skal gi trygg avledning og håndtering av overvann ved å infiltrere den minste nedbøren, forsinke den større nedbøren og gi trygg bortledning av den aller største nedbøren (Lindholm et al. 2008). Dette innebærer i bruk av ulike systemer med ulike funksjoner for håndtering av nedbørsmengdene. Metodene er hovedsakelig praktiske løsninger for systemer som infiltrerer overvann til grunnen via porøse overflater eller infiltrasjonsbassenger (Lindholm et al. 2008).

Sustainable Urban Drainage System (SUDS) ■ Begrepet *Sustainable Urban Drainage System* har tilknytning til Storbritannia og Australia. Metoden tilsvare de amerikanske BMP-løsningene beskrevet tidligere. Som et tilleggsfaktor vektlegger de praktiske SUDS-metodene på bærekraftighet i anleggets materialbruk-, bestandighet og varighet. Anleggene etterstreber også multifunksjonalitet slik at overvannstiltaket dekker flere og ulike bruksområder utover evnen til å håndtere overvannet. Eksempler på dette kan være å opprettede idrettsbaner som bruker sportsplassen som fungerenede flomvei når de aller største nedbørsmengdene melder seg.

REGNBEDENES BAKGRUNN Regnbed er et overvannstiltak som hører innunder tankesettet ved *Low Impact Development*-konseptet. Løsningen er et praktisk *Best Management Practises*-tiltak. Regnbed er et bioretensjonstiltak som utnytter planters og jords egenskaper til å fordrøye og rense vannavrenning. Bioretensjon som praksis for overvannshåndtering ble utviklet tidlig på 1990-tallet i Maryland, USA. I kommunen Prince Georges County, en forstad til Washington DC, ble det satt i verk eksperimentering med å tilpasse overvannsanlegg med vegetasjon for å ta imot avrenning fra store asfalterte og takdekkede flater. Anleggene ble først testet ut av kommunens ansatte i forbindelse med kjøpesentre, boligfelt og offentlige bygg (Wallace 2009).

De miljømessige vinningene fra bioretensjonstiltaken i Maryland ga positive ringvirkninger. Den første bioretention manualen ble utarbeidet av kommunen i Prince Georges County i 1993. Publikasjonen ble et oppslagsverk for å få private hageeiere til å anlegge sine egne regnbed, på egne tomter. Regnbed ble etterhvert den enkelte hus- og eiendomseiers svar på hvordan overvannsproblematikken kunne løses innenfor egen tomt. Særlig i stater som Kansas, Portland og Minnesota har private grunneiere blitt motivert til å anlegge regnbed på eget initiativ. Regnbedene, som grønne overvannsløsninger viste seg å utgjøre en samlende effekt i reduksjon av flomdannelser, erosjon og forurensning av vassdrag.

Informasjonskampanjer, kunnskapsdatabaser og veiledere har bidratt til å motivere til private aktører til å anlegge regnbed. Overvannsløsningen har i den senere tid utviklet seg fra å ha vært et fenomen sentrert om private hager og mindre eiendommer til å innta bygatemiljøer (Vegtech 2010).

FORPROSJEKT ET REGNBED TIL RISVOLLAN BORETTSLAG

Foto: Kim Paus



1.3 ET REGNBED I NORSK KLIMA

En forskningsgruppe med forskere fra NVE og NTNU samarbeider om opprettelse av et regnbed ved Risvollan borettslag, i utkanten av Trondheim sentrum sommeren 2010. Forskningsprosjektet bygger på den amerikanske raingardens-modellen og formålet er å studere hvordan regnbed fungerer i det kalde, norske klima. Anlegget blir det første store regnbedet som er bygget i Norge.

Amerikanske erfaringer og publikasjoner om bioretensjon og regnbed er forskningsgruppas utgangspunkt. I anlegget skal de tekniske prinsippene fra den amerikanske faglitteraturen prøves ut. Regnbedet på Risvollan skal kunne gi erfaringer om fordøying og infiltrasjonsevne gjennom den norske vinteren med frost og snø, samt gi kunnskap om dimensjonering, om planters vekstforhold og trivsel under kalde forhold. Vannkvalitet- og kvantitet skal registreres ved kontroll av regnbedets innløps- og avløpsvann. Vannprøvene viser verdier av tungmetaller, salter, pH og partikkelkonsentrasjon i avrenningen. Regnbedet skal fungere som et demonstrasjonsanlegg, og feltundersøkelsene skal gjøres over en periode på 3 år.

Prosjektet er initiert av EU-initiativet, Strategic Alliance for Integrated Water Management Actions (SAWA). SAWA søker å bygge opp et samarbeid av partnere i Nordsjø-regionen for å utvikle fungerende strategier, metoder og tiltak for innovative vannhåndteringssystemer (SAWA 2010). Forfatteren av denne oppgaven engasjeres til å inngå som en del av arbeidsgruppen. Med bakgrunn i de pågående landskapsarkitektstudiene er intensjonen å kunne bidra til arbeidsgruppen med plantebefalinger og forslag til regnbedets utforming.

RISVOLLAN BORETTSLAG
Risvollan borettslag er Norges største og ligger litt sør for Trondheim sentrum. Boligområdet ble bygget på begynnelsen av 1970-tallet, anlagt i et åpent kulturlandskap med store beitearealer. Området er kupert og åser og koller kan ha høydeforskjeller på opptil 50 meter. Jordsmonnet er preget av høyt innhold av leire.

DELTAGERE I FORSKNINGSGRUPPEN

Prosjektleder: Forsker Bent Braskerud i NVE.
Forskningsansvarlig: Doktorgradsstipendiat Kim Paus, Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU.
Bidragster: Forsker Dr. Tone Muthanna ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA).
Anleggsarbeid: Anleggsgartner Arvid Ekle, Anlegg & utemiljø AS.
Skjøtsel og vedlikehold: Laila Pedersen, teknisk sjef, Risvollan Borettslag.
Bidragster for utforming og planteplan: Landskapsarkitekturstudent Erle Stenberg, Institutt for landskapsplanlegging, UMB.

Jordbunnsforholdene og terrengformasjonene gir stor avrenning i området og flomdannelse er et økende problem ved borettslaget. Det lokale bekkeløpet er rørlagt og lave partier ved de gressdekte skråningene oversvømmes i store regnskyl. Store mengder overvann renner av fra de leirtette overflatene og inn til leilighetskompleksenes kjellere. Opprettelsen av regnbedet ved borettslaget skal bidra til å fordroye og infiltrere avrenningen i sandige jordlag. Dette skal redusere flomtoppene og dermed også skadene som påføres eiendommene.

Risvollan borettslag ligger ved markagrensen og området er preget av grønne, åpne vegetasjonsdekte arealer. Typiske tresorter i området er bjørk, hassel, osp, hegg, selje og rogn (Naturbase 2010). Dominerende arter i feltsjiktet er gressarter som kveke (*Elytrigia repens*), typiske blomsterarter er engsoleie (*Ranunculus acris*) og prestekrage (*Leucanthemum vulgare*).

NEDBØRSFELT OG DIMENSJONERING

Regnbedet ved Risvollan borettslag er dimensjonert til å utgjøre et areal på ca. 50 m². Anlegget skal håndtere avrenning fra en asfaltert ballplass, samt tilsig fra de leirholdige gressbakkene. Bebyggelsen har indre takrenner som leder regnvannet rett til avløpsnett. Takvannet vil derfor ikke innlemmes i regnbedets nedbørsfelt.

REGNBEDETS FORM

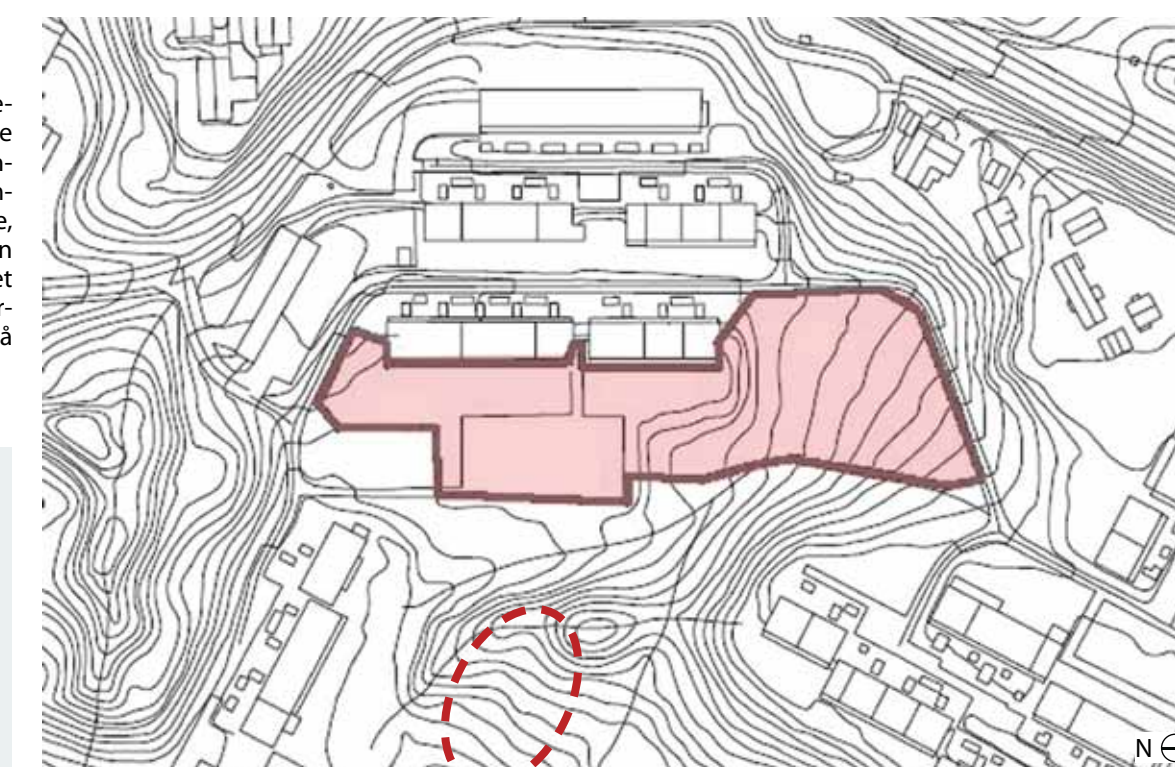
Arbeidet med utforming av regnbedet og plante-sammensetningen tar utgangspunkt i utleverte skisser utarbeidet av forskningsgruppen. Plasseringen av regnbedet er fastsatt av gruppen. Utformingen tar utgangspunkt i terrengets fall og myke, slake bakker. Regnbedet formes som en bue, i en dråpeformet S-form. Denne formen gir overvannet lengst mulig løpebane gjennom anlegget slik at arealet utnyttes maksimalt. De myke buene gir også en speiling av de runde gressbakkene i området.

NEDBØRSFELT OG DIMENSJONER

Totale nedbørsfelt	500 m ²
Totalt areal av flater	400 m ²
Regnbedets filter dybde	0,9 m
Gjennomtrengelighet	0,1524 m/dag
Stående vannhøyde	0,3 m
Regnbedets dreneringstid	ca 1 dag



Stilpet sirkel markerer området der forskningsgruppen vil plassere regnbedet. Området var tidligere kulturlandskap preget av beitemarker.



Nedbørsfeltet for regnbedet inkluderer sideterreng, den asfalterte ballplassen og forhager. Sirkelen markerer det området som i dag er flomutsatt. Illustrasjon Kim Paus (2010).

INTENSJONSPLAN FOR BEPLANTNINGEN

Den eksisterende vegetasjonen på gressbakkene er i partier holdt nede med klipping. På de mest kupert kollene står vekstene urørt. Slik blir runde felter med kraftigere vegetasjon stående fram som 'øyer' i terrenget. Med utgangspunkt i vegetasjonstettheten og formene de lager, vil planteforslaget forsøke å la regnbedet framstå som et lignende felt/øy i terrenget. Planter med beskjeden blomstring og tydelig bladverk er plukket ut for å ligne på de stedstilhørende artene i mest mulig grad.

VARIASJONER I FUKTIGHET

Regnbed er lagt til en forsinking i landskapet og arealet kan tar imot store vannmengder. Den sandige jordlagene gir god drenering. Selv om regnbed er konstruert med høy infiltreringssevne vil ikke jordmassene tørke helt ut. Amerikanske erfaringer viser at de sandige massene holder på fuktigheten i lavere jordlag selv gjennom tørkeperioder på somrene.

Arbeidet med plantesammensetningen for regnbedet viser at innenfor et regnbedets areal er det variasjoner i fuktighetstilgangen. Regnbedet fyller forsinkingen i bakkeflaten og bedets kanter er bygget opp med jordmasser på sidene for å holde på vannet. Ved anleggets innløp, utløp og i de midtre partier oppstår fuktigere soner enn ved anleggets randsoner. Kantene på anlegget er tørrere felter. Variasjonene i fuktighetsmetningen gir ulike vekstgrunnlag for plantene. Dette gir grobunn for et forholdsvis bredt spenn i plantemateriale som egner seg i regnbedsanlegg. Felles for plantene er toleransen overfor varierende vannstand. Både nokså fuktighetskrevede arter og arter som trives ved tørrere forhold egner seg teoretisk sett i regnbedet.

REFLEKSJONER

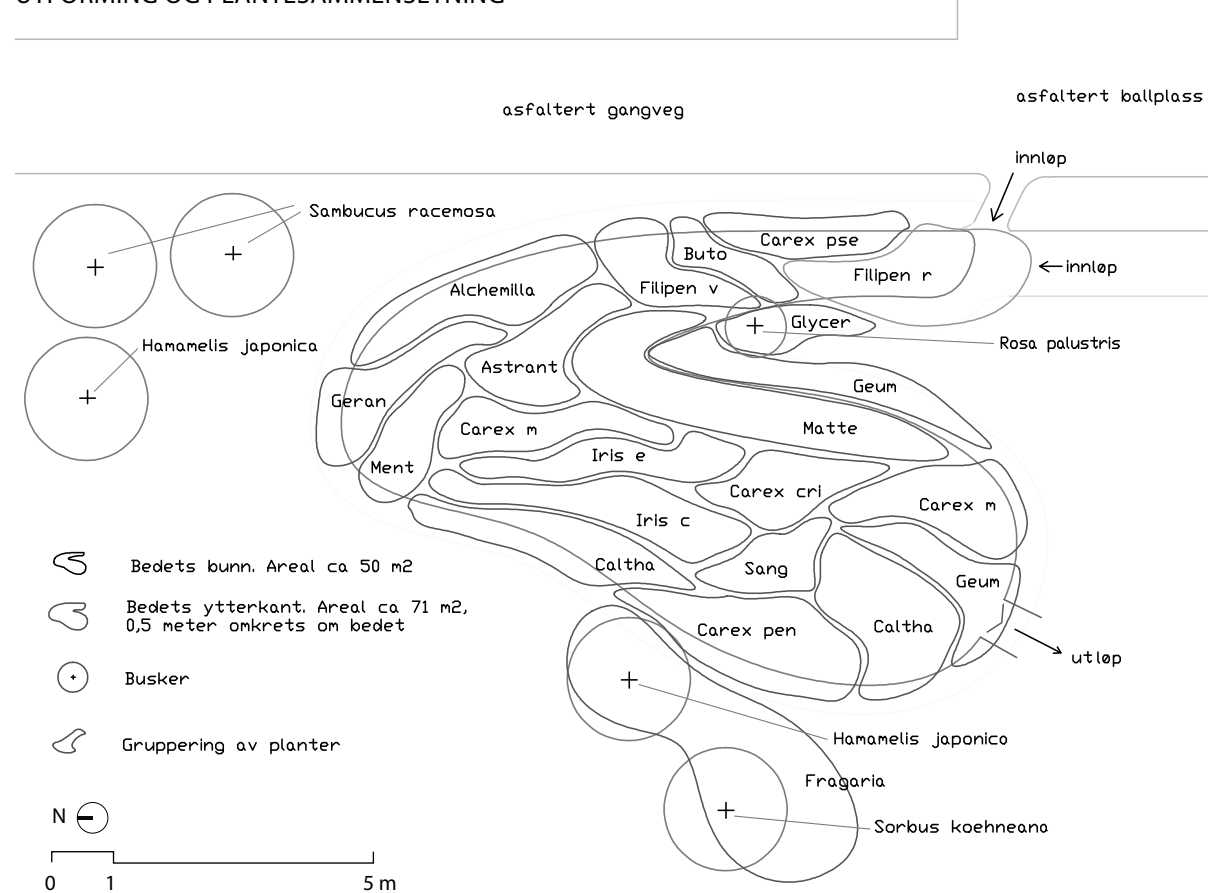
I samarbeidet med forskningsgruppa om et regnbed ved Risvolla borettslag satte meg i direkte kontakt med forskere og fagpersoner som jobber aktivt innen overvannshåndteringsfeltet i Norge. Arbeidet med forprosjektet ga en introduksjon til hvordan dimensjonering og prosjektering for anleggelse av regnbed foregår. Arbeidet med utformingen ga meg en forståelse for konstruksjon og teknisk oppbygging av regnbed og en innføring i arbeidet med planter som materiale i regnbedsanlegg. De store variasjonene i fuktighetsforhold innenfor regnbedet viser at ulike plantearter kan inngå i ett og samme anlegg. Erfaringer vil vise hvilke arter som trives, hvilke som faller fra og hvilke arter som er holdbare i anlegget over tid.

Miljøverndepartementets besøk til regnbedet på Risvolla bekrefter viser at denne typen overvannsløsning har økende interesse også for planmyndigheter og politiske instanser i Norge.

Del 3 i denne oppgaven tar for seg tar for seg oppbygging av regnbed generelt. Et vedlegg i oppgavens appendiks viser en fotoserie av anleggsarbeidet ved Risvolla.

Vitenskapelig navn	Norsk navn	Forkortelse
Stauder		
<i>Alchemilla mollis</i>	<i>Stor markåpe</i>	<i>Alchemilla</i>
<i>Astrantia major</i>	<i>Storstjerneskjerm</i>	<i>Astrant</i>
<i>Butomus umbellatus</i>	<i>Brudelys</i>	<i>Buto</i>
<i>Caltha palustris</i> 'Alba'	<i>Bekkeblom</i>	<i>Caltha</i>
<i>Carex morrowii</i>	<i>Japanstarr</i>	<i>Carex m</i>
<i>Carex pendula</i>	<i>Dronningstarr</i>	<i>Carex pen</i>
<i>Carex pseudoscyperus</i>	<i>Hengestarr</i>	<i>Carex pse</i>
<i>Filipendula rubra</i>	<i>Præriemjødurt</i>	<i>Filipen r</i>
<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Mjødurt</i>	<i>Filipen u</i>
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Markjordbær</i>	<i>Fragaria</i>
<i>Geranium macrorrhizum</i>	<i>Rosenstorkenebb</i>	<i>Geran</i>
<i>Geum rivale</i>	<i>Enghumleblom</i>	<i>Geum</i>
<i>Glyceria maxima</i>	<i>Kjempesøtegras</i>	<i>Glycer</i>
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	<i>Strutseving</i>	<i>Matte</i>
<i>Mentha aquatica</i>	<i>Vannmynte</i>	<i>Ment</i>
<i>Iris chrysographes</i> 'Black form'	<i>Stråleiris</i>	<i>Iris c</i>
<i>Iris ensata</i> 'Gracieuse'	<i>Tvillingiris</i>	<i>Iris e</i>
<i>Sanguisorba officinalis</i>	<i>Blodtopp</i>	<i>Sang</i>
Trær og busker		
<i>Hamamelis japonica</i>	<i>Japantrøllhassel</i>	-
<i>Rosa palustris</i>	<i>Villrose</i>	-
<i>Sambucus racemosa</i>	<i>Svarthyll</i>	-
<i>Sorbus koehneana</i>	<i>Hvitrogn</i>	-

UTFORMING OG PLANTESAMMENSETNING



MILJØVERNDAPERTEMENTET TIL RISVOLLAN

Arbeidet med anlegget av regnbedet på Risvolla ble avsluttet i august 2010. Noen uker etter byggestans ber en delegasjon fra Miljøverndepartementet om en befaring for å besku regnbedet. Delegationen får en omvisning i forbindelse med en utdelingen av Statens Bymiljøpris til åpningen av den tidligere rørlagte Ilabekken i Trondheim sentrum. Bildet til venstre viser delegasjonen fra miljøverndepartementet, med Heidi Sørensen i spissen, ved det nyetablerte regnbedet på Risvolla. Prosjektleder Bent Braskerud fra NVE informerer delegasjonen om prosjektets generelle hensikt og regnbedets funksjon i håndtering av overvannet.

Bildet er tatt 23.10.10. Foto: NVE



2.1 URBANHYDROLOGISKE PROBLEMER

Dokumentasjon og faksimiler

Presseklipp og egen dokumentasjon tar for seg ulike problemhendelser relatert til overvann i by. Saker i dagspresse og egne observasjoner viser tilstandsrapporter og typiske episoder knyttet til dagens normative behandling av overvann i urbane områder. Oslo er ikke utelatt fra de urbanhydrologiske problemene, og i flere av avisartiklene etterlyses kompetanse for å finne løsninger.

Intenst og langvarig regnvær har ført til kloakkutslipp fra avløpsnettet til Oslofjorden. Næringstoffer i kloakkvannet gir en kraftig, skumligende algeoppblomstring i fjordvannet. En av algertene i fjorden produserer giftstoffer som forgifter marint liv og gir hudirritasjoner hos mennesker. *Aftenposten 21.10.2009*



Foto: Kystverket.

Grenseveien i Oslo flommes over av enorme vannmasser etter brudd i en gammel og foreldet støpejernsledning i avløpsnettet. Tusenvis av kubikkmeter med vann fyller veibanen og sidegater. Veien minner om et elvedelta i landskapet. *Aftenposten 15.07.2011*

Veipå Carl Berner ble elv

MARTIN SKJÆRAASEN

Grenseveien ble elv i går, etter at tusenvis kubikkmeter vann flommet ut av ødelagt rør.

Følge Terje Mågerud i Vann- og avløpsstaten var det brudd i en 250 mm støpejernsledning i Bergljotsvei som omgjorde Carl Berner-området til et delta i går formiddag.

– Lekkasjen er stanset nå, men det er umulig å si hvor mye vann

som har flommet ut. Vi snakker tusenvis av kubikkmeter, sier han.

De færreste var forberedt på det ekstra vannet.

– Det ringte inn en kar og sa han var redd for at bilen hans skulle bli skylt av veien, forklarer operasjonsleder Even Jørstad i Oslo politidistrikt.

Da Aftenposten skulle dokumentere lekkasjen, hadde denne elven forrennet seg i små sidega-

ter, og et stykke av Finnmarkgata var blitt innsjø.

Men det stanset ikke Kim-Eigar Hines, som var på vei til Ekeberg med motorsykkelen sin. Han bet tennene sammen, ga gass og kom seg så vidt over til motsatt bredde før motoren ga opp.

Politiet sperret flere veier i området, deriblant Grenseveien og Finnmarkgata. I tillegg ble Carl Berner T-banestasjon stengt.



Kim-Eigar Hines kom seg såvidt over denne innsjøen i Finnmarkgata – så døde motoren. FOTO: MARTIN SKJÆRAASEN



Folk anbefales å unngå å bade der hvor vannet er grumete og har skum på overflaten som her ved Ulvøya i Oslo. FOTO: KYSTVERKET

Fraråder bading i deler av Oslofjorden

Den kraftige oppblomstringen av alger i Oslofjorden skyldes kloakk. En av algertene er giftig, og truer siste del av badesesongen.

Både politi, brannvesen og medier er de siste dagene blitt nedringt av folk som melder om at skum flyter rundt i fjorden. Søndag var beskjeden fra Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) at algene ikke var farlige for mennesker, men mandag tok de nye prøver som viste noe annet.

En av algertene som har blomstret kraftig opp, har det nemlig med å produsere giftstoffer. Algen heter

Alexandrium og forgifter blant annet blåskjell. Men den er heller ikke helt uskyldig for mennesker. Ifølge NIVA kan algen gi irritasjon i huden. – Vi anbefaler folk å unngå å bade der vannet er grumete eller har skum på overflaten. Men der vannet er klart, regner vi det som helt trygt å bade, sier fungerende vannfaglig ansvarlig i Oslo kommune Ole Anton Engen til Aftenposten.no. De mikroskopiske algene har blomstret opp som følge av varmt vann og mye næring i vannet. Det kraftige regnværet har ført med seg gjødselstoffer fra avløpsnettet rundt Oslofjorden. NIVA antar at det kan ta et par uker før algene er borte, avhengig av vær og vind. (NTB)

Grunnvannet synker i byområder tildekket av store asfalterte flater. Vann forsvinner fra porer i jordmonnet og beleggninger hindrer regnvann i å etterfylle porene med vann. Luft erstatter vannet i jorda hulrom når vannet forsvinner. Tilførselen av luft fører til at det organiske materialet i jorda råtner bort og at jordlagene synker sammen. Dette gir setningskader i bakkefundamentet noe som påfører skader på bygginge i form av spekker og brudd i konstruksjoner. *Aftenposten 21.10.2009*



«Hvordan er problemene har passert «pølet of no return»

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

Byggingen har tidligere vært på denne gamle byggingen.

«Vi må ganske enkelt få kontroll på dette»

■ Synkende grunnvann skader byens murgårder

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Byens viktigste murgårdsbygginger kan ikke bli reddet av synkende grunnvann, fastslår leder i Byutviklingskontoret, Ventrus Ole Elvestuen.

Vann ødelegger veier for naboer



Avrenning av overvann fra asfaltert skolegård påfører avrenning og flomskader på veidekke og naboeiendommer i Asker-området. *Asker og Bærum budsikke 11.05.2010*

Avrenning fra asfaltert veibaner i Uelandsgate i Oslo gir punktvis flomdannelse der terrenget flater ut. Veibanens fallforhold gir hastig avrenning, og stor belastning påføres sluk og kummer der overvannet samles. *Egne foto: 30.07.2009*



Flomdannelse gir økning i flomskader på bygg og eiendom. Regnvann påfører stor belastning på avløpsnettet, og i områder med felles ledningssystem kan kloakk blandes med flomvannet. *Aftenposten 21.12.2010*

EN FLOM AV VANNSKADER I VENTE



Våtere klima vil gjøre at stadig flere får erfare det Jan Gundersen på Herøya opplevde en dag i oktober. Ledningsnettet tålte ikke regnmengdene, og vann og kloakk flommet utover plassen og inn i huset. DEL 1 - side 4 og 5

2.1.1 VANNETS KRETSLØP

Solen og tyngdekraften styrer vannet på jorden i et konstant sirkulerende kretsløp. I det hydrologiske løpet bidrar varmen fra solen til at vann fordampes fra havområdene til atmosfæren. Vanndampen kjøles ned i luften, der den kondenseres og samles i skydannelse. Fra skyene vender vannet tilbake til jordoverflaten igjen som nedbør. Nedbør faller som regn, snø eller sludd til bakken.

Vann som faller mot bakken kan fordele seg i flere retninger. Noe av nedbøren vil fordampe tilbake til atmosfæren fra ulike overflater og noe av vannet infiltreres ned i jorda. I jorda kan vannet tas opp i planter gjennom planterøtter eller bli lagret i grunnen som grunnvann. Avhengig av jordsmonnets metningsgrad og permeabilitet, kan deler av nedbøren renne av som overflatevann. Noe overflatevann samles til bekker og elver, som leder vannet til sjø- og havområder. Vannet renner fra skog- og fjellområder og ned til et felles utløp i havet, en innsjø eller en større elv. Fjellkjeder og andre høydedrag utgjør vannskiller.

Grunnvannet fyller porer og sprekker i bakken. Grunnvannssonen er definert som det området som ligger mellom et nedre ugjennomtrengelig lag av tette løsmasser eller berggrunn. Grunnvannets overflate kalles grunnvannsspeilet (Strom 2004). I grunnvannssonen er alle hulrom i berggrunnen fullstendig mettet med vann. I markvannssonen, mellom grunnvannsspeilet og terrengoverflaten er hulrommene i løsmassene fylt med vann og luft (Lindholm et al. 2008).

Andelen vann som infiltrerer i jorda avhenger av flere faktorer. Infiltrasjonskapasiteten i jorda bestemmes av nedbørens intensitet, jordas struktur og vannmetningsgrad, lufttemperaturer og overflatens karakter og permeabilitet. Perkolering skjer når overskuddsvannet i markvannssonen trenger videre ned til grunnvannssonen. Ved stor perkolasjon til grunnen, vil grunnvannsspeilet heves (Strom 2004). Den mengde vann en jordart kan holde på varierer med jordartens kornstørrelse. Vannmengden er høyest for jordarter med små kornstørrelser, for eksempel i leire. Illustrasjonen på side 27 viser en grafisk framstilling av det hydrologiske kretsløpet.

I sirkulasjonen av vannpartikler, fra hav til luft, fra luft til jord, fra jord til elver og sjø, føres en konstant mengde vann. Vannet knytter kontakt med jord, luft og levende plantemateriale i en stor, sirkulær bevegelse. Nedbørmengder varierer enormt fra sted til sted. I ørkenområder er nedbørmengdene minimale, i andre områder kan en årlig gjennomsnittlig nedbørmengde ligge rundt omtrent 1000 centimeter (Hough 2004).

Grøntområder spiller en viktig rolle i det hydrologiske kretsløpet. Vegetasjon stabiliserer skråninger, reduserer erosjon og hindrer at sedimenter vaskes vekk til vassdrag. Rundt 30 prosent av regn som faller på skogkledde områder, vil treffe overflaten på vegetasjon og jordsmonn, hvorfra det fordampes tilbake til atmosfæren (Raven, Evert og Eichhorn 2005). Det øvrige vannet, som ikke renner av på overflaten, vil infiltrere til jordmediet. Jord, planterøtter og organisk materiale i jorda holder på vannet, litt som en svamp magasinerer vannet i porer og hulrom i løsmassene. Sakte, og over tid, vil det vannet som ikke tas opp av planterøtter eller perkolerer ned til grunnvannet, slippes fra løsmassene og renne av til vassdrag.

2.1.2 FRAMTIDENS KLIMA

Klimaet ender seg og nedbørmengdene ser ut til å øke. Regionale klimaprognoser for Norge er nylig belyst i regjeringens NOU-rapport, Tilpasning til et klima i endring, utkommet i 2010. Rapporten indikerer at temperaturer øker i alle årstider over hele landet. Prognosene viser at temperaturøkningene blir størst i vinterhalvåret og minst på sommeren (2010). Rapporten baserer seg på tre mulige klimaframskrivninger for å kunne tallfeste de antatte klimaendringene. Prognosene beskriver at gjennomsnittstemperaturen i Norge forventes å øke med 2.3 grader i de laveste antagelsene, til 4.6 grader i de høyeste klimaframskrivningene.

Klimaforsker Rasmus Benestad ved Meteorologisk institutt i Oslo forklarer tendensene som skisseres opp i regjeringens rapport. Benestad påpeker at temperaturøkningene setter fart på vannets kretsløp. Når temperaturen stiger og jorden varmes opp, øker også fordampningen over havene. Benestad antar at økt fordampning, i prinsipp, vil gi høyere luftfuktighet og mer skydannelse. Vanndamp er en kraftig drivhusgass. En økt mengde luftfuktighet kan ha en stor selvforsterkende effekt, som igjen øker den globale varmingen (Benestad 2010). Mye av overskuddet av den økte fordampningen antas å forsvinne i form av mer nedbør.

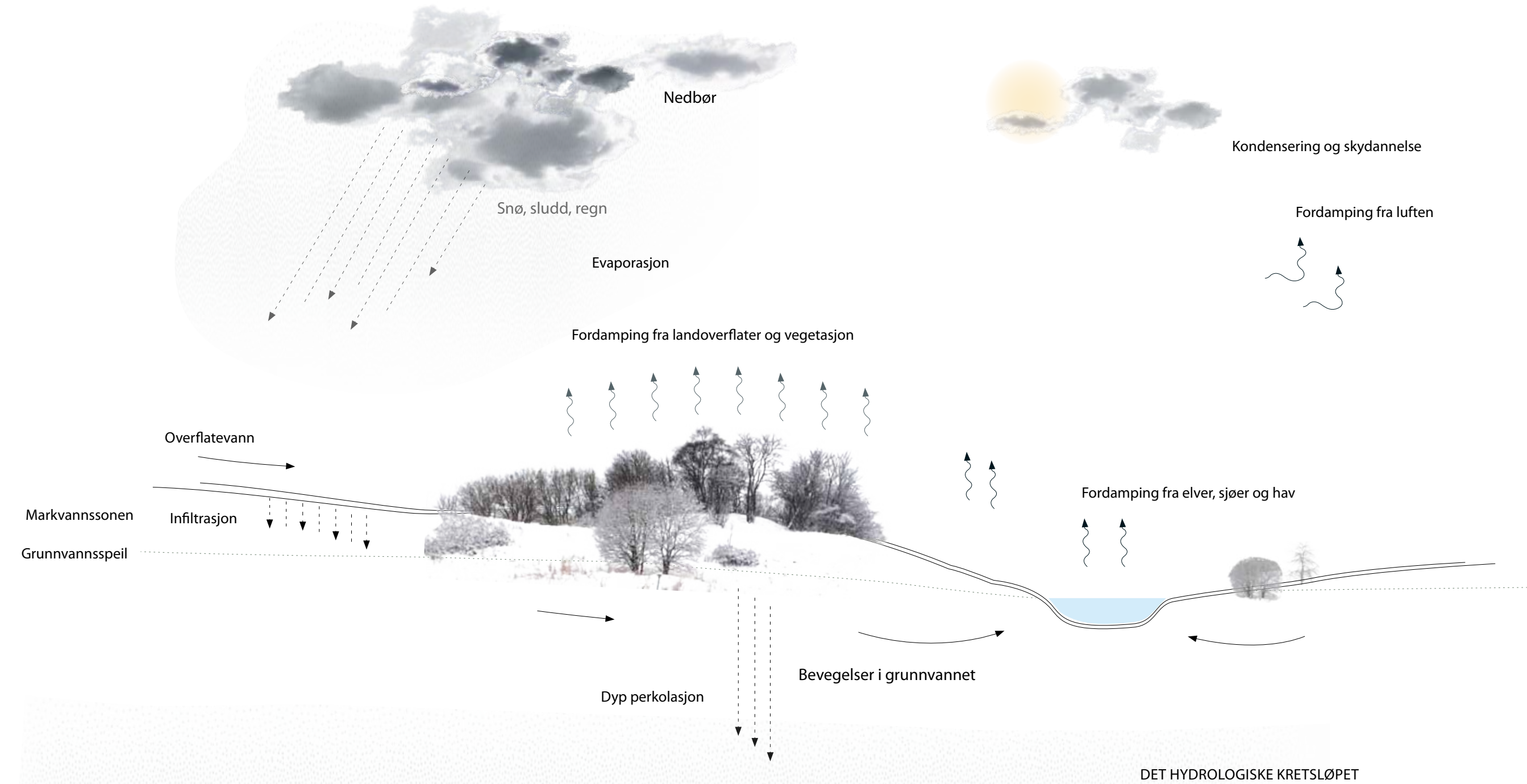
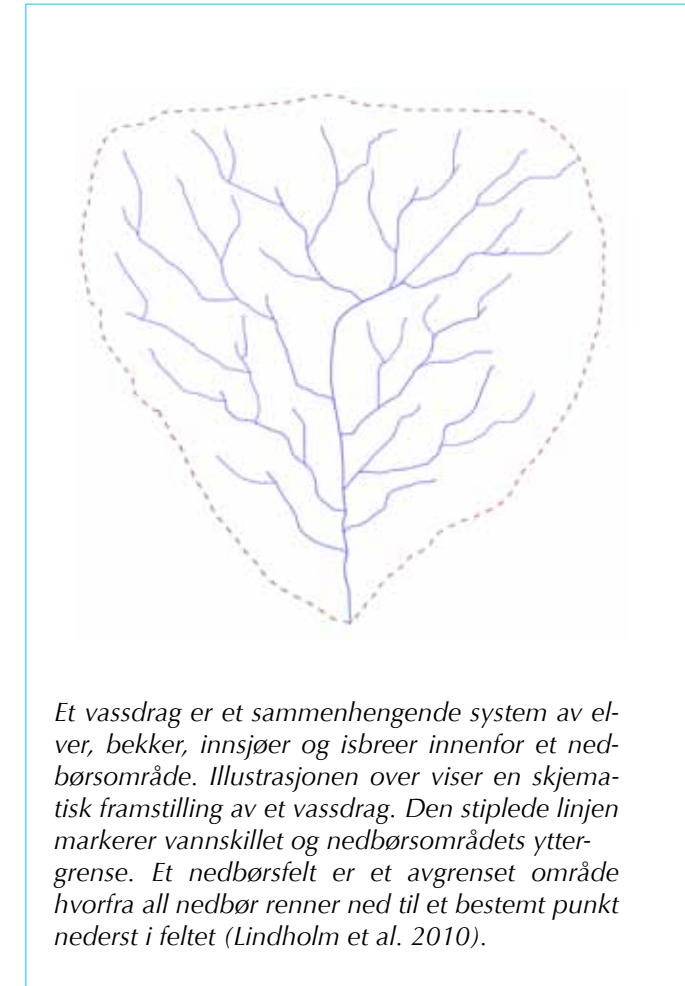
I regjeringens NOU-rapport bekreftes antagelsene om at nedbørmengdene i Norge vil øke i tiden fram mot 2100 og prognosene i rapporten forespeiler flere dager i året med nedbør. Samtidig ser nedbørmengdene ut til å bli kraftigere og mer intense. Den gjennomsnittlige nedbøren i Norge vil øke med 5 til 30 prosent mot slutten av århundret (NOU 2010). Nedbørsøkningen vil være lavest på sommeren, da den trolig vil ligge på omtrent 10 prosent. På høsten, vinteren og våren, vil nedbørsøkningen komme opp i omtrent 20 prosent på landsbasis (NOU 2010).

Rapporten viser også til at temperatur og nedbør vil variere mellom årstider og regioner. Disse

endringene vil ha innvirkninger på andre klimatiske forhold. Rapporten beskriver at havnivået kan stige, snøsesongen kan bli kortere og at vekstsesongen trolig vil bli lengre (NOU 2010). Vekstsesongen i Norge er definert som antall dager med gjennomsnittstemperatur på over 5 °C. Utregninger viser at vekstsesongen kan forventes å øke med rundt 1–2 måneder hvert år (NOU 2010). NOU-rapporten forespeiler videre at risikoen for klimatiske ekstremhendelser vil øke. Regnflommer vil øke i hyppighet og varmebølger, tordenvær og stormer vil trolig forekomme oftere (2010).

Nedbør gir overflateavrenning og avrenningsmengdene er påvirket av lokal temperatur. Temperaturen har stor innvirkning på nedbørens fordampning og temperaturene avgjør hvor mye nedbør som vil falle som snø. I følge NOU-rapporten vil den største økningen i avrenning skje på høsten og på vinteren, og på grunn av de økte temperaturene, vil det forekomme mindre avrenning sommerstid (2010).

NOU-rapporten konkluderer med at med økt intensitet i nedbørmengder vil føre til problematiske situasjoner. Rapporten peker på at det særlig vil oppstå problemer i tettbygde strøk og i byer med tett bebyggelse. I byene legges ikke-infiltrerende, slitesterke overflatebelegninger som asfalt og betong på veier og plasser. Bebyggelse dekker også til og forseglar infiltrerbare overflatemasser. Den naturlige, permeable kvaliteten i løsmassene tildekkes og beleggingene og byggematerialene virker inn på den naturlige hydrologiske syklusen i et nedbørfelt. Den forventede økningen i temperaturer, nedbørmengder, og ekstremnedbørshendelser vil kunne påføre en belastning på tettbygde områder (CIENS 2010).



2.1.3 BYENE VOKSER OG FORTETTES

Byene vokser over hele verden og over halvparten av verdens befolkning bor i urbane områder. I Norge bor opp mot 80 prosent av befolkningen i byer og tettsteder (Miljøstatus 2010). Oslo passerte 600 000 innbyggere ved årsskiftet 2010-11 og prognosene for befolkningsveksten i osloregionen anslår en befolkningsvekst på 1.48 millioner mennesker innen 2030 (Oslo kommune 2010). Ifølge FN's befolkningsavdeling har Stor-Oslo vokst mest av samtlige storbyer i Europa (Aftenposten 2011). Den raske befolkningsveksten i Oslo skyldes i hovedsak arbeidsinnvandring fra EØS-landene, stort fødselsoverskudd og innenlands tilflytting (Aftenposten 2011).

Statlig byutviklingspolitikk i Norge er å satse på fortetting innenfor allerede bebygde områder. Politikken har som målsetting å fremme en bærekraftig og holdbar byutvikling. En kompakt og tettbygget by skal dempe bruk av arealer og redusere behov for transport, bil- og energibruk. Slik blir høy tetthet i byene gunstig i et ressurseffektiverende perspektiv. Målsettingen innebærer å belaste biologiske ressurser utenfor byene i minst mulig grad (Saglie et al. 2007). Fortetningspolitikken utfordrer derimot de grønne områdene som finnes i byens sentrale områder. Til tross for at fortetningsstrategien har som målsetting å ikke gå på bekostning av eksisterende vegetasjonsdekte arealer, blir en stadig større prosentandel av grønne områder nedbygget (Thorén 2010). De grønne områdene kan defineres som arealer i byens randsoner. Det er områder

med urørt naturmark, parker, gravlunder, skoleanlegg, bolig-områder og restarealer i by. I praksis har fortetningspolitikken ført til at andelen forseglede overflater i byen har økt, og at de grønne områdene er kraftig redusert (Thorén 2010).

2.1.4 OVERVANN I BYMILJØET

Tapet av vegetasjon og forseglingen av overflater i byene virker inn på det lokale hydrologiske kretslopet. Når et område bygges ut, endres det naturlige systemet. Overflateavrenningen øker med andel tette flater og tiltettingen av permeable flater. Overflatens beskaffenhet og kvalitet avgjør hvor stor del av nedbøren som renner av som overvann. Rask urban utvikling forstyrrer balansen i vannkretslopet. Forandringen kan bestå av tilfeldig legging av tette flater, til fullstendig erstatning av et naturlige bekkesystem til et system av lukkede ledninger i bakken.

Holdningen til håndtering av vann i bybildet har endret seg over tid og opp igjennom historien. I utbyggingen av byene har vassdrag, elver og bekker blitt lukket og rørlagt under bakken. Vassdrag har blitt nedbygget og fjernet fra bybildet. I ubebygde områder leder vassdrag overflatevannet til større resipienter, som elver, sjøer og hav. Vassdrag opprettholder rom og motstand for de hydrologiske kreftene og gir vannet plass til å fordele seg. Harde, tette asfalterte flater vil hindre at regnvannet som faller mot bakken trenger ned i jordlag, føres til vegetasjon eller ledes til grunnvann. Vannet ren-

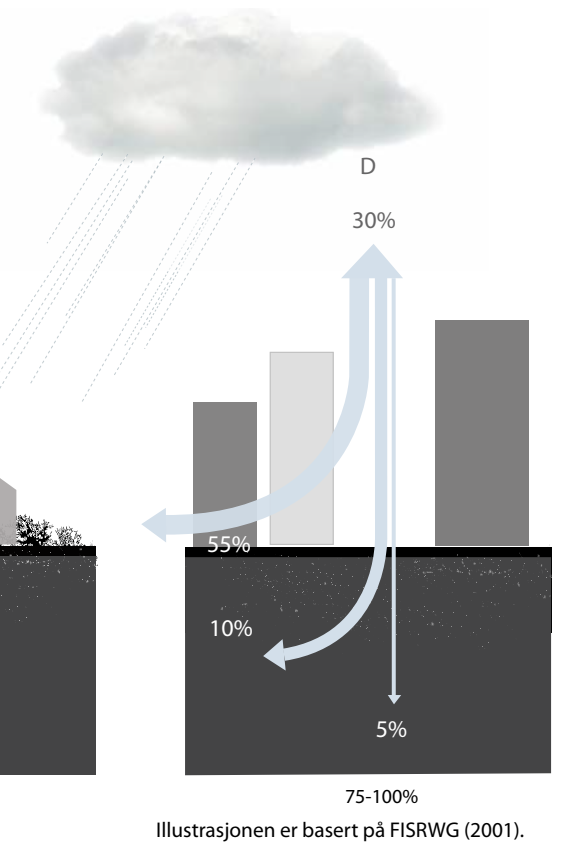
ner av fra tette dekker og kanaliseres til avløpsnett gjennom sluk i gater og veier. I byene renner store mengder overvann av fra veier og gater, parkeringsarealer, gårdsplasser, takflater etter nedbør eller snøsmelting. Avrenningen fra områder med bebyggelse kan være opp mot to til tre ganger så mye som fra grøntområder (Dunnet et al. 2007).

Diagrammet under viser hvordan urbanisering påvirker i det hydrologiske kretslopet i et område. Diagrammet viser at avrenningen er avhengig av overflatens permeabilitet. Tegning A viser et ubebygget område, tegning C viser et fullt ut urbanisert nedbørsfelt. Med utbredt bebyggelse og tilhørende overdekte overflater vil redusere infiltrasjonen til underliggende lag og øke overflateavrenningen. Diagrammet illustrerer at avrenningen på overflatene tiltar med urbaniseringen. Videre viser illustrasjonen at infiltrasjonen til grunnvann avtar med urban utbygging (FISRWG 2001).

Vannkretslopet opererer i alle størrelsesforhold. Kretslopet kan bli karakterisert ved måten vannet trer inn og forlater et område. Det være seg en hage, en gate, en hel by eller et større landområde (Dunnet et al. 2007). En effekt av byutvikling er en kortslutning i vannkretslopet. Når regnvann som faller på bygninger og tette flater transporteres vannet vekk så raskt som mulig til kummer og sluk stanses det naturlige hydrologiske kretslopet og avløpssystemer i byene fører overvannet langt unna det stedet der nedbøren opprinnelig falt. Det

hydrologiske kretslopet avbrytes av belegning, takflater, arealer dekket av veier og installasjoner (Dunnet et al. 2007).

Tekniske løsninger for avløpsnettet har utviklet seg parallelt med lukkingen av vassdragene. I mange bydeler er et avløpsystem som kombinerer overvann- og avløp i ett og samme ledningsnett installert. Flere bydeler fører fortsatt overflatevann sammen med spillvann i fellesledninger for overvann og kloakk. Det moderne avløpsystemet separerer overvann og spillvann i ledningsnettet. Men de underjordiske avløpssystemene er vanskelig å oppgradere og befolkningsøkning med fortetting i byene skjer raskere enn moderniseringen av avløpsnettet kan foregå. Dermed er ledningsnettet i mange byer preget av stor underkapasitet. Store og økte nedbørmengder vil påføre ytterligere belastning på i et system som allerede er underdimensjonert. Belastningene på avløpsnettet kan føre til flomdannelser og oversvømmelser av vann og kloakk. Dette kan bidra til at forurensinger tilføres vassdrag, sjøer og fjord. Dette problemet er gjentakende og synlig i osloområdet. Særlig sommerstid er konsekvensen av kloakkutslipp til Oslofjorden tydelig. Presseklippet vist på side 25 omhandler en slik hendelse. Saken henviser til et tilfelle av kloakkforekomster i Oslofjorden sommeren 2009. Næringsstoffer i kloakkutslippet førte til stor oppblomstring av alger i fjordvannet. Følgene av lekkasjen påvirket brukere av fjorden i sin helhet, og førte til enkelte tilfeller av hudirritasjoner hos badende.



Overflatevann i byer er ofte forurenset. Avrenning fra regn eller snøsmelting kan samle med seg ulike stoffer som finnes i det urbane miljøet. Innholdet i avrenningen er avhengig av arealbruk og de aktivitetene som foregår på stedet. Overflatevannet kan inneholde miljøgifter som tungmetaller, organiske forurensinger, partikler og sedimenter. I trafikkerte områder vil forurensinger gjerne legge seg som et jevnt lag av partikler og tungmetaller på ulike overflater. Slike forurensinger kommer ofte fra så kalte non-point kilder. Dette er kilder som ikke oppstår i et konkret punkt, men som har en spredt utbredelse og opphav (Hough 2004). Støvlag vaskes av i regnskyll og samles opp i avrenningen fra regnet. Salter, samt oljesøl fra biler forekommer ofte i overflateavrenningen i det urbane miljøet. De største konsentrasjoner av miljøgifter finnes særlig i de aller første avrenningsmassene. Studier har vist at de første 2.5 cm med regnvann, vasker med seg ca. 90 prosent av de forurensende partikkelene (Hough 2004). Denne første delen av en større nedbørshendelse i et stort regnskyll kalles gjerne *first flush* (PGC 2007).

2.1.5 MIKROKLIMATISKE FORHOLD I BYEN

Elementer som solenergi, vind, nedbør, temperatur og luftfuktighet utgjør byggeklosser i alle klimatiske forhold (Hough 2004). Disse elementene er påvirket av et steds topografi, landform, vannforhold og vegetasjon. Utbygging og urbanisering forandrer de opprinnelige mikroklimatiske forholdene, og byutviklingen endrer det lokale landskapet.

Oppvarming

Varmen fra solen fordampar vannmolekyler. Solens energi omdanner vannet som samler seg på overflater til vanddamp. I områder med vegetasjon evaporerer vannet fra jordsmonn, plantedeler og bladverk. Denne evaporasjonsprosessen har en nedkjølede effekt. Bymiljøer er dominert av mineralske bygningsmaterialer på veier, plasser og bygninger. Dette er gjerne tørre miljøer med begrenset tilgang og fordamping av vann. Solenergien som går med til å varme opp vannet som finnes i et miljø, fører til en nedkjøling av omgivelsene (Hough 2004). Et fuktig miljø, som består av fuktighet lagret i overflater og i luft, vil ikke bli varmes opp på samme måte som et tørt miljø, bestående av mineralske flater og bygningsmaterialer (Huxley 1992). Områder dominert av horisontale og vertikale mineralske flater, i materialer som betong, asfalt, stein og murstein, absorberer raskt varmen i omgivelsene. I urbane miljøer vil den solenergien som tidligere inngikk i nedkjølingen av fuktigheten i området, brukes til å varme opp materialene i omgivelsene (Hough 2004). Denne varmen lagres og magasineres i bygningsmaterialene og kan føre til

en temperaturøkning rundt 0.5- 2 grader (Botkin et al. 2003). Varmeproduksjonen i bymiljøer styrkes i forbindelse med industri- og bygningsoppvarming, husholdingsaktiviteter og energiproduksjon knyttet til forbrenning av fossilt brensel (Botkin et al. 2003). De tetteste bebygde områdene i byene er de varmeste, og temperaturen faller med at bebyggelsestettheten minker. Temperaturer faller kraftig i randsonen av tettbygde urbane områder, til områdene der bebyggelsen møter naturområder (Hough 2004).

Bebyggelse påvirker urbane sol- og skyggeforhold og innenfor et lite lokalt område kan store variasjoner i soltilgangen oppstå. Dette fører til at temperaturer kan svinge sterkt fra sted til sted. Sydvendte fasader som utsettes for direkte sollys kan bli mye varmere enn de stedene som er skyggelagt. I lav sol vil nesten all bebyggelse gi slagskygge. Eksempelvis vil en bygning på 30 etasjer kaste over 1 km skygge vinterstid (Oslo kommune 2011). Byen blir et oppvarmet punkt, et fenomen som ofte kalles *urban heat island effect*. Som et illustrerende bilde, kan byer til tider minne om noe som tilsvarer klippelandskap eller ørkenlandskap (Byhavenetverket 2002). Slike karrige, tørre landområder bestående av mineralske materialer med manglende fuktighetstilførende vegetasjon har lignende lokalklimatiske forhold som mange eksisterende bymiljøer.

Vind, luftkvalitet og støy

Naturlig ventilering i form av vinder følger fallretninger i terrenget og trekkes innover land langs elve- og bekkeløp i landskapet. I tette bykjerner kan den naturlige luftdrenasjen hindres av bygningsstrukturer og bygningsmasse. Vindens hastighet og strøm blir formet av bygningshøyder, utforming og avstanden mellom byggene. Slik kan byen oppleves som mindre vindutsatt enn åpne, ubebygde områder ettersom bebyggelsen skaper skjermende strukturer som gir ly for sterke vinder. Samtidig kan vindretninger rundt en bygning endre seg brått. Høye hus kan frambringe strømminger av vind på bakkeplan og gi en tunneleffekt for vinden mellom bygningsvolumene. Gatestrukturene kan på denne måten forsterke vindens hastighet i strømminger og kanaler. Et hus som er betydelig høyere enn sine omgivelser, kan føre luftstrømmer ned fra høyden til nivåer på bakkeplan (Botkin et al. 2003).

Luftforurensinger, som ozon, karbondioksid (CO2) og svevestøv genereres i trafikkerte områder. Gasser og partikler fra oppvarming og industri samles og konsentreres i byluft. Vindens bevegelse avgjør om partikler i luften blir stående eller om de transporteres ut av bymiljøet. Partikkelforurensning

gene som følge av kaldt vær, forverrer luftveisplager i befolkningen i byer og tettsteder (Aftenposten 2010). Svevestøv fra luften kan avsettes i lunger og luftveier noe som gir økt risiko for luftveissykdommer, lungebetennelse, lungekreft og hjerte- og karsykdommer. Flere norske byer har innført perioder med restriksjoner i biltrafikken for å bedre kvaliteten i byluft. Det er tørre, kalde områder med mye trafikk som er mest utsatt for det helsefarlige svevestøvet (Aftenposten 2010). Fuktighet i luft og på ulike overflater vil trekke til seg og binde støvpartikler.

Byens harde bygningsflater påvirker akustiske forhold og lydbylde. Store, jevne flater reflekterer lyd og gir en forsterkende effekt på lydkilder og støy. Eksempelvis er den største støykilden i Oslo fra transport som veitrafikk, trikk og T-bane og halvparten av byens befolkning er utsatt for trafikkstøy med et lydnivå over 55 dB (Oslo kommune 2011). Dette lydnivået er tilsvarende en vaskemaskin i et inntiliggende naborom (Vanderheiden 2011).

Bygg- og anleggsvirksomhet kan også være betydelige støykilder. Lydbildet og støy mengden påvirkes av vinkler, retninger og materialtettheten på bygningsflater. En uregelmessig overflate kan bedre de akustiske forholdene i et rom. Det svenske firmaet Vegtech, som spesialisere seg på vegetasjonsteknikk for anleggsbransjen, påpeker at planter luftige bladverk kan fungere som effektive lydabsorbenter (2010). Vegtech viser til eksempler fra Stockholm der støynivået ble redusert etter anleggelse av beplantning på arealer der det tidligere var harde, flate tak- og asfaltdekker (Vegtech 2010). Dette tilfellet viser at vegetasjon kan redusere refleksjonen av lyd i et byrom og virke dempende på lydnivået.

Byjord

Jordsmonn påvirkes av utbygging. Opprinnelige stedegne jordmasser erstattes av masser med grus og pukk som bygningsfundament for bebyggelse og infrastruktur. Som en følge av bygnings- og konstruksjonsarbeider kan områder med eksisterende jordlag utsettes for store belastninger som fører til sammenpakking av jordstrukturen. Bygningsmassen og konstruksjonsarbeidene legger et trykk på jordsmonnet slik at porer i jorda pakkes sammen og luft presses ut.

Med bebyggelse legges asfaltdekker, betong eller steinbelegging som et lokk over jordas overflate. Det tette overflatebelegget stanser infiltrasjon av vann til jordsmonnet. Dette hindrer tilførselen av vann til grunnvannsmagasiner og fører til at grunnvannsspeilet synker. Når grunnvannet forsvinner fra de kapillære porene i jorda erstattes

vannet i porene av luft. Med oksygentilførselen vil det som finnes av organisk materiale i jorda råtne bort og jorda mister materialtetthet, masse og volum (Aftenposten 2010). Sammenrasingen av jordlagene kan lede til store bevegelser og setninger i grunn. Slike setninger i bakkefundamentet kan innvirke på byens grunnmur og bygninger. I enkelte bydeler i Oslo er bebyggelsen preget av slike setninger i bakkefundamentet (Aftenposten 2010). Et av presseklippene på side 25 viser til murgårder, bygget på slutten av 1800-tallet som har store setningskkader.



Byjord er gjerne bygget opp av tilførte mengder grus og pukk.



Grunnen i byer er ofte kompakt og presset hardt sammen. Dette treet står i et jordsmonn som er tett pakket. Overvannet blir stående og infiltrerer ikke godt ned i jorda.

2.2 VANN OG VEGETASJON

Vegetasjon har en stor betydning for vannets kretsløp. I områder med vegetasjon der forholdet mellom sollys, vann, luft, jord og planter er intakt, foregår flere fysiske, kjemiske og biologiske prosesser relatert til vann. Alle levende celler består av vann og planter trenger vann for å utføre sine livsprosesser. Vann er viktig for produksjonen av alt som lages gjennom plantevekst.

2.2.1 RØTTER OG OPPTAK AV VANN

Beregninger av vannets kretsløp i global skala viser at mer enn halvparten av nedbøren som faller over landområder med vegetasjon går tilbake til atmosfæren gjennom fordampning eller evaporasjon (Florgård 1980). Når det regner, fanges nedbør opp av bladverk, greiner og jordoverflater. Solenergi omdanner vannhinner på bladverk og jordoverflater til damp. Vannmengdene som ikke fordampes infiltreres ned i jordsmonnet. Der samles mye av vannet i jordas øvre lag der det tas opp i planterøtter.

Terrestriske planter har et utstrakt rotsystem og kan suge til seg store mengder væske fra jordlagene og opp i planten gjennom røttene. Vann tas opp i plantens røtter gjennom rothår. Rothår er små fine hårstrenger som gir røttene en utvidet, absorberende overflate som tar opp vann og næring (Keefer 2000). Røtter gir et direkte og indirekte bidrag til strukturdannelse i jorda. Når røtter trenger ned gjennom jorda kan rotkanalene bli stående åpne etter at røttene er brutt ned. Plantens vannopptak tørker ut jorda og døde røtter gir opphav til økt mikrobiologisk aktivitet.

Tilstrømming av vann føres fra fuktigere områder til tørrere partier rundt plantens rotsone, ettersom vann transporteres opp i planten. Den jorda som tømmes for vann fylles opp igjen ved neste nedbørstilfelle (Florgård 1980). Røtter kan virke som en armering av jorda. Rotsystemer kan lage et fibrig nettverk som holder planten fast og jorda på plass. Blandet vegetasjon gir en variert og kompleks rotsone som opprettholder ulike porestørrelser i jordas struktur. Dette opprettholder en god infiltrasjonskapasitet for overvann. Resultatene fra et forskningsprosjekt ved Kansas State University, indikerer at samspillet mellom de ulike planterøttene og en variert makrofauna i jorda medvirker til jordmediers porøsitet og dermed også gode hydrauliske egenskaper i jorda (Green 2008).

2.2.2 VANNETS VEI GJENNOM PLANTEN

Vann er transportsystem for plantenæring. Vann og næringsstoffer fraktes opp i plantens lednings-

vev, bestående av xylem og phloem. Dette karsystemet leder store mengder vann og næring til alle plantens deler. Næringsstoffer forflyttes i vannopløsningen, fra jord til stengel og blader vannet fordampes fra planten til luften. Denne vannstrømmen stammer delvis fra et press av vann opp i røttene (root pressure) og en trekkelige kraft ovenifra, forårsaket av transpirasjonen fra bladene (Raven et al. 2005). I planter blir omtrent 99 prosent av røttenes vannopptak sluppet ut i luften som vandamp gjennom transpirasjonen.

Vannet fra jorda passerer nokså raskt gjennom en plante (Florgård 1980). For å unngå unødvendig vanntap og hindre uttørring, er blader dekket av et mer eller mindre ugjennomtrengelig hudlag. Hudlaget er perforert av små hull, som kalles spalteåpninger eller stomata. Stomataen er kontrollert av lukkeceller som styrer gassutvekslingen mellom planten og omgivelsene. Karbondioksid (CO_2) føres inn i planten og oksygen (O) slippes ut, mens vannets gjennomstrømming reguleres i de små åpningene. Selv om stomataporene kun utgjør én prosent av hudlagets overflate, slippes 90 prosent av vanddampen ut gjennom de små åpningene (Raven et al. 2005). Transpirasjonsprosessen i planter kan ligne på effekten når menneskekroppen svetter. Eksempelvis kan et fullvoksent tre transpirere mellom 200-400 liter vann daglig om sommeren (Raven et al. 2005). Evapotranspirasjon er en prosess som består av plantens transpirasjon og fordampning av vann fra jordoverflater og bladverk. Prosessen utgjør den totale mengde vannfordampning fra en plante.

2.2.3 HYDRAULISK LØFT OG GUTTASJON

Planter bidrar til å fordele fuktigheten i jorda rundt seg. Røtter kan strekke seg til dypereliggende jordlag, der røttene suger til seg og henter opp fuktighet. Vannmasser transporteres til grunnere røtter høyere opp i jordlagene til områder som gjerne er tørrere partier. Slik transporteres lavtliggende vannmasser i jorda til jordlag nærmere overflaten. Denne utvekslingen av vann fra fuktige steder til tørrere forhold, bidrar til å utjevne fuktighetsnivåene i jorda og innholdet av vann fordeles seg ut rundt planterota. Denne prosessen kalles *hydraulisk løft* (hydraulic lift) (Raven et al. 2005). Egenskapen forbedrer vannbalansen i jordlagene og gir gode vekstforhold for naboplanter innenfor en plantes omkrets (Raven et al. 2005). Forskning fra Cornell universitetet i USA, viser at en sølvlønn (*Acer saccharum*), et tre som trives i relativt fuktig jord, kan fordele store mengder vann til omkringliggende jordlag. En sølvlønn, med en gjennomsnittlig

Evaporasjon/fordampning. Solenergi omdanner vannhinner på bladverk og jordoverflate til damp.

Transpirasjon. Fordampning av vann fra planten. 99% av vannet som tas opp av planterøttene fordampes ut i luften.

Evapotranspirasjon. Evaporasjon/fordampning fra våte overflater og transpirasjon fra planter.

Damdannelse. Bladverk samler opp regndråper og det dannes dammer i senkninger på jordoverflaten.

Oppsamling. Partikler og løse stoffer samles på overflaten av bladverk og jordoverflater.

Infiltrasjon. Overflatevann trenger ned i jorda til markvannssonen.

Filtrering. Partikler i overflatevannet filtreres i jordsmonnet på vei gjennom jordlagene. Denne fysiske filtreringen samler opp og holder tilbake de fleste partiklene i avrenningen.

Absorpsjon. Vann fester seg til overflater og hulrom i jordmassene der det blir tatt opp i planterøtter.

Adsorpsjon. Ioner i væskeoppløsninger binder seg til en fast overflate. Negativt ladede organiske partikler i jorda adsorberer positivt ladede metaller og næringsstoffer i kjemiske bindinger. Slik samles miljøgifter partikulært når partiklene holdes tilbake i den fysiske filtreringen i jordlagene.

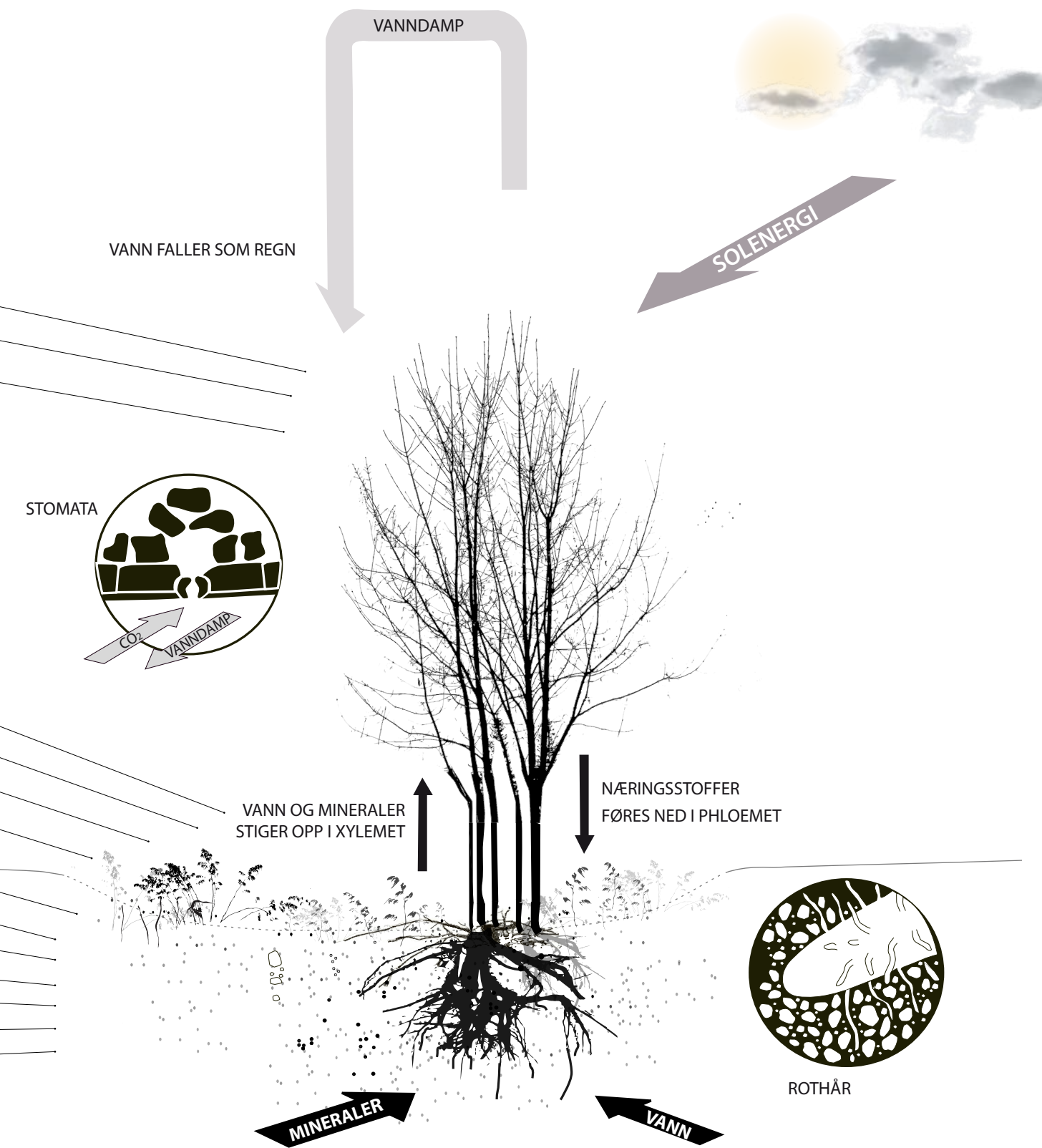
Assimilasjon. Opptak av næringsstoffer og uorganiske stoffer i planterøtter. Ulike plantearter tar opp ulike miljøgifter/stoffer, utover opptak av nitrogen (N) og fosfor (P). Uorganiske stoffer tas opp og omdannes til organiske stoffer i planten.

Nitrifikasjon. Bakterier bidrar til oksidering av ammoniakk (NH_3) til nitrat (NO_3^-), en lett oppløselig form for nitrogen som er tilgjengelig for planter.

Denitrifikasjon. I jord med mye organisk materiale og lavt oksygeninnhold vil mikroorganismer redusere nitrat (NO_3^-) til lystgass (N_2O) og nitrogengass (N_2) når temperaturer er høye.

Degradering. Mikroorganismer bryter ned kjemiske forbindelser i jordmediet.

Dekompostering. Sopp og fauna bryter ned organiske forbindelser i jorda.



Illustrasjonen er basert på The Prince George's Countys *Bioretention manual* og (2007) og Huxley (1993).

høyde på 12 meter, kan forflytte mellom 150-200 liter vann til de øvre jordlagene i løpet av en natt (Raven et al. 2005).

Dugglike dråper på enkelte arters bladverk om morgenen demonstrerer en annen konsekvens av vannets trykk fra røttene i en plante. Tydelige ansamlinger av dråper på bladverk kan være et resultat av en prosess kalt *guttasjon*. Begrepet kommer av det latinske ordet *gutta*, som betyr *dråpe*. (Raven et al. 2005). Dråpene stammer ikke fra vanddugg eller fordamping samlet i luften. Dette vannet er en utskillelse av vann fra planten fra små porer i plantens bladrand eller bladspiss. Porene i bladranden er stomata-åpninger som mangler muligheten for å lukke seg.

Guttasjonsprosessen forekommer mest hos unge planter. Særlig i gress- og sildrearter (Carex og Saxifraga), jordbærplanter (Fragaria) og marikåpe (Alchemilla) foregår en slik prosess (Raven et al. 2005). Disse artene tilfører på denne måten ytterligere fuktighet til omgivelsene og bidrar til stor vannutveksling mellom jord, plante og luft. Fotografiet nederst til høyre viser vanddråper som er utskilt fra bladranden hos marikåpe. Vanddråpene samsles gjerne i ansamlinger i denne plantens karakteristiske skålførmede blader etter utskillelsen.

2.2.4 VANN OG LUFT RENSES

Jord består av mineralsk og organisk materiale. Jord blir dannet når berggrunn brytes ned i fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Organisk materiale tilføres jorda ved plantevekst. Naturlige jordmedier er ofte porøse, avhengig av jordart og partikkelstørrelse i materialet. I jorda er de største hulrommene gjerne fylt med luft. I de små hulrommene adsorberes vann til partiklenes overflater og hulrom. Vannet legger seg som en tynn hinne rundt korn og aggregater ettersom vannet blir sterkere tiltrukket av det mineraliske materialet i jorda (Keefe-r 2000).

I tillegg til at vann adsorberes til det mineraliske finstoffet i jorda, bindes vann også til jordpartiklene på grunn av kapillære krefter. Kapillære krefter innvirker på vannets stighøyde i jordlagene. Når diameteren på hulrommet minker, stiger vannet oppover i jordlagene. Vann renner altså raskere ut av de største porene i jorda. Slik vil vann drenerer raskere ut av sandjord, en jordart med nokså grove porer, enn fra en finkornet, leirholdig jordtype (Keefer 2000).

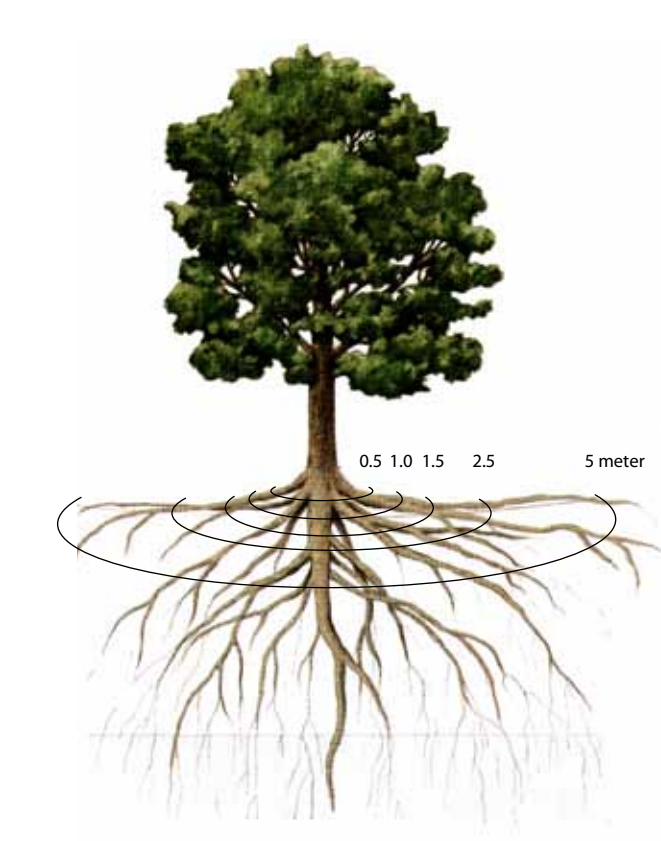
Vann kan renses både i fysiske og kjemiske prosesser i forbindelse med plantevekst og infiltrering i jordmedier. Når vann siver ned i jordlagene skjer

en fysisk filtrering. Filtreringen holder tilbake og samler partiklene i avrenningen. Ved å samle opp løse partikler i vannmassene vil partikulært bundede miljøgifter følge med. Slik vil sedimentering og filtrering samle det meste av eventuelle foruren-singer og miljøgifter i vannet (Florgård 1980).

I kjemiske prosesser kan de fleste foruren-sningskomponenter i vannmasser feste seg partikulært til finstoff i jorda. Overvann med kjemiske forbindelser absorberes til hulrommene i jordlaget. De negativt ladede organiske partiklene i jorda trekker til seg positivt ladede ioner i miljøgifter i overvannet. Eksempelvis er metaller som bly (Pb) og kobber (Cu) positivt ladet (Muthanna 2007).

Løste kjemiske forbindelser i vannmasser kan tas opp i plantene gjennom planterøttene. Næringsstoffer og miljøgifter som er oppløst i vannet i jorda fraktes opp i planten og lagres i plantens deler, som stengel og blad. Stoffene adsorberes og assimileres i planten. Oljekomponenter, tjærestof-fer, bensin, tungmetaller, eller blandingsforuren-sing kan tas opp i planter fra jord i rotsonen. Foruren-singer i jordmassene som blir tatt opp i planten, kan enten bli omdannet eller lagret i plantedeler eller bli utskilt med transpirasjonsprosessene (Raven et al. 2005). Andelen foruren-sing som blir tatt i planten bidrar til vegetasjonens totale renseevne. Planteprosessene inkluderer også planters opptak av næringsstoffer som fosfor og nitrogen i egne komplekse prosesser.

Vegetasjon tar opp karbondioksid, og oksygen produseres i planters bladverk i fotosyntesen. Bladverk trekker til seg luftbårne støvpartikler til uregelmessige bladoverflater og bladstrukturer. Bladene kan holde på støvpartikler til de vaskes av i regnskyll. Disse prosessene vil bidra til å rense og friske opp luften. Planters myke og teksturer-te overflate kan virke dempende på lyd og støy i visse miljøer.



Illustrasjonen viser effekten av hydraulisk løft rundt et tre. Jo nærmere treet en plante vokser, jo mer vil planten dra nytte av trets hydrauliske evne. Illustrasjonen er tilrettelagt etter Raven et al. (2005).



Guttasjon er en prosess som lar vann pipler ut fra stomata-åpninger i bladranden hos en plante. I dette tilfellet hos en stormarikåpe (Alchemilla).

2.2.5 BEPLANTING OG STEDEGNE ARTER I BY
Byutvikling og utbygging påvirker et område og med urbanisering endres et tidligere ubebygget område. Elementer som lysforhold, temperaturer, vann- og vindforhold endres i utbygging av byer og i fortetting av bymiljøer.

Grøntstruktur defineres som et nettverk av vegetasjonsdekte arealer innenfor et geografisk område. Med grønstruktur tilhører vannkilder av forskjellige slag. Dette er gjerne elver, vann, tjern og våtmark. I tillegg til at grønstrukturen har betydning for mikroklimaet, luftkvalitet og støy i et byområde, gir grønstrukturen livsgrunnlag og spredningsmuligheter for biologiske ressurser som planter og dyr (Nyhuus 1991).

Fra det amerikanske kontinentet har vi et tydelig eksempel på hvordan utbygging har endret livsgrunnlaget for arts mangfold. Her har utbygging og urban utvikling ført til et stort tap av plantearter og artsutbredelse og artsvariasjon synker over hele kontinentet. Diskursen omkring bruk av stede-gne vekster har dermed økt i aktualitet i USA. Flere amerikanskproduserte publikasjoner for overvannshåndtering med bruk av vegetasjon, inneholder plantelister som fokuserer på bruk av lokale og stede-gne vekster i overvannsanlegg og regnbed. Flere av de truede artene har opprinnelse fra typisk prairie- eller engvegetasjon (MSD u.d.). Disse plantene er viltvoksende, gressaktige planter, mange med en uanselig og forsiktig blomstring. Manualene peker på at overvannshåndtering med vegetasjon er en ny mulighet for å rette opp noe av artsutryddingen som skjer på kontinentet. En utbredt oppfatning er at regnbed i private hager og offentlige sammenhenger kan bidra til å styrke den utrydningstruede amerikanske floraen (MSD u.d.).

Hjemmehørende arter, eller stede-gte materiale, kan defineres som plantearter som formerer seg naturlig på et sted uten innblanding fra mennesker. Artene har gjennom naturlig utvalg tilpasset seg de lokale forholdene, som klima, jordsmonn, temperaturer og daglengde (Hageselskapet 1986). Spørsmålet om hvordan beplantninger kan reetableres i byområder der opprinnelig vegetasjon er endret eller fjernet, tas opp av James Hitchmough og Nigel Dunnet i boken *The Dynamic landscape*. Også restaureringsøkolog i Vegdirektoratet, Astrid Skrindo, er engasjert i tematikken. Skrindo påpeker at en rødlistet og utrydningstruet art godt kan flyttes fra et miljø til et annet, med det formål å styrke artens utbredelse. Når stede-gne og rødlistede arter flyttes til urbane miljøer, påpeker Skrindo at arten ofte ikke fungerer som noe annet en sjeldenhet i en ny kontekst (2010). Bymiljøets vekstforhold og miljø gjør

at en planteart som tidligere hadde en geografisk tilknytning kan virke fremmed i den nye sammenheng den er satt inn i (Skrindo 2010). Hvis arten ikke plasseres i en sammenhengende grønstruktur, men isoleres i det urbaniserte miljøet, kan konsekvensen være at arten ikke vil utvikle seg i samspill med de nye omgivelsene på samme vis som den gjorde i sitt opprinnelige miljø (Skrindo 2010). Hvis de forflyttete plantene plasseres som isolerte og fragmenterte vekster uten sammenheng med en større struktur, kan effekten og verdien av beplantningen nærmest bli museal eller kun gi en kosmetisk eller dekorativ effekt, ifølge Skrindo (2010). I forhold til en helhetlig planlegging av overvannsanlegg med vegetasjon i norske byer, mener Skrindo, at det kan være verdifullt å plante ut de samme artene som vokser oppstrøms i vassdraget. Slik kan overvannsbeplantningen lettere bli en del av et vannsystem eller en del av en grønstruktur som allerede eksisterer i området. Naturmangfoldet som finnes oppstrøms langs en elv, danner grunnlaget for videreutviklingen av arter i nedenforliggende arealer. Slik kan naturmangfold trekkes nærmere bykjernen fra omkringliggende vassdrag, elver og grøntområder (Skrindo 2010). Naturen gis på denne måten et større spillerom, også inne i byene og det kan legges til rette for bruk av lokale arter i randsoner av urbane områder (Skrindo 2010).

Selv om regnbed er overvannsløsninger som er forholdsvis små, punktvis tiltak, kan det store helhetlige sammenhengen vurderes. Landskapsarkitekt Christina von Borcke, argumenterer i sitt essay 'Landscape and nature in the City' for bruk av biologisk mangfold i bylandskapet. Borcke peker på at hjemmehørende arter, generelt sett, har større tiltrekningskraft på det lokale dyrelivet enn innførte arter har (2008). Borcke mener allikevel at dette ikke utelukker bruken av innførte og kultiverte arter i byene. Hun peker på at bruken av innførte arter, som hageplanter og landskapsplanter, ofte egner seg godt i bymiljøer på grunn av sine robuste egenskaper og slående form. Landskapsplantenes evne til å kunne vokse i stressede og foruren-sede miljøer er nokså gode, påpeker Borcke (2008).

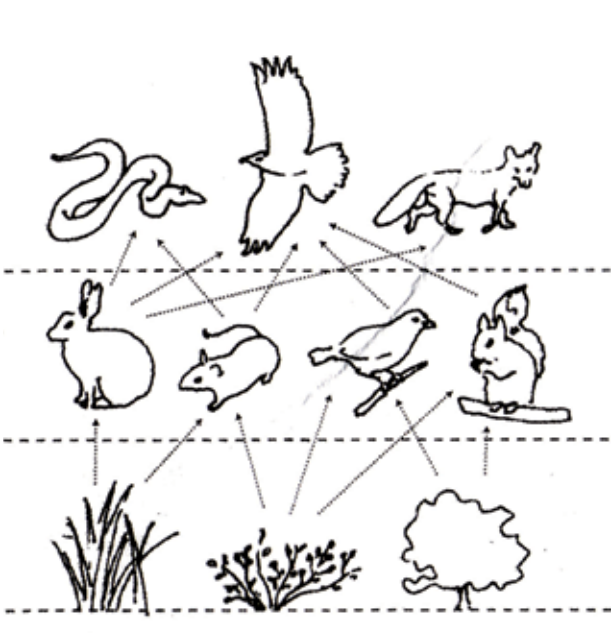
Biologisk mangfold, eller biodiversitet, er summen av arts mangfold, genetisk mangfold og økologisk mangfold i et område. Biologisk mangfold er et begrep som omfatter alle variasjoner av livsformer, som planter, dyr og mikroorganismer og arvestof-ene deres. Begrepet inkluderer også det samspillet artene er en del av (Sabima 2011). Planter er generelt sett en kilde til mat og ly for insekter, fugler og små dyr og varierte beplantinger i ulike sjiktinger kan gi levesteder for arter av ulike typer.

Dette samspillet mellom forskjellige organismer i naturen opprettholder næringskjedene. Reduksjon eller utrydding av enkeltarter kan påvirke balansen og gi skadevirkninger for andre arter, og for de prosessene som menneskene er avhengige av. Dette være seg klima, sirkulasjonen av vann og jordsmonndannelse (Sabima 2011).

Planter utvikler seg gjerne i sammensatte samfunn. Et plantesamfunn som får vokse fritt og urørt, inneholder planter som lever sammen i et mer eller mindre fast innbyrdes mengdeforhold. Samfunnene består av arter som trives under et likt sett av miljøforhold, og i hverandres fellesskap (Botkin et al. 2003). Et plantesamfunn er en samling vekster som har de samme krav til voksested, næring, vann-og lystilgang. For å konstruere robuste og balanserte beplantninger i byer, kan en teknikk være å la naturlige biotoper inspirere til etterligninger av de naturlig tilvokste artssamfunnene. En lik robusthet og styrke i plantevekst kan gi et balanse i en konstruert plantesammensetning. Videre kan konstruerte beplantninger inngå i en overordnet plan for å forsøke å etablere vegetasjonsarealer i sammenhengende områder og habitater i byen. Dette kan bidra til å styrke artsrikdom og oppret-telsen av verdifulle områder med et mangfold av planter.

Vegetasjonsrådgiver og biolog Tanaquil Enzenberger mener at konstruerte grønntanlegg i byene, både større og mindre, kan bidra til å opprettholde stedstilhørende vegetasjon. Enzenberger framhever at Oslo er en by med flere åpne kanaler i form av elver med tilhørende vegetasjon (2011). Selv små felter, som 'øyer' og kanaler kan utgjøre verdifulle områder med stort og variert arts mang-fold. Enzenberger påpeker videre at et rikt arts mang-fold har positiv innvirkning på menneskers trivsel og opplevelse. Plantesamfunn, naturlig tilvokste eller konstruerte, danner dynamiske økosystem som endrer seg over tid. Disse stadige forandringene i vegetasjonen, som synlige årstidsvariasjoner, kan være viktig for generell folkehelse i byene (Enzenberger 2011).

Varierte plantesamfunn har fysiske og estetiske egenskaper og artsvariasjonen i et overvannsanlegg opprettholder infiltreringsevnen i jordlagene. I varierte plantesammensettinger er det mindre risiko for at hele plantesamfunn dør hen. I en mangfoldig plantesammensetting vil de ulike artene bidra til at beplantningen om helhet rustes til å kunne motstå sykdommer, insektangrep, og miljøforandringer (Botkin et al. 2003). Om noen arter utgår, er det mulighet for at andre arter kan overleve og opprettholde planteveksten i anlegget.



Livsformer i et økosystem. Ill.: Yeang (2006).

2.2.6 NATURBASERTE OVERVANNSLØSNINGER ETTER URBANISERING

Forestående kapitler har vist at urbanisering skaper store endringer i den eksisterende hydrologien i et område. De fleste byer, tettsteder, bolig- og næringsutbygging er bygget i en tid før bevissthet om et helhetlig overvannssystem kom til. Mye av den opprinnelige naturmarken og grønne, vegetasjonsdekte arealer er bygget ned til fordel for bebyggelse, plasser og veier.

Diagrammet under viser forholdet mellom avrenning før og etter urbanisering av et område (**stiplet og heltrukket linje**). Den **stiplede tidslinjen** viser vannavrenningens oppførsel fra nedbøren treffer bakken, til den avtar innenfor det urbaniserte nedbørsfeltet. Kurven viser at avrenningsmengdene stiger meget raskt på overflaten straks regnet møter tette og ikke-permeable byflater. Kurven viser at forholdsvis store nedbørsmengder raskt gir store avrenningsvolumer noe som fører til brå og store flomtopper i de urbaniserte områdene. Det grå feltet ved den **stiplede linjen** markerer denne flomtoppen. Slike flomtopper kan påføre store skader på bebyggelse og infrastruktur.

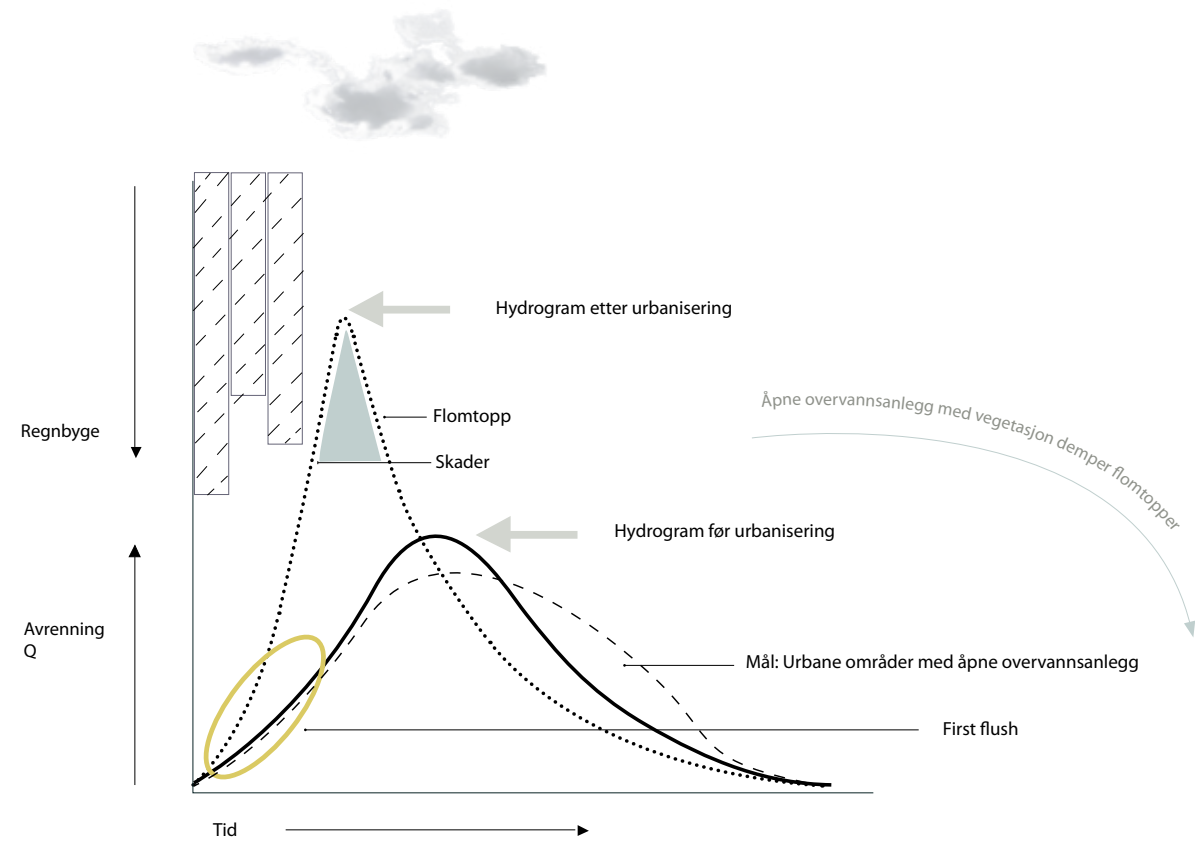
Den heltrukne svarte linjen viser avrenningsmønsteret for overvann i områder som ikke er urbanisert. Dette er områder som består av åpen naturmark og arealer dekket av vegetasjon. Denne kurven viser at avrenningen i dette området strekker seg ut i tid. Kurven reiser seg saktere og avrenningsintensiteten er mindre kraftig. Kurven når ikke opp til de skadelige flomtopphendelsene.

Den tredje linjen i diagrammet (**grovstiplet linje**) viser hvordan avrenningen oppfører seg i et urbanisert område som har innført åpne overvannsanlegg med vegetasjon. Denne kurven reiser seg saktere og kommer ikke opp i flomtopper slik den stiplede kurven gjør. Overvannsanleggene har påvirket overflateavrenningen i dette området. Det grå feltet viser at avrenningen som tidligere kom opp til et skadelig flomtoppnivå, nå er forsinket og holdt tilbake. Infiltrerende jordsmonn og vegetasjon har forsinket overvannet slik at flombelastningene ikke forekommer (Florgård 1980). Den gule sirkelen ved avrenningskurvenes tidlige fase markerer vannavrenning som er forurenset av overvann, såkalt *first flush*. Dette fenomenet er beskrevet på side 29.

Diagrammet viser at åpne overvannsanlegg med vegetasjon kan føre til en demping av overflateavrenningens intensitet og hastighet. Overvannsanlegg med vegetasjon oppretter kontaktflater mellom jord, planter og vann i urbane områder. Områder med vegetasjon gir punkter der avrenning kan infiltrere til grunnen. Diagrammet

viser en visuell framstilling av den flomdempende effekten som tilkommer med anleggelse av overvannstiltak i by. Diagrammet beskriver effekten av en endring som kan tyde på et *måten* byene bygges på som har stor effekt på urbanhydrologien, ikke nødvendigvis de store nedbørsmengdene.

Naturbaserte overvannsanlegg kan designes slik at de etterligner tidlige hydrologiske forhold. Anleggene kan gjerne utføres trinnvis, og opprettelsen forsøker å finne tilbake til tilstander før utbygging fant sted, altså forut for tiltettingen av tidligere permeable flater (PGC 2007). Basert på de forestående kapitlene ser vi at gjeninnført vegetasjon kan tilføre en mer verdi til bymiljøet, utover de hydrologiske egenskapene. De naturbaserte overvannsanleggene gir et samspill mellom funksjon og estetikk i løsninger som fyller flere behov. Overvannsanlegg som kombinerer vann, jord og vegetasjonsbruk, fremmer variert plantevekst i bymiljøer. Med lokale, naturbaserte overvannstiltak vil vannets bevegelse opprettholdes gjennom jord, planter og luft, og bidra til økt og variert økologisk mangfold (Thorén 2010). Vegetasjon tar opp karbondioksid (CO₂) fra luften, og oksygen (O) produseres i planters bladverk. Bladverket trekker til seg luftbårne støvpartikler til bladoverflater. Bladverket samler og holder på støvpartiklene til de vaskes av i regnskyll. Økt vegetasjonsbruk i by vil tilføre myke og uregelmessige overflater som virker absorberende på lyd og støy. Tilførselen av fuktighet fra planter til tørre bymiljøer gjør at temperaturer stabiliseres og at luft friskes opp. I tillegg kan vegetasjon gi beskyttelse og ly for kanaliserte vinder, og gi skygge på varme dager (Borche 2003).



Diagrammet viser forholdet mellom avrenningsforløp i områder før og etter urbanisering (stiplet og heltrukket linje). Diagrammet viser også hvordan åpne overvannsanlegg i urbaniserte områder kan påvirke overflateavrenningen (grovstiplet linje). Diagrammet er basert på Florgård (1980).

OPPSUMMERING

- Det hydrologiske kretsløpet foregår i stor global skala og er synlig og effektivt på småskala nivåer. Med klimaendringer øker nedbør og temperaturer i intensitet over hele landet. Regnflommer vil øke i hyppighet og varmebølger, tordenvær og stormer vil trolig skje oftere.
- Urbanhydrologiske problemer er store i de fleste byer. Problemene er knyttet til forsegling av permeable jordoverflater og bortledning av regnvann i avløpsnett langt vekk fra der regnet falt. Utbredt bruk av forseglende overflatebelegg og mangel på vegetasjon gir synkende grunnvann og setningskader på bygninger, forurensinger av vassdrag grunnet overbelastede avløpsnett, oppvarmede og tørt byklima preget av, vinder, støy og støv.
- Vegetasjon har egenskaper som kan bidra til å gjenopprette det hydrologiske kretsløp i urbane områder samtidig som det tilfører andre positive sider til bymiljøet utover å transpirere store vannmengder, infiltrere og rense avrenning.
- Vegetasjon samler svevestøv, kan virke støydempende, tilfører fuktighet til luften og kan bidra til å skjerme for vindstrømmer.
- Ulike planters stedlige tilknytning er ofte ikke av stor betydning i bymiljøer, ettersom opprinnelige vekstforhold er sterkt endret med utbyggingen. De stedlige aspektene er viktigere når en beplantning står i en større sammenhengende grøntstruktur.
- Både plantemateriale som hageplanter, landskapsplanter, innførte arter og stedeget materiale kan fungere godt i overvannsanlegg og være robuste plantesammensettinger i byer.
- Naturlig tilvokste plantesamfunn har ofte en god balanse mellom de ulike artene. Slike samfunn kan gi inspirasjon til plantesammensettingene i konstruerte overvannsanlegg med vegetasjon.
- Naturbaserte overvannsløsninger er desentraliserte, småskala anlegg som har en fordøyende og flomreducerende effekt i urbaniserte områder preget av tette overflatedekker. Diagrammatisk framstilling peker på at flomdannelse før og etter urbanisering viser tegn på at det er *måten* byene bygges på som har størst effekt på urbanhydrologien, ikke nødvendigvis økte og intensiverte nedbørsbygger.



3.1 OPPBYGGING OG KONSTRUKSJON AV REGNBED

Regnbed er åpne overvannsanlegg med vegetasjon. Anleggene er terrestriske og etterligner fysiske, biologiske og kjemiske prosesser i naturlig eksisterende miljøer. Regnbed som overvannsløsning drar nytte av de kjemiske, biologiske og fysiske egenskapene som oppstår i kontakten mellom planter, jord, luft og lys.

Overvannsløsningene er enkle modeller for tilbakeholdelse, infiltrasjon, fordampning og rensing av overvann. Regnbed er nedsenkninger i terrenget med blandet vegetasjon som håndterer avrenning fra omkringliggende områder. Med blandet vegetasjon oppstår en variert og kompleks rotsoner i jordlagene som bidrar til å bevare en porøs og luftig jordstruktur. Dette opprettholder overvannets nedslivingssevne og regnbedets infiltrasjonskapasitet over tid. I konstruksjonen og oppbyggingen av regnbed inngår følgende aspekter:

- innløp til anlegget
- forsenkning i terrenget
- sandjordsmonn for infiltrasjon og plantevekst
- drenerende jordlag
- overløp ut av anlegget
- vurdering av plassering
- dimensjonerende beregninger
- vurdering av egnet plantemateriale

Prinsippkissen under viser en oversikt over regnbedets oppbyggende deler.

3.1.1 INNLØP

Regn gir avrenning fra overflater, og ved store nedbørsmengder kan betydelige vannmasser renne av til et konstruert regnbed. Regnbedet kan bygges opp med tydelige innløpsrenner eller konstrueres slik at overflatevannet renner med fall inn i anlegget. Vannmasser kan påføre store trykkbelastinger på regnbedets innløp. Overvannet kan også føre med

seg forurensende miljøgifter. Belastningen fra vannmasser reduseres ved å lede overvannet gjennom et filtrerende areal av gress eller grus ved anleggets innløp. Dette arealet vil filtrere ut eventuelle forurensinger i overvannet samtidig som det jevner ut massebelastningen og reduserer avrenningens hastighet. På denne måten kan skyllerenner i regnbedets overflate forhindres og partikler, sand og bladeer fanges opp i det filtrerende gress eller grusbeltet (PCG 2007). Innløpet til et regnbed kan plasseres på flere punkter, slik at belastningen av vannstilstrømmingen fordeles på ulike steder.

3.1.2 FORSENKNING I TERRENGET

Regnbed er konstruert slik at vann infiltrerer grunnen så raskt som mulig uten å danne dammer eller akvatiske våtmarksforhold. Regnbedet skal gi overvannet lengst mulig vei å renne, før det eventuelt når anleggets utløp ved de ekstra store regnskylene. Konstruksjonen skal tillate overflatevannet å sive ned i jordmassene i løpet av omtrent to døgn og den stående vannhybden skal ikke overstige 15-20 cm. Hvis overvannet blir stående over lenger tid, kan forholdene gi vekstvilkår for mygg og andre insekter (Wallace 2009).

3.1.3 JORDSMONN FOR INFILTRASJON OG PLANTEVEKST

Jordbunnsforhold og vandynamikk spiller en avgjørende rolle for regnbedet funksjon og anleggets jordsmonn må ha en klart definert struktur. Jordsammensetningen i et regnbed bygges gjerne opp rundt forholdet, 50% sand, 10% leire og 40% organisk materiale. Denne jordblandingen faller inn under kategorien *Sandig lettleire* på jordartstrekanten (Muthanna 2007) som vist på jordartstrekanten under. Med denne jordblandingen vil infiltrasjonskapasiteten i regnbedet være lik kapasiteten i sandholdig jord (Muthanna 2007). Innhol-

det av leire og organisk materiale i jordblandingen gir en fordrøyende effekt på overvannet samtidig som det gir gode forhold for plantevekst. Leirjord binder forurensinger i regnvannet lettere enn sandig jord med større partikler og leirinnholdet bidrar til å rense forurenset overvann (Københavns kommune 2009).

Dybden på jordlagene i regnbedet kan variere avhengig av hvilket plantemateriale som skal benyttes. Et regnbed for stauder kan være grunnere enn et regnbed for trebeplanting. Ved bruk av trær kan regnbedet ha en dybde på rundt 1.5 meter. For å sikre gode forhold for planterøtter kan et rotvennlig forsterkningslag legges inn til regnbedet. Slike arealer bygges opp av pukk og plantjord og skal ikke komme i kontakt med regnbedets infiltrasjonskapasitet (Muthanna 2007).

Sandholdige jordlag er porøse og inneholder mye luft, noe som tjener planter og røtters trivsel og helse. Regnbed kan bygges opp av stegde jordmasser som blandes ut med sandig jord. Slik kan leirtett jordsmonn blandes med sandige jordmasser for å gi jordlaget i regnbedet den ønskede drenerende evnen (PCG 2007).

3.1.4 DRENERENDE JORDLAG OG OVERLØP

Et nedre jordlag av grusblandet vekstjord fyller bunnen i et regnbed. Gruslaget skal sikre god infiltrasjon til de underliggende, stegde massene. En fiberduk mellom det finere sandlaget kan hindre nedslivning av finstoff til det underliggende gruslaget. Vannets bevegelse kan trekke med seg fine partikler nedover i jordlagene, og fiberduken skal hindre gjentetting av hulrommene mellom småsteine i det grovere gruslaget.

Gruslaget kan anlegges med eller uten drenerende rør i bunnen. Perforerte drensør hindrer eventuell flomdannelse, og rørene sikrer at over-

skuddsmasser av vann føres sikkert ut av anlegget. Et drensør vil føre overvannet ut av regnbedet og lede det til eksisterende avløpsnett eller et område avsatt som flommark (PGC 2007).

Et regnbed kan anlegges uten drensør. I store regnskyl vil et regnbed uten drenerende rør flomme over, og overskuddsmasser vil renne over regnbedets kanter. I slike tilfeller er det viktig å sikre at vannmassene renner til avløpsnett via sluk eller til et inntilliggende flommarksområde.

En plantes røtter er på kontinuerlig jakt etter vann. Stående vanddammer i drensør kan tiltrekke seg stor rotaktivitet slik at rør tettes eller skades av plantevekst. For å unngå stående vann i drensørene, kan rør plasseres med et fall, slik at det tømmes vann. En helningsgrad på 2-3% er tilstrekkelig for at vannavrenningen skal skje. Ved å gi planterøtter romslige forhold og plass til å vokse, vil sjansen for at røtter søker seg til anleggets rørsystem også reduseres (Muthanna 2007).

Eksisterende jordbunnsforhold må undersøkes for grunnforurensing før anleggelse av regnbed. Dette er for å unngå at infiltrerende vann-masser trekker med seg forurensinger ned til grunnvann og resipienter (Wallace 2009).

3.1.5 PLASSERING

Regnbed er forsenkninger i terrenget, og plasseringen av anlegget bør legges i et av områdets laveste punkter. Terrenget må helle vekk fra bygningsmasse for å unngå vannskader. Avstanden mellom et regnbed og en bygning med kjeller må være minimum 5 meter. Hvis bygningen ikke har kjeller holder det med en avstand på 2 meter (PGC 2007).

Aspekter ved dimensjonering og vurdering av plantemateriale følger på de neste sidene.

3.2 MANUELL BEREGNING OG DIMENSJONERING AV REGNBED

Det er mange faktorer som påvirker vannets bevegelse i et felt. Som vist tidligere i denne oppgaven vil deler av nedbøren som faller til overflaten fordampe tilbake til luften, noe vil henge igjen på vegetasjon, blader og markoverflater og noe vil infiltreres til grunnen.

Alle overvannsanlegg skal ha en størrelse og dimensjon som svarer til de vannmengdene som strømmer til det aktuelle området. Urbanhydrologer eller VA-ingeniører er faggrupper som dimensjonerer overvannsløsninger. Ved dimensjonering av små overvannstiltak, i mindre nedbørsfelt, beregnes ofte anleggets størrelse ved bruk av manuelle utregningsmetoder. Manuelle metoder er blant annet brukt av Statens vegvesen samt ulike kommuner landet over, for dimensjonering og anleggelse av små overvannsanlegg. Beregninger utført med den hydrologiske datamodellen MOUSE gir sikrere behandling av meteorologiske data enn de manuelle metodene (COWI 2005). Slike metoder benyttes for større overvannsanlegg.

3.2.1 OVERFLATENS KVALITET OG PERMEABILITET

Overflateavrenning er en hinne av vann som renner av på ulike overflater. Forholdet mellom avrenning og nedbørsmengde kan tallfestes i en avrenningsfaktor eller koeffisient. Avrenningskoeffisienten er avhengig av overflatens permeabilitet, kvalitet, fallforhold og metningsgrad av vann i jorda, samt regnets intensitet og varighet (Lindholm et al. 2010). Avrenningskoeffisienten beskriver hvor stor del av nedbørsfeltet som gir tilrenning til regnbedet. Materialer, form, fall og størrelser vil være avgjørende for hvor mye vann et element kan ta imot eller lede videre (Lindholm et al. 2010).

Treleddet strategi

Figuren under viser tankegangen bak den treleddede strategien som ligger til grunn for overvannshåndtering og etablering av anlegg. Prinsippet er at de aller fleste regnbygger skal fanges opp og infiltreres i overvannsanleggene. Anleggene skal kunne forsinke og fordrøye avrenningen fra små og store regnbygger. Regnbed som overvannsløsning fungerer som avlastende tilskudd til det eksisterende avløpsnettet ved de aller største regnbygene. For regn større enn 40 mm må alternative flomveier sikres for å avlede disse sjeldent store vannvolumene på en trygg måte. Alle regnbed må anlegges med overløp til ordinært avløpsnett eller anlegges med arealer som tillater oversvømmelse, slik beskrevet på foregående side. Regnbed dimensjoneres slik at det følger treleddsstrategien for håndtering av overvann. Metoden skal gi trygg avledning og håndtering av overvann ved å infiltrere den minste nedbøren lokalt, forsinke den større nedbøren og gi trygg bortledning av den største nedbøren (Lindholm et al. 2008).

3.2.2 DEN RASJONELLE FORMEL

Regnbed er forholdsvis små overvannstiltak. Ved avrenningen fra felt som er mindre enn 2-5 km² kan dimensjonering av overvannsanlegg beregnes manuelt. De manuelle beregningsmetodene gir tilstrekkelig dimensjoneringsgrunnlag for anleggelse av regnbed. Manuelle beregninger gjøres ved bruk av den rasjonelle metode (Bergen kommune 2007). Den rasjonelle metode beregner overvannsavrenningen innenfor et nedbørsfelt ved bruk av en formel.

Avrenningen (Q) er gitt ved:
Q = C x i x A

C = avrenningskoeffisient
i = dimensjonerende nedbørsintensitet, liter/(sekund x hektar)
A = feltareal i hektar (10 000 m²)
(Statens vegvesen 2008)

Avrenningskoeffisienten (C) vurderes etter tabellen til høyre. Avrenningen bedømmes ut fra de lokale forholdene og overflatens kvalitet og karakter innenfor nedbørsfeltet (Bergen kommune 2007).

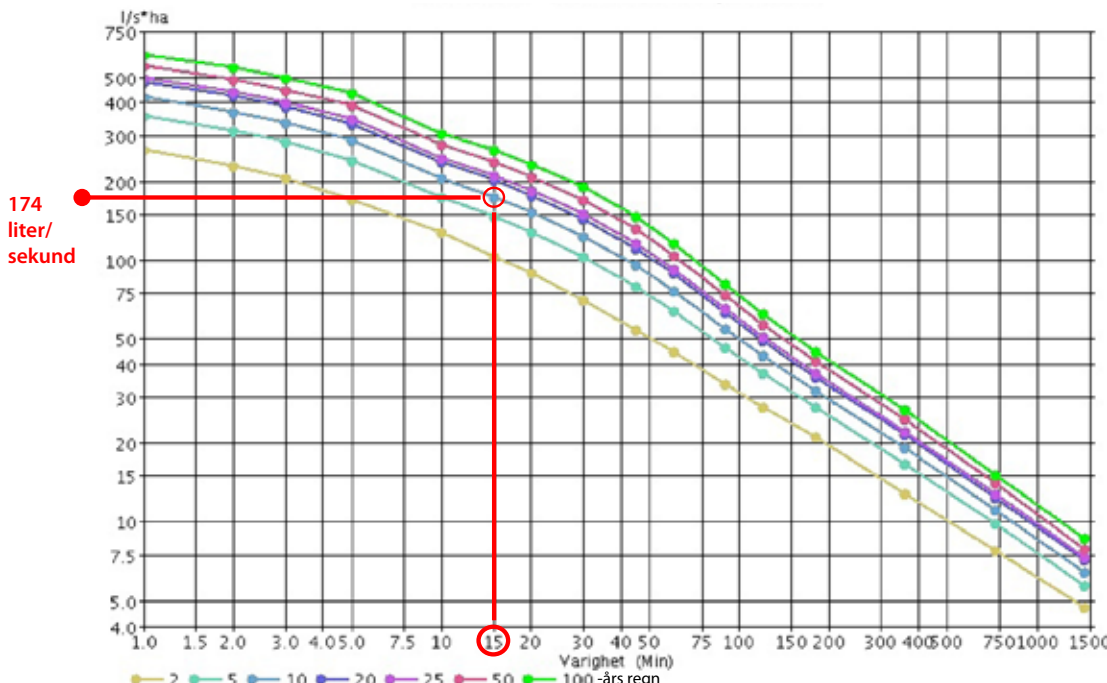
Nedbørintensiteten (i) måles i liter pr. sekund og er basert på nedbørsstatistikk for et gitt område. Eksempelvis er utregningene for regnbedene i denne oppgaven basert på Oslo kommunes anbefalinger om å dimensjonere overvannsanlegg til å håndtere tiårsregnbygene. Tabellen til høyre viser Meteorologisk institutts nedbørskurve for Blindern i Oslo. Dette er nærmeste målestasjon til oppgavens case-område. Kurven viser at en dimensjonerende nedbørintensitet (i) for NVE-kvartalet er på 174 liter pr sekund. Dimensjonsgrunnlaget følger en gjennomsnittlig 10-års regnbygge, med en varighet på 15 minutter. Overforstående formel benyttes med tall fra IVF-kurven, nedbørsfeltenes arealer og vurdering av avrenningskoeffisient i oppgavens prosjekteksempler.

Dimensjoner i oppgaven
Regnbedene i denne oppgaven er dimensjonert slik at de fungerer som avlastende anlegg til det eksisterende avløpsnettet. Alle eksisterende kummer og sluk beholdes åpne. Det er plasseringen og dimensjoneringen av anleggene som er avgjørende for anleggets effektivitet og evne til å ta imot belastningen på bakkenettet. Den manuelle metoden gir store muligheter for feilberegninger. Metoden representerer en forenkling av virkeligheten og flere subjektive og skjønsmessige vurderinger ligger til grunn for dimensjonsgrunnlaget og vil være avgjørende for resultatet (Bergen kommune 2007)

AVRENNINGSKOEFFISIENTER FOR ET UTVALG OVERFLATER

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

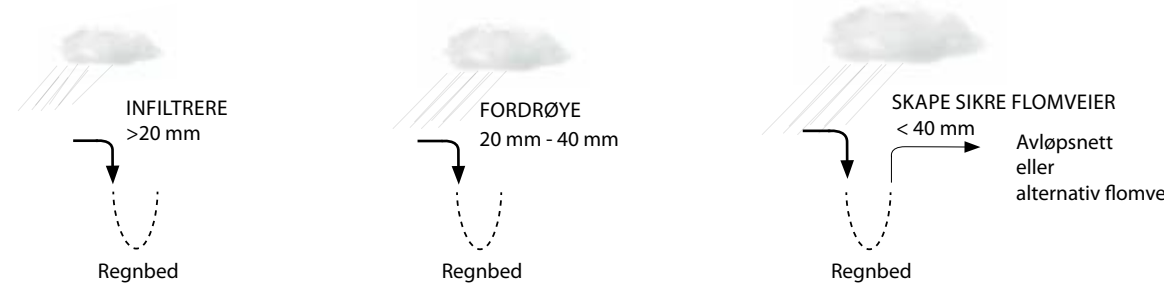
(Bergen kommune 2007)



2-, 5-, 10-, 20-, 25-, 50- OG 100-ÅRSREGN I OSLO, BLINDERN, 2010

(Meteorologisk institutt 2010)

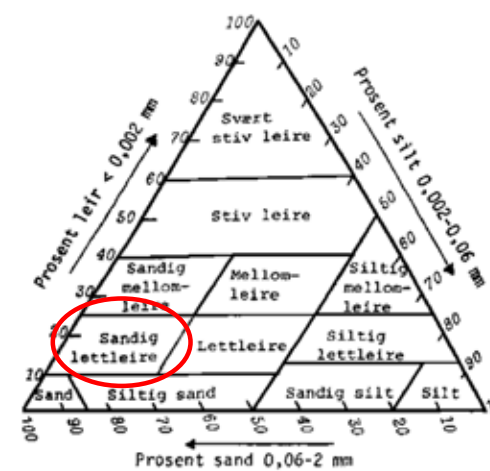
TRELEDDSTRATEGI FOR HÅNTERING AV OVERVANN



Diagrammet er basert på Lindholms et al. (2008) treleddsstrategi for håndtering av overvann.

PRINSIPPSKISSE FOR OPPBYGGING AV REGNBED

Illustrasjonen er basert på The Prince George's Countys *Bioretention Manual* (2007).



JORDARTSTREKANT

Det røde feltet viser egnet jordart for regnbed.

Jordart	Effektiv porøsitet %
Steinfylling	30
Singel og pukk	40
Grus (2-20 mm)	30
Naturgrus (usortert)	15-25
Sand (0,06-2mm)	25
Morene	0-10
Tørskorpeleire	2-5
Leire og silt	0

(Lindholm et al. 2008)

3.3 PLANTER I REGNBED

Regnbed er overvannsanlegg med vegetasjon som kan anlegges i offentlige byrom og i private hager. Anleggene avleder store mengder overvann til beplanting der vannet fordampes eller infiltrerer til grunnen.

3.3. 1 PLANTER SOM MATERIALE

Planter som egner seg til bruk i regnbed er terrestriske plantearter som tåler vekslende våte og tørre forhold. Typiske planter som trives i anleggene har opprinnelse fra naturområder som ligger rundt våtmarksområder eller naturmark med noe fuktighet i jordsmonnet. Eksempelvis kan et engsamfunn som utsettes for mye regn og som vokser på drenerende jordsmonn som infiltrerer nedbørmengdene, være et representativt plantesamfunn av arter som trives i regnbed. Planter som tilhører slike plantesamfunn er arter som ligger i sjiktet mellom typiske våtmarksplanter og mer tørkekrevende arter (Dunnet og Clayden 2007). De sandige jordlagene drenerer vannet forholdvis raskt unna og anleggene gir ikke veldig fuktige vekstforhold for plantene. Regnbedsanlegg holder på jordfuktigheten i lavere jordlag, selv gjennom lengre tørkeperioder på somrene (Dunnet et al. 2007).

Det er variasjoner i tilgangen på fuktighet innenfor et regnbed. De oppbygde høydeforskjellene innenfor regnbedet gir ulikheter i vekstforholdene i et og samme anlegg. Lavereliggende partier, som ved regnbedets innløp og sentrale områder vil være fuktigere enn i anleggets randsoner som er tørrere (Dunnet et al. 2007). Disse ulikhetene gir grobunn for et bredt sortement av arter som tåler vekstforholdene i et regnbed. Noen arter egner seg på regnbedets opphøyde, tørrere kanter, andre arter foretrekker fuktigheten som samler seg i regnbedets lavere partier, som ved bedets innløp eller i soner sentralt i feltet. Alle artene må ha en viss toleranse for både våte og tørre forhold.

Regnbed skal dimensjoneres slik at vannmasser infiltreres til grunnen i løpet av omtrent 48 timer. Hvis overvannet ikke infiltrerer bakken raskt nok, men blir stående i mer enn 72 timer, kan regnbedet utvikles til en våtmark eller dam, avhengig av vannets høyde (Wallace 2009). Godt fungerende våtmarker innebærer tekniske løsninger og konstruksjoner som renser vannet og tilfører oksygen til jord- og vannmasser. Disse anleggene må ikke forveksles med terrestriske, jordbaserte regnbed.

Plantens opprinnelige habitat
Aspekter som påvirker planters vekstforhold varierer fra sted til sted og et steds økologiske faktorer må vurderes i planleggingen og anleggelsen av regnbed. Lokale variasjoner i nedbørmengder,

sol-og vindforhold, temperaturer og påvirkning fra forurensningskilder innvirker på hvilket plante-materiale som egner seg i et regnbed.

Regnbed kan anlegges slik at de framstår veldig ulikt uttrykk. I private hager kan det anlegges regnbed med arter som krever et høy pleienivå. For regnbed i offentlige sammenhenger vil plantesammensetningen gjerne være med arter som har mer beskjedne skjøtselsbehov.

Jordaktivitet

Planters røtter spiller en stor rolle i regnbedets funksjon. En variert beplantning gjør at ulike typer røtter trenger seg gjennom jorda. Noen planter har tykkere rotstengler, andre et mer finmasket rotsystem. Rotaktiviteten bidrar med et vedlikehold av jordlagenes porøsitet. Dette bevarer regnbedets evne til å infiltrere overvannet over tid (Muthanna 2007). Makrofauna i jordlagene bidrar også til å opprettholder porøsiteten i jordmediet (Green 2008). Makrofauna er smådyr som er opp til en centimeter lange og inkluderer insekter som tusenbein, fluelarver og billelarver, biller og edderkopper. Disse dyrenes aktivitet opprettholder jordas porestruktur og dermed også anleggets hydrauliske evne.

Mange planteslag er svært tolerante i forhold til jordbunnsforhold. Det er likevel få treaktige planteslag som tåler å stå med rotsystemet i vann. Planter i stående vann får begrenset tilgang på luft og vil kveles over tid. Dette skjer særlig når vannet er stillestående (Hansen 2007). Regnbedenes gode drenerende evne er dermed kritisk for å få lignoser til å trives.

3.3.2 PLANTEVALG I LISTEN

Et forslag til en planteliste som egner seg for regnbed i Norge er utviklet i denne besvarelsen. Den foreslåtte plantelisten inkluderer stauder og lignoser som busker og trær. Plantelisten viser et forholdvis bredt sortement av arter som egner seg i regnbedsanleggene. Listen tar for seg typiske hageplanter og landskapsplanter, samt arter som er mer hjemmehørende til den naturlige floraen her i landet. Hver planteart i listen er markert med forslag til plassering innenfor et regnbed. Planteartene er markert for om de egner seg i anleggets tørrere eller fuktigere partier. Noen arter tåler både våte og tørre perioder og er markert deretter i plantelisten.

Flere av plantene i listen har evne til å etablere seg godt og mange har sterk bladvekst med gode bunndekkende egenskaper. De bunndekkende egenskapene kan begrense behov for skjøtsel, samtidig som det kraftige bladverket kan bidra til økt fordampingsevne fra regnbedet. Artene på listen

har allikevel ulik konkurransestyrke. Plantesammensetningen må derfor vurderes innenfor hvert enkelt regnbed.

I arbeidet med plantelisten er de ulike artenes opprinnelige økologiske vekstmiljø undersøkt. En plantes økologiske opphav kan si noe om artens evne til å trives i et konstruert overvannsanlegg. Artens opprinnelige habitat kan gi indikasjon på hvilke planter som har mulighet for å trives sammen i en konstruert beplantning. Informasjon om plantens opprinnelse, med fokus på vekstmiljø og habitat, er inkludert i plantelisten, etter beste evne, der denne informasjonen har vært å oppdrive. Slik kan naturlige plantesamfunn gi inspirasjon og grunnforståelse for hvordan en velfungerende plantesammensettinger kan etableres. Opplysninger om de ulike planteartenes røtter er inkludert i listen der dette har vært mulig å finne.

Artene i plantelisten er herdige for norsk klima. Herdighetssonen er foreslått for hver art, fra H1 i sør til H8 i nord. Endringer i klimaet gir varmere og lengre somre samt mildere vintre. Det er tegn på at vekstsesongen forlenges over hele landet. Endringene kan gi planter bedre utvikling på somrene og mindre skade på vintrene (Hansen 2007). Lokalklimatiske forskjeller kan føre til ulike vekstvilkår innenfor et lite geografisk område. Lokale temperatursvingninger gir mulighet for å prøve ut planteslag med lavere herdighetstall enn de som er nevnt i oppgavens planteliste.

Løk og knoller er ikke inkludert i plantelisten. Løk er følsom til den tidvise fuktigheten som oppstår i regnbed og fuktige perioder kan gjøre at løk skades av råte (Dunnet et al. 2007). Sommerblomster er også utelatt fra listen. Sommerblomster regnes som særlig skjøtselsintensive planter etter som plantene må etableres ved hver nye sesong. Slik er sommerblomstene ikke spesielt holdbare, de modnes ikke med tiden og vil ikke vokse seg sterkere og kraftigere fra sesong til sesong.

Videre er arter som er notert i artsdata-bankens svarteliste ikke inkludert i plantelisten. Dette er eksempelvis arter som Acer pseudoplatanus (Platanlønn), Rosa rugosa (Nyperose) eller Lupinus (Hagelupin). Invaderende arter med stor spredningsevne er forsøkt utelatt fra listen. Dette gjelder blant annet gressarten Glyceria maxima (Kjempesøtgras) og Butomus umbellatus (Brudelys).

Forslaget til planteliste for regnbed i Norge bygger på visse forkunnskaper om planter og er rettet mot profesjonell bruk. Slik må brukere av listen uten basiskunnskaper om planter ty til andre oppslagsverk for opplysninger om prydderdi,

blomstringstid, blad-og blomsterfarger, plantehøyder og beplantningsavstand.

Kildebruk i arbeidet med plantelisten

En tilsvarende planteliste for regnbed i Norge er ikke tidligere utarbeidet og listen bygger på flere og ulike kilder. Med utgangspunkt i amerikanske regnbedsmanualer er planteslagene vurdert opp i mot norske forhold. Dette er gjort med bruk av Lids Norsk flora (2005) og Eli Fremstads Vegetasjonstyper i Norge (1998). Plantekataloger ved planteskoler, Hageselskapets sortsliste (2005) og oppslagsverk i biblioteket ved Institutt for plante- og miljøvitenskap, UMB, gir også et vurderingsgrunnlag for artene i listen. Alle oppslagsverkene er notert i referanselisten som avslutter denne oppgaven. Navnsettingen av planteslagene følger i de fleste tilfeller Hageselskapets sortsliste (2005).

En planteliste kan ikke bli komplett og denne listen er heller ikke en uttømmende oversikt over planter som er velegnet i regnbed i Norge. På et vis er en slik liste like dynamisk som vegetasjonen selv. I norsk sammenheng er det hittil lite erfaring med regnbed. På grunn av manglende erfaringsgrunnlag kan flere arter på listen framstå som noe usikre i bruk. Aktører som involverer seg i anleggelse av regnbed må være villig til å eksperimentere med plantebruken i anleggene. Denne listen blir da en teoretisk vurdering som vil være interessant å prøve ut i praksis. Av den grunn er derfor denne plantelisten heller holdt for bred, enn for snever i utvalget.

Plantelisten gir en palett over plante-materiale som kan benyttes i regnbed i Norge. Listen danner et grunnlag for prosjektarbeidet med regnbedene i NVE-kvartalets delområder.

<div></div>	<div>Fuktigere soner: Lave partier ved innløp og sentrale områder i regnbedet.</div>
<div></div>	<div>Tørrere soner: Regnbedets forhøyninger og kanter.</div>

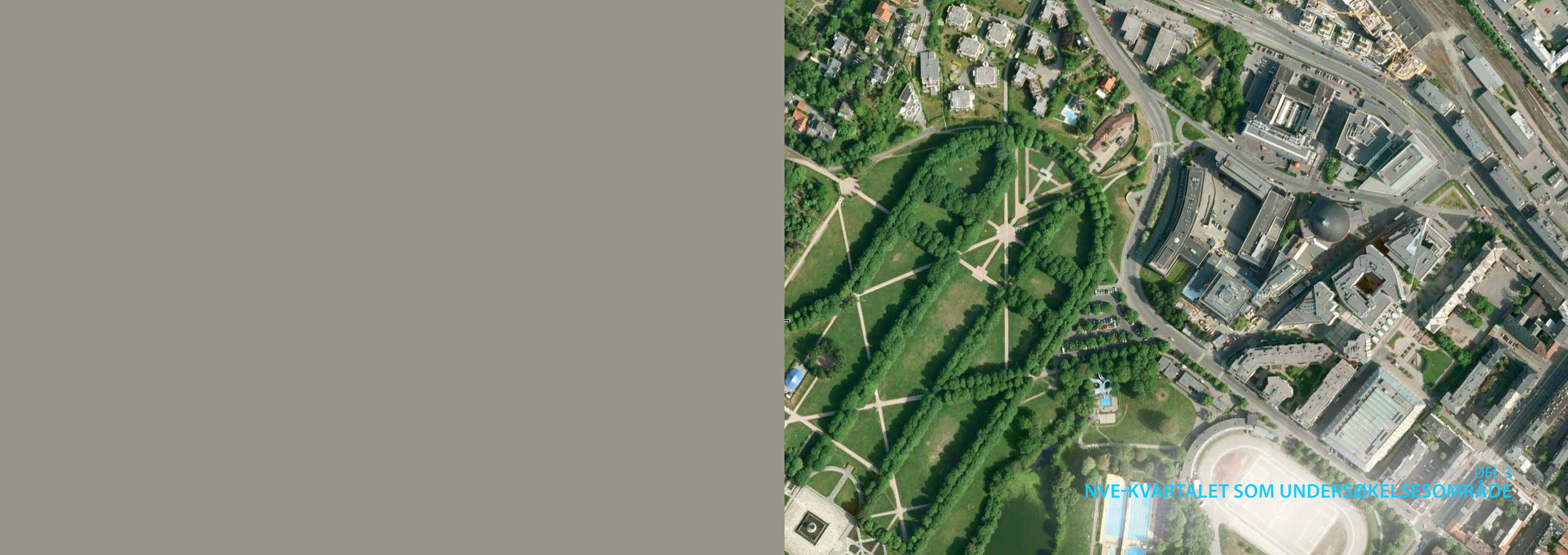
3.3.3 FORSLAG TIL PLANTELISTE FOR REGNBED I NORGE

Vitenskapelig navn	Norsk navn	Fuktig	Tørt	Herdighet	Funksjon og bruk	Økologi	Opprinnelig habitat/ plantekarakteristikker
STAUDER							
Achillea ptarmica	<i>Nyseryllik</i>	X	X	H5	Egner seg i rabatter og som villflor.	Trives i normal, noe fuktig jord. Invaderende rizom-røtter kan dominere naboplanter (Huxley 1992).	Opprinnelse fra naturlig karrige, fuktige miljøer, som grasbakker, fuktig dyrka mark og veikanter (Lid 2005).
Acorus calamus	<i>Kalmusrot</i>	X		H3	Kantplante. Sedimentstabiliserende egenskaper.	Tåler høy vannstand i lenger perioder. Mindre frodig i tørre perioder. Flårlårig urt med krypende, horisontale røtter.	Opprinnelse fra grunne ferskvannsmiljøer, ved myrer, sumper og i grunt vann. Arten er rødlistet i Norge.
Actaea rubra <p>Actaea simplex / ‘Atropurpurea’</p> Actaea racemosa	<i>Rødtrollbær</i> <p><i>Høstormedrue</i></p> <i>Klaseormedrue</i>	X		<i>H5-H6</i>	Villflor, rabatt, solitær. Bunndekkende egenskaper.	Trives i halvskygge-skygge, i fuktig og noe næringsrik jord. Rizome-røtter.	Opprinnelig habitat er fuktige skoger. Actaea rubra har giftige, røde bær.
Alchemilla mollis	<i>Stor marikåpe</i>	X	X	H6	Villflor, god bunndekkende plante.	Robust staude som trives i tørr til fuktig jord, fra solrike forhold til skygge. Selvsår seg, kan være invaderende. Salttolerant (Fagus 2006).	Opprinnelig habitat er enger, beitelandskap, åpne skogholt, ved bekkedrag (Huxley 1992). Finnes viltvoksende i Norge. Guttasjon fra bladverk.
Angelica sylvestris	<i>Sløke</i>	X	X	H5	Rabatter, villflor, egner seg som solitærplante.	Full sol til skygge. Tåler fuktige og tørre jordforhold. Pålerotet staude med høy, hul stengel.	Opprinnelig fra gressdekte fuktige enger, myrområder og åpne skoger. Tiltrekker seg bier og sommerfugler.
Aster novi-belgii	<i>Virginiaaster</i>	X	X	H6	Egner seg for villflor og i rabatter.	Trives i sol- halvskygge. Liker godt drenert jord, med noe leireinnhold som holder på fuktighet gjennom vekstsesongen. Tåler både fukt og tørke. Rizome, fibrige røtter (Huxley 1992).	Opprinnelse fra miljøer som fuktige enger, ved vannførende bekker, elver og innsjøer.
Astilbe ssp.	<i>Spirslekta</i>	X	X	H6-7	Egner seg for villflor og i rabatter.	Næringsrikt, lett, fuktighetsholdig jord med nokså høy pH (5-7). Trives i halvskygge, i jevnt fuktig jord. Rizome-røtter.	Asiatisk opprinnelse. A.x arendsii og A. koreana tåler tørrere forhold (Huxley 1992).
Astilboides tabularis	<i>Parasolblad</i>	X		H7	Rabatter, egner seg som solitærplante.	Trives i fuktig, godt drenert, nokså humusrik jord. Tåler ikke lange perioder med tørke.	Opprinnelse fra Asia, i fuktige , kantplante ved vannførende elver og sjøer.
Astrantia major	<i>Stor Stjerneskjerm</i>		X	H8	Egner seg i rabatter, som bunndekker og i villflor.	Krever noe næringsrik, ikke for fuktig jord. Vokser lett i sol-halvskygge (Huxley 1992).	Opprinnelse fra alpine enger og åpne skogspartier.
Athyrium filix-femina	<i>Storburkne</i>	X		H8	Egner seg som villflor, underplanting, bunndekker og i rabatter.	Trives i halvskygge på fuktige steder med syrlig jord (pH 4.5-6.5) (Huxley 1992). Korte rizome-røtter.	Utbredt i skjermede og noe skyggefulle miljøer som fuktige skogholt.
Baptisia lactea	<i>Fargeskolm</i>		X	H6	Rabatter, god bunndekker.	Trives i dyp, godt drenert jord i full sol, i nøytral til litt syrlig jord.	Opprinnelse fra sandige områder, ikke for fuktig mark i skoger, enger og sletter.
Boltonia asteroides	<i>Falsk aster</i>	X	X	H7	Bunndekkende plante for rabatter og villflor.	Robust staude som trives i fuktig, gjerne karrig og sandig jord i sol og halvskygge (Huxley 1992).	Vokser naturlig ved sandige vannbanker og i krattvegetasjon (Phillips et al. 1991).
Brunnera macrophylla	<i>Forglem-megetsøster</i>	X	X	H8	Bunndekkende staude egnet i rabatter.	Liker både sol og halvskygge. Trives i fuktig, godt drenert jord, også leirholdig.	Opprinnelig habitat i fuktige områder i bar-og edelløvskog.
Caltha palustris	<i>Bekkeblom</i>	X	X	H8	Egner seg i rabatter, underplanting, villflor.	Flerårig urt som tåler høy vannstand og perioder med tørke. Trives i sol og halvskygge (Phillips og Rix 1991).	Vokser vilt i sumpskog, i fuktige enger eller ved bekk. Den saftfulle planten er lett giftig. ‘Alba’ og ‘Multiplex’ er egnet varieteter.
Campanula latifolia	<i>Storklokke</i>	X	X	H6	Egner seg i rabatter, i villflor og som solitær plante.	Trives i solrikt til halvskygget miljø, gjerne i fuktig og godt drenert jord. Tett og kraftig rot.	Opprinnelig vekstmiljø er kalkrike skoger, enger og kratt.
Chelone oblique	<i>Duehode</i>	X		H4	Egnet i rabatter, som villflor eller som solitær plante.	Robust plante som trives i dyp, næringsrik jord som ikke tørker helt ut. Trives i sol til halvskygge.	Opprinnelse fra myrer og lyse skoglandskap.
Darmera peltata	<i>Skjoldsildre</i>	X	X	H6	Egnet i rabatter eller som solitær plante.	Vokser i både sol og halvskygge. Dyp, fuktig og næringsrik jord.	Opprinnelse fra elvebanker, fjellområder på amerikanske kontinentet (Phillips et al. 1991).
Dianthus superbus	<i>Nellik</i>		X	H6	I villflor.	Trives i godt drenert jord i sol til halvskygge.	Opprinnelse fra fuktige, gressenger, på sanddyner og i åpne skoger (Phillips et al. 1991).
Dryopteris filix-mas	<i>Ormetegl</i>	X	X	H8	Egnet som villflor, bunndekker eller som solitær plante.	Trives i sol til skygge, i fuktig jord, tåler tørre perioder. Vokser i tuer med korte rizome-røtter (Huxley 1992).	Opprinnelse fra fuktige eikeskoger/edelløvskoger. Formeres ved sporer.

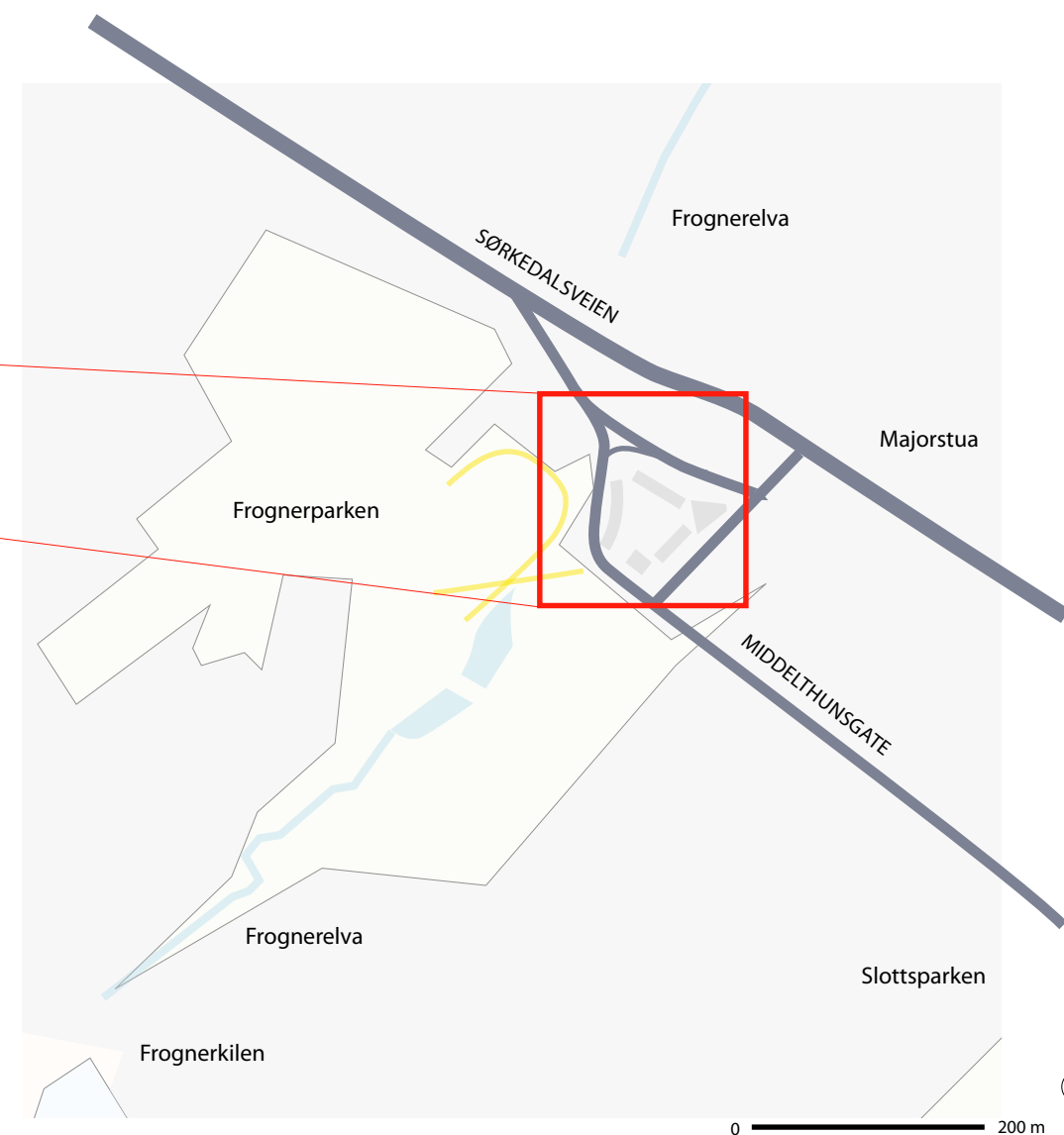
Eupatorium spp.	<i>Hjortetrøst-slekta</i>	X	X	H6	Egnet i rabatter, som villflor eller som solitær plante.	Trives under ulike forhold, i sol til halvskygge, i jevnt fuktig jord som er godt drenert.	Opprinnelse fra åpne skoger ved elv- og vannkanter.
Filipendula spp.	<i>Mjødurtslekta</i>	X		H5-7	Egnet i rabatter og som solitær plante.	Trives i sol til halvskygge, i fuktig jord. Rizome-røtter.	Opprinnelse fra kantplante til vassdrag, fuktige grøfter og kratt. Mange arter av Filipendula er viltvoksende i Norge. Kan være innvaderende i naturen.
Fragaria ananassa Fragaria vesca	<i>Jordbær</i> <i>Markjordbær</i>		X	H8	Bunndekkende planter og egnet som villflor.	Trives i solrike forhold, på sandig og godt drenert jord. Sprer seg med overjordiske utløpere.	F. vesca er viltvoksende i slåtteenng, tørrbakke og plener. F. ananassa er en hagehybrid innført til Norge (Lid 2005).
Geranium macrorrhizum	<i>Rosen-storkenebb</i>	X	X	H7	Villflor, god bunndekker, egnet for rabatter.	Robust staude som trives i tørt til noe fuktig miljø, både solrikt og skyggefullt. Rizome-røtter former tett nettverk under bakken.	Opprinnelse fra miljøer som fjellområder, skogholt og kratt. Salttolerant (Fagus Fakta 2006).
Geum rivale	<i>Enghumle-blom</i>	X	X	H8	Bruk i villflor og som bunndekker.	Trives i mørke og tørre forhold og solrike og fuktige steder. Jordstengel er grov og kraftig.	Opprinnelse fra fuktige enger, myrområder og ved elver og bekker.
Hemerocallis spp.	<i>Dagliljeslekta</i>	X	X	H5-7	Kraftig tueddannende, bunndekkende plante som egner seg i rabatter og til solitær bruk. Binder erosjonsutsatte sedimenter (Vegtech 2010).	Trives i full sol til halvskygge i noe fuktig jord, både i sandig og leirholdig jordsmonn. Rizome-røtter.	Plante med asiatisk opprinnelse. Kantplante ved vassdrag (Huxley 1992).
Hosta spp.	<i>Hostaslekta</i>	X	X	H6-7	Bunndekkende, kraftig tueddannende plante, egnet for rabatter.	Trives i skyggefullt miljø, i fuktig jord. Røttene er tykke kjøttfulle, grunne rizomer.	Planten er viltvoksende i fuktige miljøer i Asia. Trives med høy luftfuktighet, ved vannholdige gressenger, i lyse skogpartier (Huxley 1992).
Iris spp.	<i>Irislekta</i>	X	X	H7	Egnet i rabatter og til solitær bruk.	Liker seg i sol og halvskygge, i sandig til noe næringsrik jord. Noen arter trives i tørrere forhold, andre er helt akvatiske og tåler høy, stående vannstand (Iris pseudacorus). Horisontale, fibrige rizome-røtter.	Opprinnelse fra en ulike miljøer, fra kalde fjellområder til gress-enger og elvebanker fra Europa til Asia (Huxley 1992).
Liatris spicata	<i>Akssøyleblomst</i>	X	X	H5	Egnet for rabatter.	Tåler fukt og tørke under vekslende vekstforhold, i solrike- halvskygge. Rizome røtter.	Opprinnelse fra det amerikanske kontinentet med habitat i fuktige enger, i myrer og sumper (Huxley 1992).
Lychnis flos-cuculi	<i>Hanekamkjøre-blom</i>	X		H7	Egnet i rabatter, i villflor.	Sol til halvskygge, i fuktig, næringsfattig jord.	Opprinnelse i Europa, fra sumpaktige enger og beiteområder (Phillips et al. 1991).
Lysimachia nummularia	<i>Krypfredløs</i>	X		H6	Egner seg som underplantning som krypende bunndekket plante.	Trives solrikt til skyggefulle forhold, i fuktig jordsmonn som ikke tørker ut.	Opprinnelig habitat i fuktige skoger, myrområder, ved elvebanker og vannkanter. Vintergrønn. Kan ha stor sprenningsevne.
Lythrum salicaria	<i>Kattehale</i>	X		H7	Egner seg i rabatter, som bunndekker og villflor.	Trives solrikt til delvis skygge, i fuktig jord. Følsom for lengre perioder med tørke.	Opprinnelig habitat ved grunne dammer, vannkant, våte enger, myrer.
Matteuccia struthiopteris	<i>Strutseving</i>	X	X	H8	Egner seg i rabatter, som bunndekker og som villflor.	Trives på normalt til fuktig og noe næringsrik jord. Rhizome-røtter.	Opprinnelig habitat er fuktig skog og bekkedaler, flommark og fuktige enger. Vokser vilt i hele Norge.
Mentha aquatica	<i>Vassmynte</i>	X	X	H6	Egner seg i rabatter og som villflor.	Arten trives i sol- halvskygge og liker stor tilgang på fuktighet i jorda. Planten tåler perioder med tørke. Planten har avgreininger under og over jorda.	Opprinnelig habitat er løvskog, sump, på næringsrik og vannrik grunn. Innført til Norge som krydderplante, forvillet i naturen på 90-tallet (Lid 2005). Vannrensende egenskaper (Vegtech 2010).
Monarda didyma	<i>Hestemynte</i>	X	X	H7	Egnet i rabatter, som solitær plante og som villflor.	Trives i halvskygge i noe fuktig jord og tåler perioder med tørke.	Fra fuktige skoger og kratt, aromatisk lukt. Opprinnelse fra Nord-Amerika.
Myosotis palustris	<i>Forglemmegei</i>	X	X	H7	Bunndekkende plante som former tette matter, villflor.	Trives i sol-halvskygge, i fuktig jord. Tåler noe tørke og perioder med stående vann. Krypende røtter.	Habitat er ved vassdrag, ved bekk- og elvebredder, i sump-områder. Vannrensende egenskaper (Vegtec 2010). Planten vokser vilt i Norge.
Onoclea sensibilis	<i>Perlebregne</i>	X		H6	Bunndekkende bregne egnet i rabatter.	Robust plante som vokser lett i halvskygge, i jord som ikke tørker helt ut. Arten har spredende, slanke rizom-røtter (Huxley 1992).	Habitat er gressdekte, åpne miljøer og fuktige skogpartier (Lid 2005).

Penstemon digitalis	<i>Rørblomst</i>	X	X	H7	Egner seg for rabatter og som solitær plante.	Trives i full sol, i godt drenert, noe fuktig jord.	Opprinnelse fra ulike habitat som elvedaler, til brattpartier i fjellskråninger. Nasjonal tilknytning til det amerikanske kontinentet (Huxley 1992).
Phlox divaricata	<i>Skjermfloks</i>		X	H6	Egner seg i rabatter og som villflor.	Trives i full sol, i jord som ikke er for fuktig. Krypende røtter.	Opprinnelig habitat er i fuktige skoghellninger og elvedaler på det amerikanske kontinentet (Huxley 1992).
Primula spp.	<i>Primulaslekta</i>	X	X	H4-8	Egnet i rabatter, som bunndekker og som villflor.	Trives solrikt, i godt drenert og luftig jordsmonn der overflødig vann dreneres bort (Huxley 1992).	Opprinnelig habitat er fuktige enger, fjellpartier, gressletter. Mange arter er viltvoksende i Norge (Lid 2005).
Polygonum bistorta	<i>Ormslirekne</i>	X		H6	Bunndekkende plante, egnet som villflor.	Trives i fuktig jord, i sol til halvskygge.	Plante med europeisk opprinnelse i habiat som alpine enger og åpne skoger.
Potentilla palustris	<i>Myrhatt</i>	X		H7	Egnet som villflor.	Lite krevende plante som trives i sol til halvskygge, i fuktig jordsmonn. Krypende jordstengel.	Opprinnelig habitat er sumpskog, vannkanter og fuktige myrer. Vokser vilt i Norge (Lid 2005).
Ranunculus ficaria	<i>Vårkål</i>	X		H8	Egnet i rabatter, som villflor, bunndekken- de plante.	Trives både i sol og skygge i fuktig, noe næringsrik jord. Danner rotknoller.	Utbredt i Norge på Østlandet og langs kysten til Tromsø (Lid 2005). Kan bli plagsomt ugrass (Hageselskapet 2006).
Rheum palmatum	<i>Prydrabarbra</i>	X		H6-7	Bunndekkende plante.	Liker fuktige, skyggefulle forhold med noe næringsrik-jord.	Opprinnelse fra kratt, steinete, alpine områder ved vassdrag (Huxley 1992).
Sanguisorba officinalis	<i>Legeblodtopp</i>	X		H7	Egner seg i rabatter, som bunndekker og i villflor.	Solrikt til noe skygge i fuktig jord, som ikke tørker helt ut.	Opprinnelse fra fuktige enger og gressletter ved vassdrag. S. mendenezii egner seg også i regnbed.
Silene dioica	<i>Jonsoksmelle</i>	X		H8	Egner seg i rabatter, bunndekker og i villflor.	Trives i fuktig jord under solrike forhold. Noe følsom til tørre peroder.	Opprinnelig habitat er slåtteenng, beitemark og skog. Vokser vilt i hele Norge (Lid 2005).
Smilacina racemosa	<i>Klasefjør</i>	X		H6	Egner seg i rabatter og som bunndekker.	Trives i halvskygge, i dyp, fuktig jord, som ikke tørker helt ut. Rizome-røtter.	Opprinnelse fra Nord-Amerika, i fuktige skogpartier (Huxley 1992). Har giftige, røde bær.
Tradescantia x andersonia	<i>Blomstervandrer</i>	X	X	H5	Egnet for rabatter.	Trives i fuktig, noe næringsrik jord i sol til halvskygge, med toleranse for tørke. Krever lite skjøtsel (Huxley 1992).	Vokser i skog, kratt og enger i Nord-Amerika (Phillips et al. 1991).
Trollius europeus	<i>Ballblom</i>	X	X	H7	Egner seg i rabatter og som villflor.	Trives i fuktige forhold i sol-halvskygge med noe humusholdig jord (Phillips et al. 1991).	Vokser opprinnelig høystaudeskog og -eng, slåtteenng og beitemark. Vokser vilt i Norge (Lid 2005).
Veronicastrum virginicum	<i>Kransveronika</i>	X		H5	Bunndekkende plante for rabatter og villflor.	Trives i sol til halvskygge, i fuktig jord.	Opprinnelig habitat er enger og skogpartier. Nordamerikansk tilknytning.
GRESS							
Calamagrostis acutiflora	<i>Hagerørkvein</i>	X		H5-6	Gress egnet for villflor, rabatter med andre sterke arter.	Trives i jevnt fuktig og næringsrik jord, med noe skygge, rizome-røtter.	Gressart med opprinnelse i enger og fuktige, myrlandte områder. Kan være innvaderende (Huxley 1992).
Carex spp.	<i>Starslekta</i>	X	X	H5-7	Egnet i rabatter, som villflor eller som solitær plante.	Trives i sol til skygge, gjerne i fuktig og kalkfattig jord. Rotaktivitet med roterende rizomer bidrar til god jordstruktur (Huxley 1992).	Opprinnelse i fuktige skoger, grøfter, myrer, heier gjerne ved vannkanter. Enkelte arter er vannrensende (Vegtech 2010), noen arter er vintergrønne. Kan være invaderende.
Deschampsia caespitosa	<i>Sølvbunke</i>	X		H7	Egnet som villflor, i rabatter og som bunndekker.	Trives under ulike forhold, men best egnet i halvskygge, i næringsrik, fuktig jord.	Gressarten vokser særlig på fuktig mark. Viltvoksende i Norge. Kan gi kraftig frøspredning.
Miscanthus sinensis	<i>Silkekinagras</i>	X		H2-3	Egner seg i rabatter, som bunndekker, i villflor eller solitær plante.	Trives i sol og i fuktig næringsrik jord. Rizomerøtter.	Opprinnelig habitat er fuktige enger eller myrområder. Asiatisk opprinnelse (Huxley 1992).
Molina caerulea	<i>Blåtopp</i>	X	X	H8	Rabatter og villflor, tette bunndekkende tuer.	Trives i sol-halvskygge, i sandig, noe fuktig jord.	Opprinnelige vekstmiljø fra fuktig kystskog og kysthei, myrer og vannkanter. Vokser vilt i hele Norge (Lid 2005).
Phalaris arundinacea	<i>Strandrør</i>	X	X	H6	Gress for grupper, bunndekker, i rabatter og som villflor.	Nøysom plante som tåler både tørke og fuktige forhold. Liker seg i sol til halvskygge. Krypende rizom-røtter.	Opprinnelse fra fuktige miljøer og grunt vann. Kan opptre invaderende i naturen (Hageselskapet 2006).

ROSER							
Rosa palustris	Villrose	X	X	H5	Frittstående eller grupper.	Trives i full sol, tåler noe skygge og liker godt drenert jord.	Opprinnelig habitat i fuktige myrområder med Nord-amerikansk tilhørighet.
BUSKER							
Amelanchier spicata	Junisøtmispel	X	X	H7	Prydbusk, egnet for skjerming, både som fri og klippet hekk.	Nøysom busk som tåler skygge. Solrik plass gir best vekst. Liker sandig og godt drenert jord. Tåler vind	Nasjonal tilhørighet til Nord-Amerika. Naturalisert i Norge.
Aristolochia macrophylla	Pipeholurt	X	X	H5	Klatreplante.	Robust, lettvekst plante som vokser godt i dyp skygge, i jevnt fuktig, noe næringsrik jord.	Opprinnelig habitat er tempererte soner, med amerikansk opphav. Hageplante i Norge.
Aronia melanocarpa	Svartsurbær	X	X	H6-7	Prydbusk egnet for skjerming, både som fri og klippet hekk.	Trives i fuktig til tørr, sandholdig jord. Arten har grunne, fine røtter.	Opprinnelige habitat i myrer og fuktige skoger med nasjonal tilhørighet til Nord-Amerika.
Cornus alba Cornus stolonifera	Sibirhornell Kornell	X	X	H5-8	Buskgrupper, fri eller klippet hekk.	Trives i sol og tåler skygge. Liker næringsrik, sandig og fuktig jord som er godt drenert (Danske havselskap 1997). Artene er lite tolerante for salt.	Opprinnelig habitat er myrområder, fuktige skogpartier med opphav i Alaska og USA.
Enkianthus campanulatus	Klokketrolllyng	X	X	H4	Frittstående eller grupper.	Trives i sol til halvskygge med godt drenert sandblandet jordsmønn med lav pH.	Asiatisk opprinnelse i lyngplantefamilien, vekstmiljø i fuktige skogpartier i fjellområder.
Euonymus europaeus	Europabeinved	X	X	H6	Frittstående eller grupper.	Nøysom, hardfør art som tåler fukt og tørke, samt skyggefulle forhold, gjerne kalkrikt. Rotsystem er findelt og tett (Hansen 2004).	Hjemmehørende i Europa, naturalisert i kratt og skog i Norge.
Hamamelis spp.	Trollhassel-slekta	X	X	H2- 4	Busk eller tre med opprett vekst.	Liker lun plass med noe fuktig, sandig og luftig jord.	Opprinnelig habitat fra skogsområder i USA og Asia.
Hippophae rhamnoides	Tindved	X	X	H7-8	Egnet til skjerming, lé og bærhøsting.	Trives på solrik plass i både tørr og fuktig jord, gjerne utvasket og næringsfattig, men ikke leirholdig. Arten er salttolerant og har mange rotskudd.	Opprinnelig habitat er havstrand og ved elver. Arten er viltvoksende i Norge. Produserer næringsrike bær.
Hydrangea anomala ssp. petiolaris	Klatrehortensia	X	X	H6	Markdekker, frittstående eller som klatreplante.	Solrik eller skygget plass, noe moldrik, jevnt fuktig jord. Tåler perioder med tørke. Fester seg med hefterøtter.	Asiatisk opprinnelse fra Japan og Kina.
Sambucus spp.	Hyll	X	X	H4-7	Prydbusk egnet for skjerming, lé og fri hekk.	Trives i sol til halvskygge, i fuktig, næringsrik jord som er godt drenert.	Forvillet og naturalisert i skog i Norge (Lid 2005). S. nigra og S. racemosa er særlig egnet for sandig, drenert jord.
Viburnum opulus	Krossved	X	X	H6-7	Busk med kraftig vekst til skjermplantning og buskgrupper.	Nøysom plante for steder i sol og halvskygge i noe næringsrik, godt drenert jord.	Opprinnelig habitat er fra løv- og barskog, skogkanter, berg og rasmark. Viltvoksende i store deler av Norge (Lid 2005).
TRÆR							
Acer campestre Acer negundo	Naverlønn Asklønn	X	X	H4 H4-5	Frittstående eller grupper.	Begger arter trives på lunt sted i sol til skygge med godt drenert jordsmønn.	Opprinnelig habitat i løvskog. Innført til Norge som prydtre. Naturalisert i store deler av landet (Lid 2005).
Alnus cordata Alnus glutinosa	Italiensk or Svartor	X X	X X	H4-6 H4-6	Frittstående tre eller i grupper. Egnet som lé-, fri- eller klippet hekk (Hageselskapet 2006).	Alnus er nøysom, men krever god jordfuktighet i jorda og tåler periodiske oversvømmelser (Hageselskapet 2005). Trærne har nitrogenfikserende røtter og er salttolerante (Sanda 1993).	Opprinnelig habitat er ved vann, elver, myrer og flommark, fuktig skog i ller. Vokser vilt over hele landet (Lid 2005).
Alnus incana	Gråor	X	X	H8			
Betula pubescens Betula utilis	Dunbjørk Himalayabjørk	X X	X X	H8 H5	Frittstående eller i grupper.	Nøysomt tre som liker lyse, godt drenerte steder og tåler skygge og fuktige steder. B. utilis tåler særlig mager jord og høytstående vann.	Vekstmiljø er fuktige, godt drenerte steder, skogholt, åpne gressletter opp til snaufjellet. Opprinnelse fra Europa og Nord-Asia. Viltvoksende over hele Norge.
Populus alba Populus tremula	Sølvpoppe Osp	X	X	H4 H7	Tre ved vei, grupper i parker, skoglandskap.	Svært nøysom, tåler både sandig og leiret jord. Salttolerant, kraftige rotskudd.	Artene har opprinnelse fra fuktige områder, gjerne ved vassdrag, i Europa og deler av Asia.
Salix spp.	Vierslekta	X	X	H4-8	Trær, busker og dvergbusk i stor variasjon av veksttyper.	Artene er svært nøysom, tåler mye fuktighet og perioder med tørke. Trives solrikt og lyst. Flat rotutvikling.	Opprinnelse fra dem nordlige tempererte sone, naturalisert, viltvoksende på flommark, strand i Norge.
Sorbus spp.	Asalslekta	X	X	H5-8	Trær og busker, frittstående eller i grupper, til skjerming og lé.	Slekta tåler gjerne karrig og godt drenert jord.	Sorbus arter er viltvoksende i Norge.



DEL 3
NVE-KVARTALET SOM UNDERSØKELSE SOMRÅDE



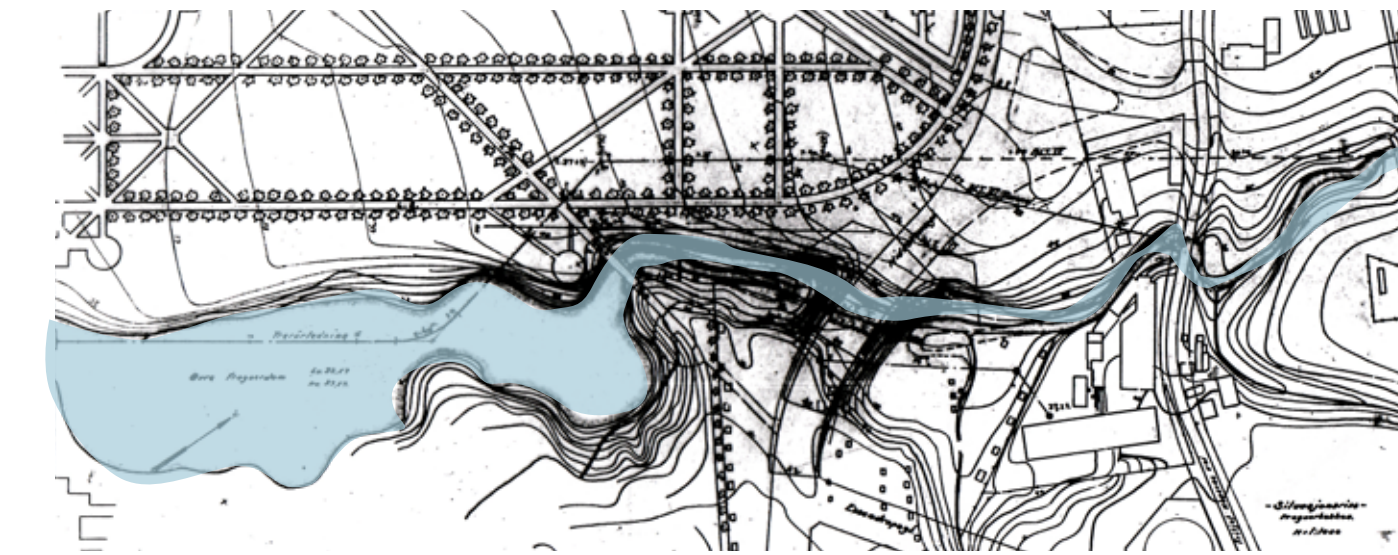
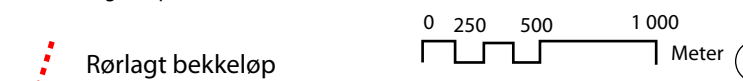
4.1.1 BELIGGENHET OG OMRÅDEAVGRENSING
Oslo er Norges største by. Bykommunen ligger innerst i Oslofjorden og passerte nylig 600 000 innbyggere (pr. 18. januar 2011). Som storby særpreges Oslo av nærhet til omkringliggende skogområder og fjorden. 2/3 av Oslo kommunes areal utgjør skog og vannområder utenfor selve bybebyggelsen. Byens sentrumsområder ligger i en dalbunn omkranset av de skogdekte åsene. Elver som Lysakerelva, Hoffselva, Akerselva og Alnaelva renner fra åsene, gjennom Oslogryta og ut i fjorden. I norsk sammenheng har Oslo et kontinentalt klima med forholdsvis kalde vintre og varme somre, med fire klart definerte årstider. Byen er påvirket av fjorden, og har et lokalt kystklima. Dette betyr at på en

kjølig vinterdag er det varmest ved fjorden vannmassene gir fra seg varme. Om somrene er det derimot kjøligst ved fjorden da vannmassene magasinerer varmen. De største temperaturforskjellene oppstår i dalbunnene der den kalde luften drenerer langs de laveste punktene (eklima.no). Kaldluftdrenasje som følger fallretning i terreng og elve-/bekkedrag er viktig for å luften ut tette bykjerner. Frognerelva er i dag delvis rørlagt. Den naturlige drenasjen blir brutt i de stengte elvepartiener. (Se kart på side XXX om Frognerelva) Kaldluftdrenasje er særlig virksom på kalde, klare dager med lite vind, og er spesielt virksom under inversjonsperiodene i vinterhalvåret, når temperaturen stiger med høyden (met.no).

Oppgavens caseområde, NVE-kvartalet, ligger nordøst for Frognerparken, i den nedre del av terrenget mot Frognerelvas utløp mot Frognerdammen. Området avgrenses av Sørkedalsveien i nord, Frognerparken i vest. NVEs administrasjonsbygning ligger sentralt i feltet med omkringliggende forretningsbygg, handlesentre og kino- og underholdningsbygninger.



(Vann- og avløpsetaten 2011)



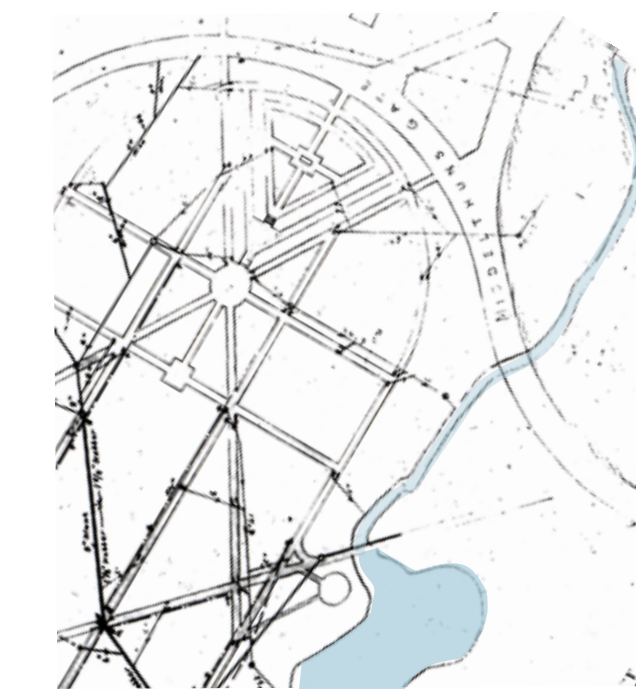
Kartet viser Frognerelvas opprinnelige løp. Kartet er tegnet i forbindelse med forslag til lukking av Frognerelva, datert 24.02.1947 (Oslo byarkiv 2010).

Kartet er ikke i målestokk

4.1.2 FROGNERVASSDRAGET

Frognervassdraget har øvre del av nedbørfeltet i Nordmarka ved Ullevålseter og Åklungen. Elva renner ut fra Sognsvann, her kalt Sognsvannsbekken. Denne bekken som går sammen med Risbekken ved Gaustad. Vassdraget strekker seg til utløpet til fjorden ved Frognerkilen, gjennom villabebyggelse og parker, og området rundt Rikshospitalet og forskningsbebyggelsen sør for Ring 3. Ved store nedbørmengder deler bekken seg i flere løp gjennom edelløvsogsområdet ved Frøen. Fra bomstasjonen i Sørkedalsveien skifter vassdraget navn til Frognerelva. Denne delen av vassdraget er åpent, gjennom rolige dammer, stryk og fossefall ned til Frognerparken og Frognerdammen (Holtan-Hartwig et al. 2010).

Frognerelven har i dag tre lukkede strekninger. Elven legges i kulvert under Ring 3 og åpnes ved Gaustad stasjon. Elven er også lukket i strekket ved NVEs administrasjonsbygg i Middelhunsgate før utløpet ved Frognerdammen i Frognerparken og ved Frognerkilen i utløpet til fjorden. Under arbeidene med de vestlige forstadsbanene på 1920-tallet ble elven rørlagt i Majorstuaområdet (Holtan-Hartwig et al. 2010). Både Sognsvannsbekken og Risbekken har nokså rent vann. På veien gjennom urbane områdene mottar vassdraget forurensning fra ulike kilder som kloakknett, bygninger, gater og veier.



VIGELANDSANLEGGET 1936
Planskissen viser hvordan Frognerelva lå i forhold til anlegget før den ble lukket. Middelhunsgate ble opprettet før elva ble rørlagt.

4.1.3 NATURTYPER OG ARTSMANGFOLD

HAGEMARK/LAUVENG

Nordvestre del av Frognerparken

Området består av skogkledd hagemark med lauveng. En del ordinære naturengplanter er å finne, blant annet hjorterot (Seseli libanotis). Potensiale for etablering av engvegetasjon. (Dir. nat 2011).

RIK EDELLAUVSKOG

Skogparti vest for monolitten i Vigelandsparken

Skogen har variert topografi og med en del berg i dagen. Tresjiktet er variert og med store trær, dominert av ask og spisslønn, hassel og bøk. Nyperose, berberis, morell, eik, mispel og alperips i busksjiktet. Berggrunnen er næringsrik, langs kanter vokser blåveis. Feltsjiktet er er graspreget. (Dir.nat 2011).

RIK EDELLØVSKOG

Søndre del av Frognerelva

Ved bekkedragets kantsoner vokser trær av alm, ask og svartor. Flere av trærne er store og en del av disse er døde eller døende, noe som bidrar til økt artsmangfold. (Dir. nat 2011).



(Direktoratet for naturforvaltning 2011)

0 1 km

DAM

Nordre del av Frognerdammen

Det er så godt som ingen vegetasjon ute i vannet. Ved bekkens innløp i nordenden er bunnen tilsynelatende død, med mye unedbrutt løvverk og fornemelse av hydrogensulfid. Hydrogensulfid (H₂S) er en fargeløs gass, (giftig ved romtemperatur) med en karakteristisk lukt av råtne egg. Gassen dannes ved anaerob bakteriell nedbrytning av svovelholdige organiske forbindelser. Vann- og bunnkvalitet blir bedre jo nærmere man kommer sørenden, uten at bunnen ser bra ut eller lukter bedre. Dammen er viktig for fuglelivet. Det er registrert orret i dammen (Dir.nat 2011).

STORE GAMLE TRÆR

Del av boligbebyggelsen i Majorstua-området og sørast for Frognerparken

I områdene finnes de største edelløvtrærne i parken, noen med omkrets på over 5 meter. Store, gamle trær er potensielt viktige for en rekke sopp, lav, moser og insekter.

Prosjektområdet- NVE-kvartalet



Frognerdammen sett fra broen mot elvas innløp i nord.



Lønnetrærne i alléene i Frognerparken er 50-60 år gamle.

4.1.4 KARTLEGGING OG VURDERING AV VEGETASJON

Villahager, hageplanter, gressplener.



Lønnetrær (Acer) i allébeplantning i Vigelansanlegget. Partier med buskvegetasjon bestående av blant annet Aronia er også å finne.



Tretrake av asal (Sorbus intermedia) i midtrabatt ved NVE-bygningens inngangsparti.



Lønnetrær (Acer) i rekker på parkeringsplassen. Trærne har dårlige jord- og vannforhold.



Fredet hageanlegg ved NVE og NHO-bygget, bestående av bjørkelund med bunndekke av gressarter.



Vegetasjon langs Frognerelva mot innløp til kulvert. Vegetasjonen er dominert av alm, ask og spisslønn og hassel.



Midtrabatter med gressarter. Noe skjøtsel holder vegetasjonen nede.



Beplantning i restarealer. Plantefelt er naturlig tilvokst av alm og gressarter.



Gatetrær av rogn (Sorbus) langs Es-sendropsgate, beplantet i steinsatt overflatedekke.



Selvgrodd vegetasjon ved Frognerelvas utløp mot Frognerdammen. Vegetasjonen er dominert av alm, ask og spisslønn og hassel.



Høye popler danner rom rundt Monilitten i vest.



Rosebedene i rosariet.

4.1.5 KLIMATISKE FORHOLD

FRAMHERSKENDE VINDRETNINGER

Om sommeren er hovedvindretningen i Oslo sørvestlig, og om vinteren er den framherskende vinden fra nord-øst. Gjennomsnittlig vindhastighet ligger på 2-3 meter per sekund, som tilsvarer at vimler løftes (met.no 2010).

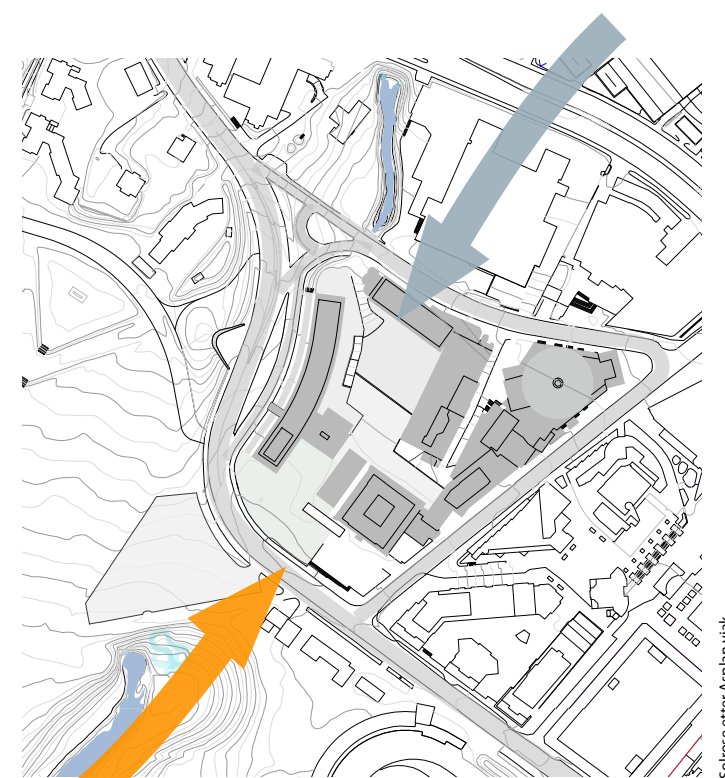
TEMPERATURER

Somrene i Oslo er som regel varme med temperaturer på 20–23 °C på dagtid og 11–15 °C på natten. Vintrene er som regel kalde med en middeltemperatur på –4 °C i både januar og februar. Maksimumstemperaturer på over 25 °C inntreffer i gjennomsnitt 16 ganger per år. Grunnet sin nordlige beliggenhet har Oslo om lag 18 timer med solskinn i månedsskiftet juni/juli, men bare 6 timer i slutten av desember.

Temperaturnivået har tendert til å være noe høyere de seneste år, særlig i vintermånedene. Ser man på de siste 20 årene, fra 1991 til 2010, har middeltemperaturene for januar og juli økt til henholdsvis –2,4 °C og 17,5 °C (met.no 2010).

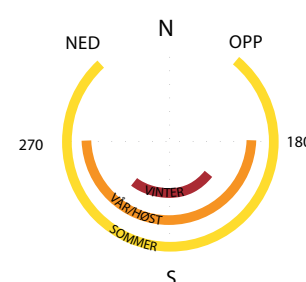
NEDBØR

Årsnedbøren i Oslo, i perioden fra 1961-1990, er 763 mm fordelt på 166 nedbørdøgn, der vintrene er noe tørrere enn somrene. Snøfall fordeler seg jevnt utover vintermånedene, og i gjennomsnitt er det mer enn 25 cm snø i 30 dager hvert år. Oslo har snaut 1 700 soltimer årlig (met.no 2010).



Framherskende vindretning. Sommer. Sør-vest.

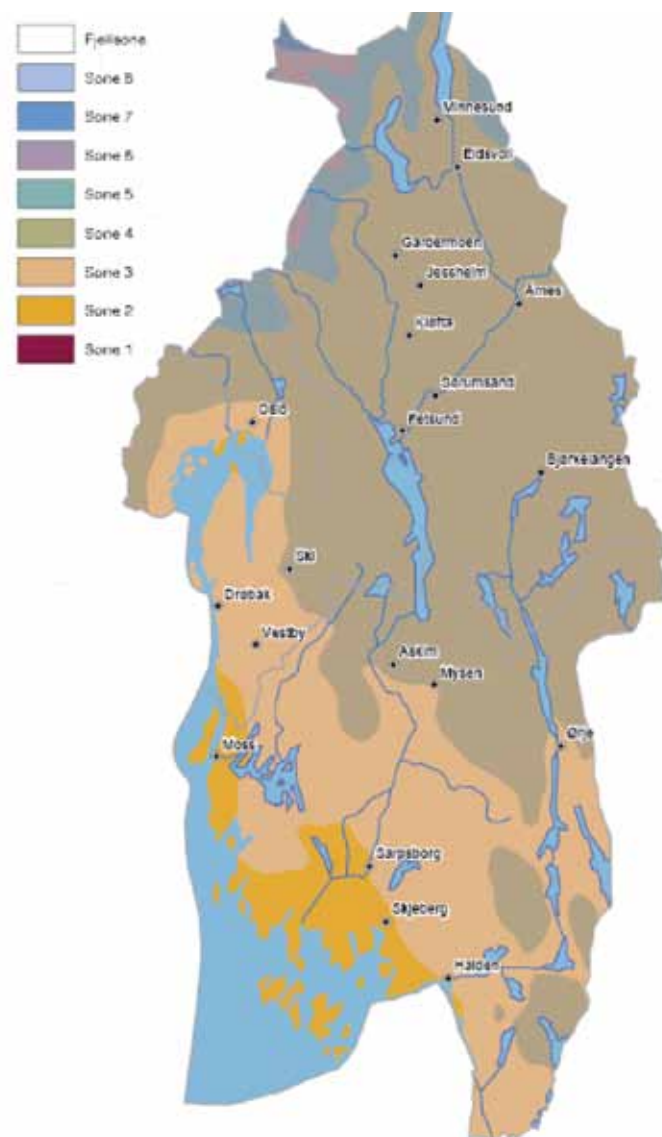
Framherskende vindretning. Vinter. Nord-øst.



OSLO - BLINDERN, PERIODEN 1961-1990

Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
-4.3	-4.0	-0.2	4.5	10.8	15.2	16.4	15.2	10.8	6.3	0.7	-3.1
-1.8	-0.9	3.5	9.8	15.8	20.4	21.5	20.1	15.1	9.3	3.2	-0.5
-6.8	-6.8	-3.3	0.8	6.5	10.6	12.2	11.3	7.5	3.8	-1.5	-5.6
49	36	47	41	53	65	81	89	90	84	73	55

Kilde: Eklima

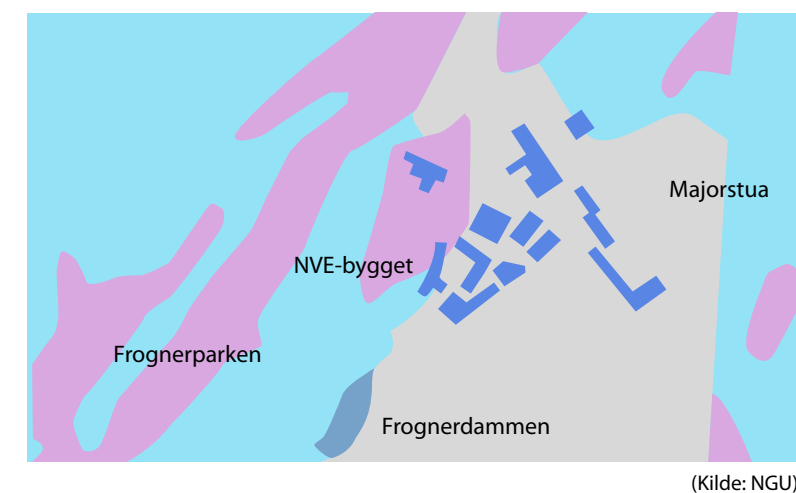


HERDIGHETSSONE

Norge er delt inn i åtte klimasoner, fra H1- H8. Varmere klima gir lengre vekstsesong og milde vintre.

Det milde klimaet i Oslo-området er en faktor som bidrar til at vekstsesongen for planter er nokså lang. Herdighetssonen i Oslo ligger i sone 3. Dette vil si at varmekjære arter trives i dette klimaet. Det forholdvis varme klimaet bidrar til stor bredde i plantevalget. Innenfor denne herdighetssonen kan det være variasjoner i lokalklimaet (Hageselskapet 2006).

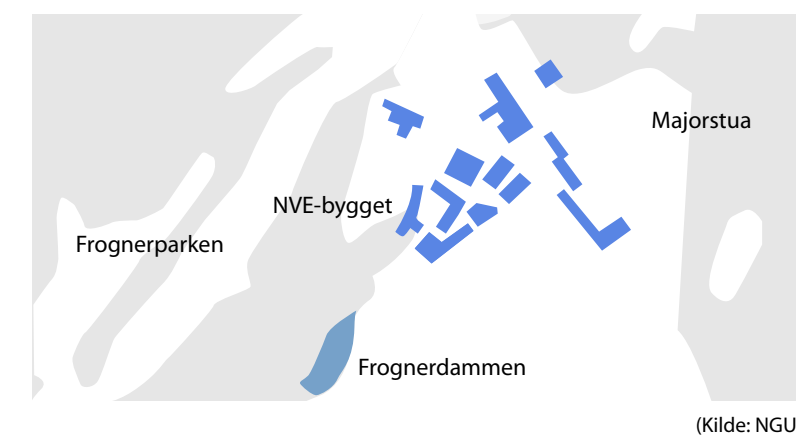
4.1.6 GRUNNFORHOLD



LØSMASSEKART

- HAV- OG FJORDAVSETNINGER, TYKT DEKKE
- FORVITRINGSMATERIALE
- FYLLMASSE

(Kilde: NGU)



INFILTRASJONSEVNE

- UEGNET
- IKKE KLASSIFISERT

(Kilde: NGU)

LØSMASSER

Havavsetninger er finkornete løsmasser, bestående av silt og leire. Mestparten stammer fra slam som breelvene og iskalvingen førte ut i fjorden ved slutten av siste istid. Små mineralkorn ble bunnfelt under rolige forhold med lite strøm og bølgevasking. Avsetningstypen kan ha stor tykkelse (NGU 2011). Landhevingen har ført til at disse sedimentene nå ligger på tørt land.

Forvittringsmateriale er dannet etter istida ved at fjelloverflaten smuldrer opp ved mekanisk forvitring. Dette skjer ved at vann i sprekker fryser og ekspanderer. Forvitringen kan også komme av kjemisk forvitring, forårsaket av reaksjoner mellom luft, vann og mineralene i berggrunnen. Berggrunnen i dette området er hovedsakelig sedimentære bergarter som alusklifer og kalkstein (NGU 2011).

INFILTRASJONSEVNE

Løsmassenes infiltrasjonsevne er klassifisert av Norges geologiske undersøkelse (NGU 2011). Forvittringsmaterialet og de utbygde områdene med

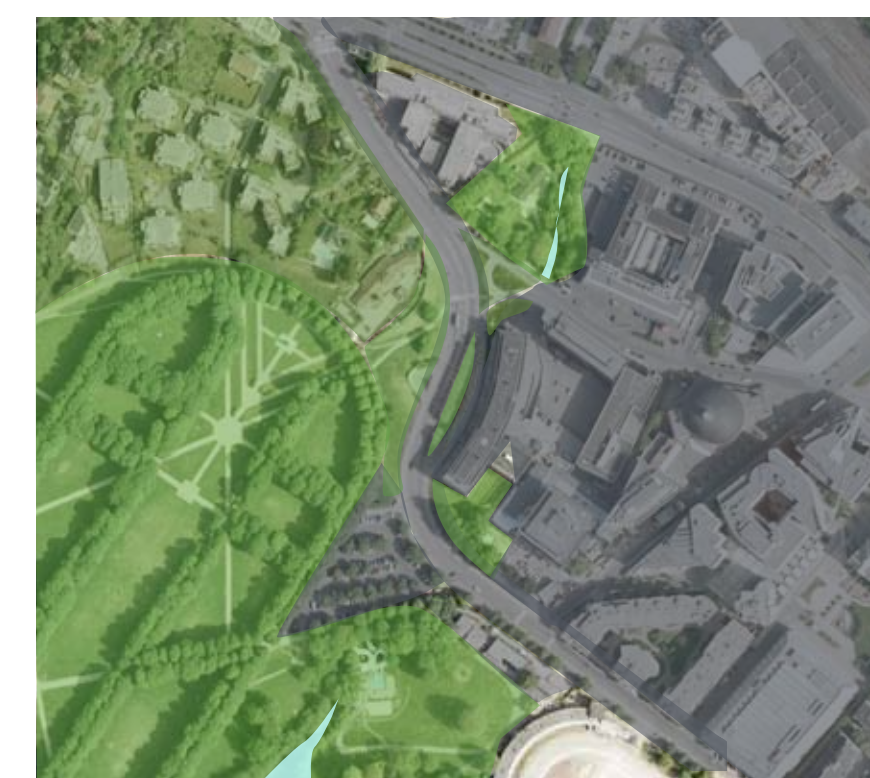
fyllmasse er ikke klassifisert av NGU.

Løsmassers infiltrasjonsevne er svært varierende. Ved infiltrasjon av vann siger vann direkte ned gjennom jorda. Vannet infiltrerer enten der det renner eller i forsenkninger i terrenget. Byggeaktivitet i byene innvirker på jordstrukturen. Jordtype-nes infiltrasjon er gjerne god på beplantede arealer.

Jordsmonn i byer er utsatt for en viss mengde forurensning. Der er allikevel ikke påvist betydelige, eller spesielle forurensningsmengder i dette området (Klima- og forurensningsdirektoratet 2011).

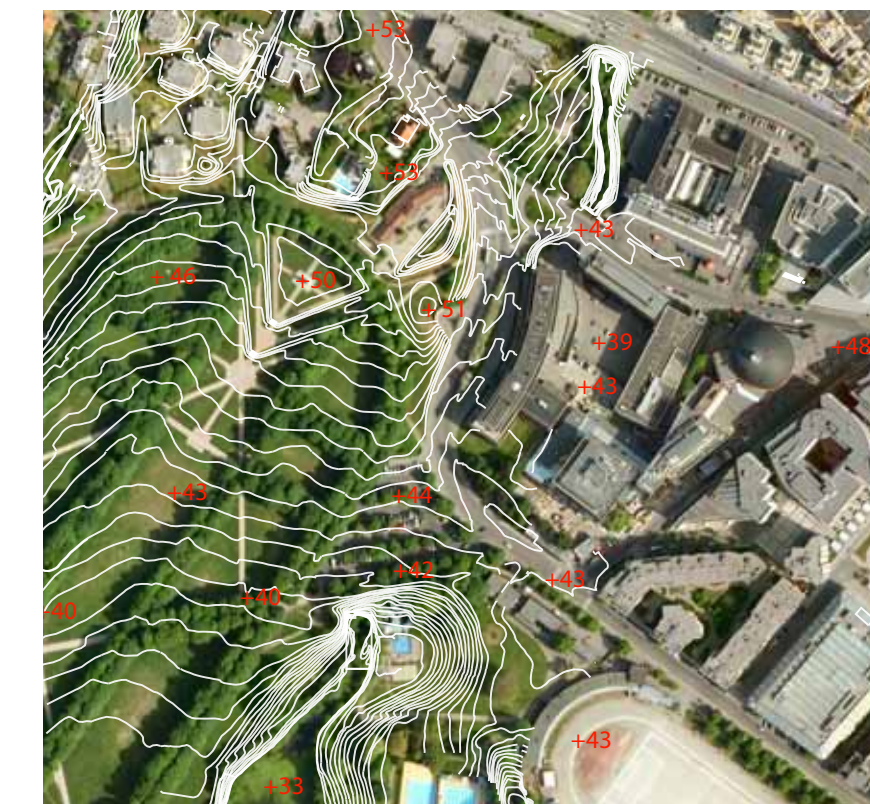
Parkområdet opptar store deler av området. Inntilliggende er kvartalstrukturen for bebyggelsen ved Majorstua. Middelthunsgate skiller de to områdene fra hverandre, litt i en soneinndeling mellom grøntarealer og gråarealer. Terrenget faller fra kote +51 i nordenden av caseområdet, til vannspeilet i Frognerdammen i sør på kote +33.

AREALDEKKE



- VEGETASJONSDEKKEDE FLATER
- ELV I DAGEN
- ASFALTERTE FLATER, TAKFLATER

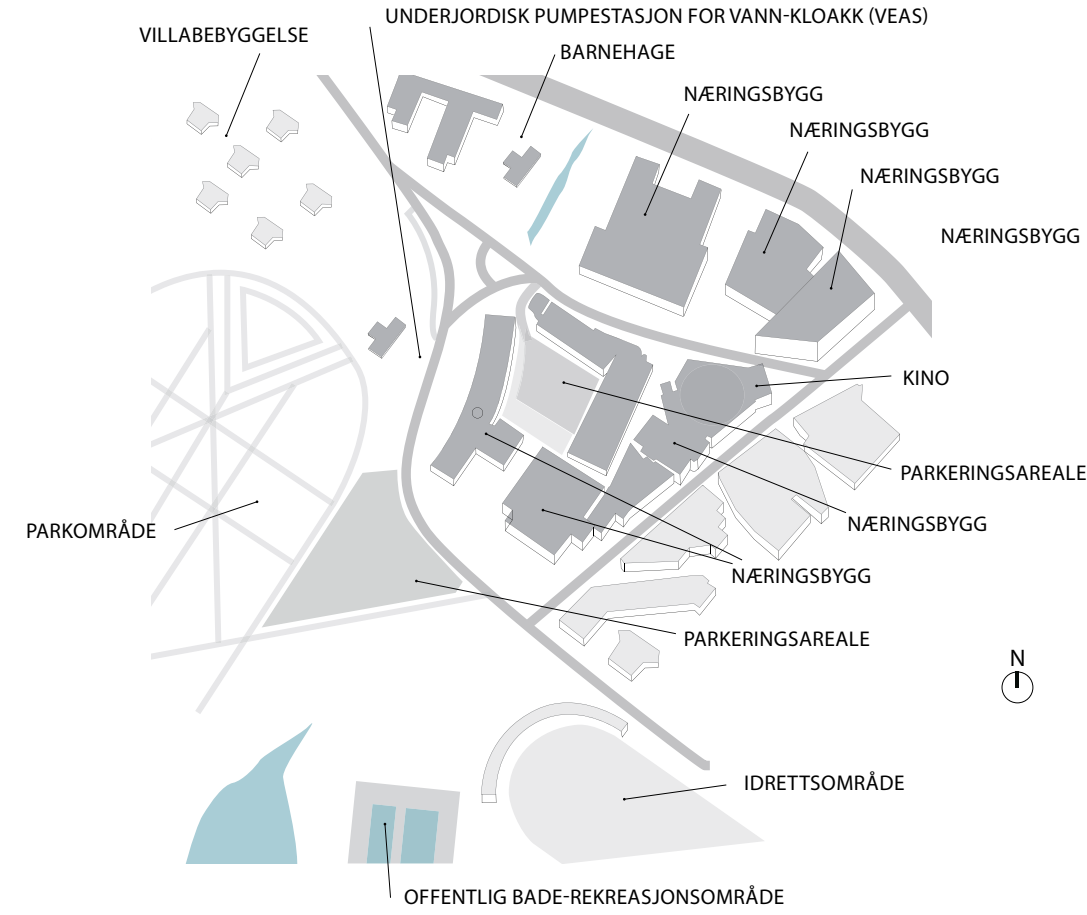
TERRENG, FORM OG TOPOGRAFI



4.1.7 TRAFIKALE FORHOLD



PROGRAMATISKE FORHOLD



Bilparkering opptar begge sider av Fridtjof Nansens gate.



Parkeringsplass ved parken.

Området er preget av bygninger med næringsfunksjoner, kontorer, underholdningsvirksomhet, serveringssteder, forretnings- og boligformål. Dette gir et aktivt område, på dag-tid og på kveldstid. Næringsbygningene er fra ca. 1960- fram til i dag. Frognerparken med Frognerbadet og Frognerstadion opptar store parkarealer for rekreasjon og idrettsaktiviteter. Noe villabebyggelse ligger nord-vest i området. Veas er et interkommunalt renseanlegg mottar overvann fra store deler av Oslo, Asker og Bærum kommune. VEAS eies av de tre kommunene.

Området er et knutepunkt for gjennomfart av bil-og kollektivtrafikk til boligområder vest for Oslo sentrum og til Bærum.

4.1.8 AVRENNINGSMØNSTRE



OVERORDNET OVERSIKT OVER AVRENNINGSMØNSTRE ETTER FALLFORHOLD OG OVERFLATEKVALITET

- Retning på vannavrenning
- Vann fra takflater sendes til avløpsnett hovedsakelig via indre takrenner

Et nedbørsfelt bestemmes av stedets topografi, hellinger i terrenget, kanter og overflatekvaliteter. Vann fra regn eller snøsmelting renner av på overflaten og samler seg i groper, forsengkninger eller i vassdrag. Hvert nedbørsfelt er topografisk avgrenset fra hverandre av høyder, rygger eller kanter i terrenget. Både store høydedrag og mindre kanter lager et vannskille som inndeler et stort, eller et lite område i ulike nedbørsfelt.



Trærnes vekstforhold ved Frognerparkens parkeringsarealer er ikke ideell. Kantstein ligger tett inntil treet's stamme og begrenser vanntilgangen til treet. Kantsteinens plassering er trolig utformet på denne måten for å beskytte treet mot skader fra brøytemaskiner.



AVRENNINGSMØNSTRE OG OMRÅDETS EIENDOMSGRENSER

- Retning på vannavrenning
- EIENDOMSGRENSER

Overvann i avløpsnett blir i dag sendt til renseanlegg på Bekkelaget eller i Bærum, Oslos nabokommune. Oslo kommune har ambisjoner om å behandle overvann lokalt, med ønske om å sende minst mulig overvann på avløpsnettet. Kommunens målsetting er at privatpersoner og næringer selv skal ta ansvar for overvannet innenfor sine egne tomtegrenser. Målsettingen er ikke formulert i lovverk (Vann- og avløpstaten 2010).

Kartet ovenfor forsøker å se på områdets avrenningsmønstre i forhold til de ulike tomt- og eiendomsgrensene. Avrenning er styrt etter topografi og overflatekvalitet. Er eiendomsgrensene og avrenningsmønstrene i ca-seområdet i konflikt? Kartet viser at avrenning fra vei- og gatestrekk samsvarer med eiendomsgrensene på de offentlige kjørearealene. Kantstein og asfalterte dekker styrer dette overvannet til avløpsnettet. Næringseiendommene har små utomhusarealer og tomtegrensene ved disse eiendommene ligger tett inntil selve bygningsmassen. Bygningene i området har gjerne indre takrenner koblet rett på avløpsnettet (Braskerud 2010). Avløpsnettet gir mulighet for å sende overflateavrenningen fra vei, gate og næringseiendommer direkte til bakkenettet innenfor områdets eiendomsgrenser. Dette kartgrunnlaget er utført manuelt og gir derfor kun en overordnet oversikt. En datamulighet for områdets avrenning vil gi en mer detaljert oversikt og et bedre sammenligningsgrunnlag.

4.1.9 NVES ADMINISTRASJONSBYGG

NVE-bygget er et sentralt element i NVE-kvartalet og denne oppgavens caseområde. Bygningen er tegnet av arkitektene Frithjof Lykke-Enger og Knut Enger og påbegynt bygget i 1964 som administrasjonsbygg for Norges vassdrags- og energiverk. Frognerelva ble underlagt bygningskroppen i utbyggingen, og elven går i dag i rør, rett under bygget. Deler av NVEs bygning og den tilhørende hagen ved byggets sørside er fredet av Riksantikvaren. Bygningen anses som en typisk representant for den modernistiske brutalismen, særpregt av tydelige, sterke bygningsvolumer i materialer som upussede betongflater, stål og glass (Riksantikvaren 2010). Hageanlegget er tegnet av landskapsarkitektene Morten Grindaker og Bjarne Aasen. Intensjonen ved hageanleggets utforming var å skape likhet med en 'norsk park' og gi 'en nordisk atmosfære' (Riksantikvaren 2010). Beplantningen i hageanlegget består av en gruppe bjerketrær plantet i en fri og naturlig lund med bunndekke av høyt plengress. Hageanlegget kontrasterer den enkle, stringente og modernistiske arkitekturen. Fasade, vannfall og deler av interiøret er også fredet av Riksantikvaren.



4.1.10 DEN URBANHYDROLOGISKE SITUASJONEN I NVE-KVARTALET

Hastig avrenning av overvann fra asfaltert veibane. Veien er trafikkpåvirket og sluk i bakken leder forurenset overvann direkte til den rørlagte Frognerelva.

NVEs administrasjonsbygning strekker seg i området ved Frognerelvas tidligere løp. Elven føres i rør ca 300 meter før den åpnes mot Frognerdammen. Terrenget faller mot det tidligere elveløpet. Mye av området er asfaltert eller dekket av bebyggelse.

Gressbakkene i Frognerparken består av jordmasser med mye høyt leireinnhold. Leirholdige jordlag har dårlig infiltrasjonsevne og mye regnvann renner av terrenget til sluk og avløpsnett.

Vegetasjon trenger seg opp i gjennom sprekker i tettet belegg i veibanen.

Parkeringsplass utgjør et stort asfaltert område ved Frognerparkens inngang. Trær har dårlige vekstforhold, overflatevannet føres til sluk, kantstein styrer vannets vei til sluk.

Frognerelva åpnes i erosjonsutsatt skråning omkranset av krattvegetasjon i et utløp ved Frognerdammen. Vannmassene gir fra seg dårlig lukt.

Et lite strekk av Frognerelva åpnes i dagen, før den igjen legges i kulvert og føres i rør ca 300 meter før utløp mot Frognerdammen. Skråningene mot elva er preget av erosjonsskader, trolig utløst av stor overflateavrenning. Elvevannet er i dårlig forfatning og lukter dårlig.

Damdannelser av forurenset veivann går direkte til den rørlagte Frognerelva gjennom sluk. Regnvann styres av tette flater og kantstein. Synlige forurensninger i veivannet fra trafikkerte arealer.

Hastig avrenning på tette flater med noe fall. Vannmasser ledes trolig direkte til Frognerbekken gjennom avløpsnett i bakken.

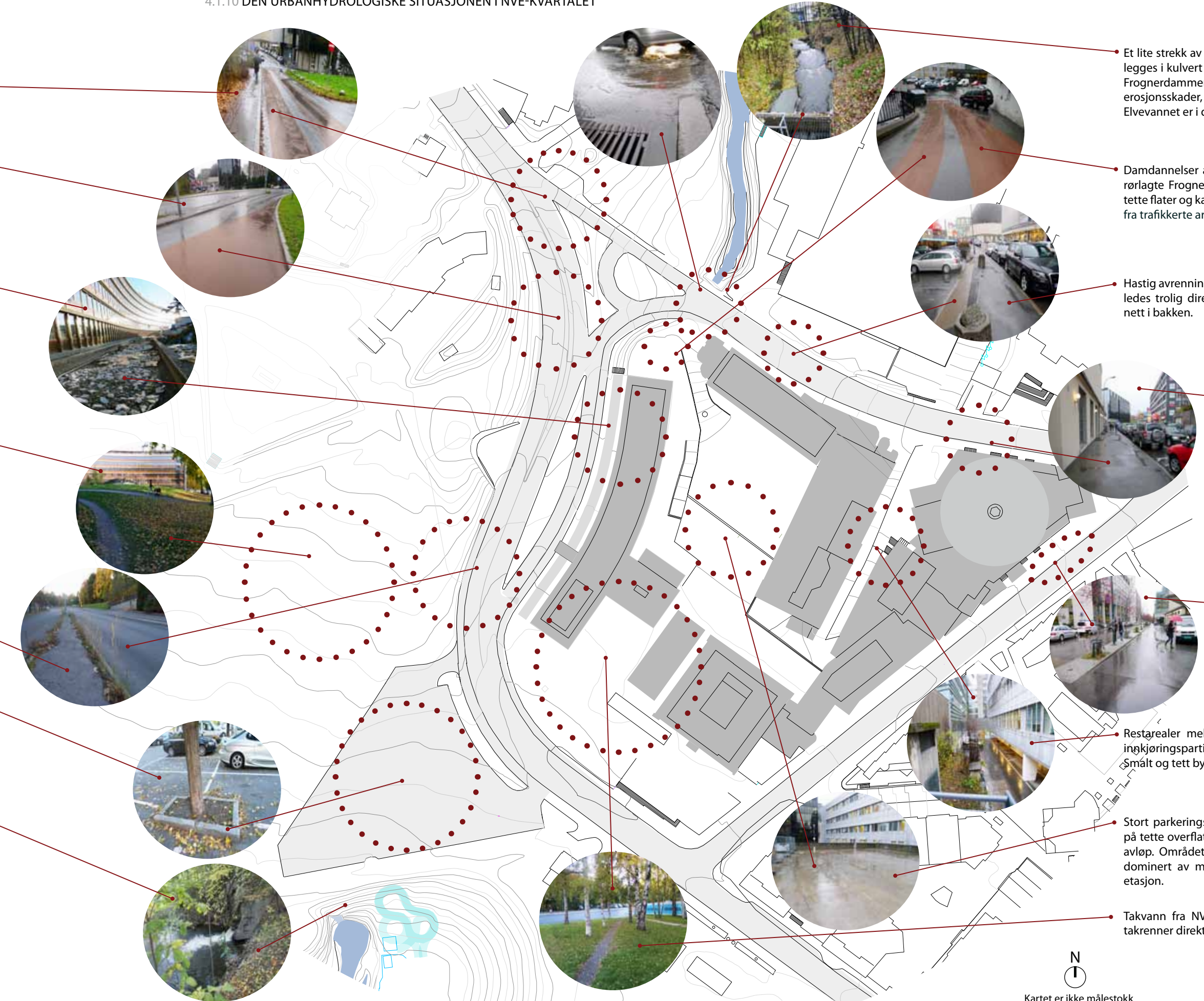
Rask avrenning til gatesluk på et sammensatt, tett dekke. Gateromsløsninger er preget av redusert kvalitet dominert av parkeringsarealer.

Regnvann fra gate, fortau og tak sendes til avløp. Gateromsløsninger med redusert kvalitet dominert av parkering og tette dekker.

Restarealer mellom bebyggelse, store nivåforskjeller i inngjøringspartier, parkeringsarealer og parkeringslokk. Smått og tett byrom med små beplantningsfelter.

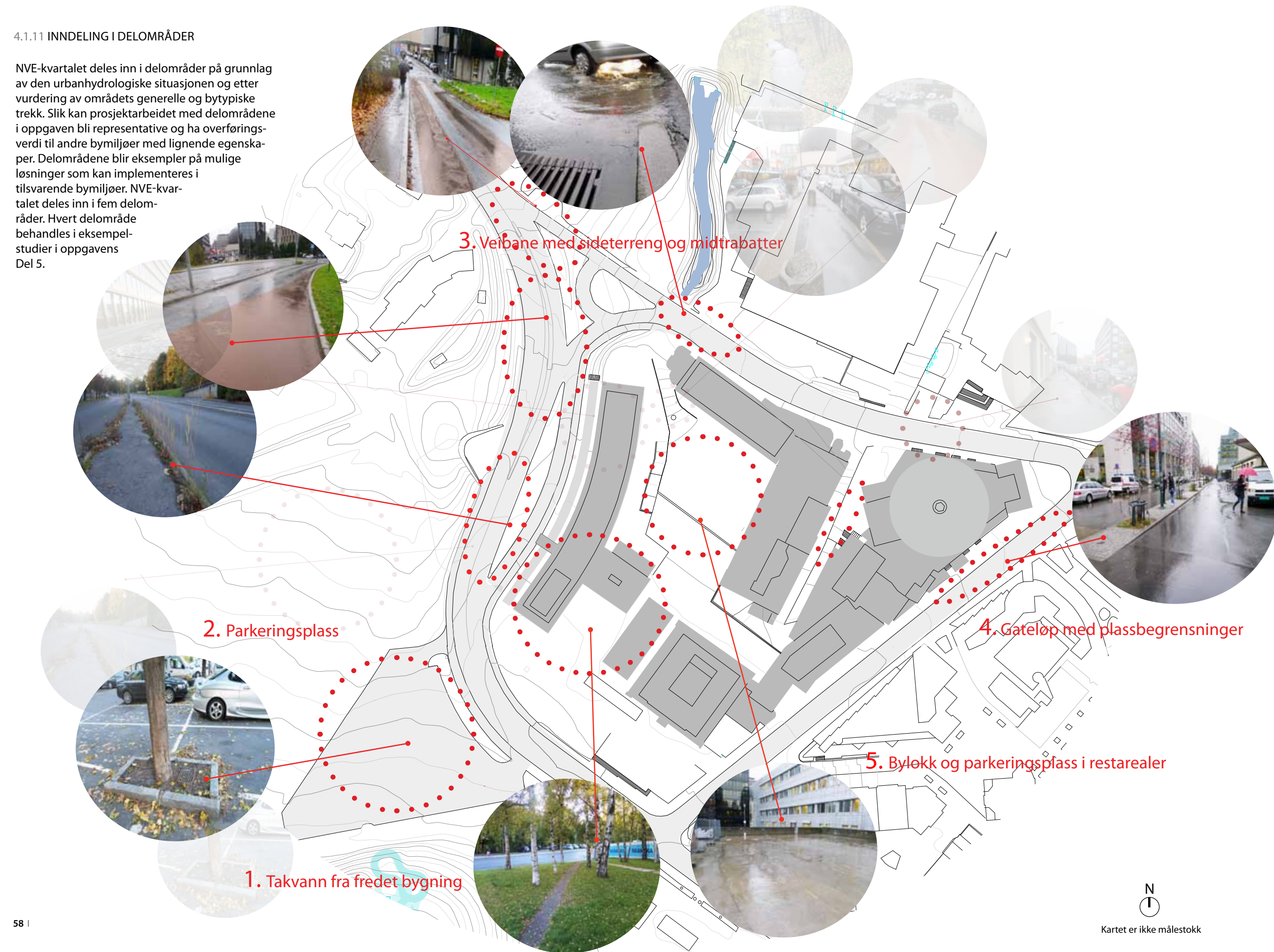
Stort parkeringsområde i over to plan. Overvann ledes på tette overflatedekker av asfalt eller betong til sluk og avløp. Området kan minne om typiske klippelandskap dominert av mineralske flater. Området mangler vegetasjon.

Takvann fra NVEs administrasjonsbygning ledes i indre takrenner direkte til den rørlagte Frognerelva.



4.1.11 INNDELING I DELOMRÅDER

NVE-kvartalet deles inn i delområder på grunnlag av den urbanhydrologiske situasjonen og etter vurdering av områdets generelle og bytypiske trekk. Slik kan prosjektarbeidet med delområdene i oppgaven bli representative og ha overføringsverdi til andre bymiljøer med lignende egenskaper. Delområdene blir eksempler på mulige løsninger som kan implementeres i tilsvarende bymiljøer. NVE-kvartalet deles inn i fem delområder. Hvert delområde behandles i eksempelstudier i oppgavens Del 5.



1. GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Næringsbygg med tilhørende hageanlegg.

SPESIELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Bygning og hageanlegg er regulert av fredningsbestemmelser. Anlegget har høy synlighetsgrad ved Frognerparken.

Kan takvannet fra NVEs bygning håndteres i et regnbed plassert i det fredede hageanlegget uten å gå i konflikt med Riksantikvarens regelverk? Kan regnbedet bidra noe positivt til et aldrende hageanlegg?



2. GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Parkeringsplass med høy belastning.

SPESIELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Parkeringsareale ved Frognerparken.

Kan overflatevann fra parkområdet og parkeringsplassen håndteres i ettermonterte regnbed uten å innvirke på parkeringsplassens bruksområde?



3. GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Veibane med sideterreng og midtrabatter.

Glatte, tette, asfalterte flater med fall gir hurtig avrenning av overvann ved svingen i Middelthunsgate. Kan overvann ledes til regnbed i midtrabatter og sideterreng uten å forstyrre trafikale behov? Kan spesialtilpassede kantstein la overvannet renne til ettermonterte regnbed langs veibanen?



4. GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Gateløp med plassbegrensninger.

Gateløp for bil- og kollektivtrafikk med kino, kaféer og handlesenter. Kan regnbed for takvann og veivann tilpasses gateløpet uten å gå i konflikt med plassbehov og brukere? Kan regnbedet bidra med noe positivt til en travel gate med stor variasjon av brukere?



5. GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Restarealer mellom bygninger. Parkeringslokk og parkeringsplass uten sidearealer.

SPESIELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Parkeringslokk ved parkeringsplass med beliggenhet på bakkeplan.

Kan delområdets overvann håndteres i regnbed på parkeringslokk og parkeringsplass? Kan tilpasning av regnbed tilføre noe positivt til den lokale situasjonen?



DEL 4
ETTERMONTERING AV REGNBED I NVE-KVARTALET



1.

5.1 TAKFLATE Regnbed for takvann fra fredet bygning

GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Næringsbygg med tilhørende hageanlegg.

SPESIELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Bygning og hageanlegg er regulert av fredningsbestemmelser. Anlegget har høy synlighetsgrad ved Frognerparken.

STEDSKARAKTERISTIKK
Det modernistiske NVE-bygget er storslått og stramt, og troner over den nedlagte Frognerelva som ligger i rør under bygningen. Bygningens lange fasade følger Middelthunsgate i en buet langs kurvaturen i veien, og danner et åpent rom omkring byggets hovedinngang. En lang, smal fontene følger langs hele bygningsfasaden. Inngangen til bygget er en bro som går over fontenen, som om fontenen var en brusende elv.

Hageanlegget ligger på sørsiden av bygget og lager en kontrast til bygningens stramme linjer. I hagen står høye, frie bjørk og grupper og langvokst gress dekker bakken. Bjørka er et tre som er viltvoksende i hele Europa og i enkelte nordiske land er treet et nasjonalt symbol. Plantevalget i hageanlegget oppfyller landskapsarkitektens intensjoner om å skape en nordisk stemning tilknyttet NVE-bygget (Riksantikvaren 2010). Beplantningen speiler et plantesamfunn typisk for det norske, og komposisjonsprinsippet i hageanlegget underbygger ønsket om å gjenspeile et naturlig uttrykk. Hageanlegget ble anlagt med bygningen rundt 1964. Dette gir bjørketrærne en alder på rundt 50 år i dag. NVE-byggets hageanlegg er innlemmet i Riksantikvarens fredningsvedtak.

Regnvann fra bygningens tak ledes i dag ned i indre takrenner, trolig direkte til den rørlagte Frognerelva. For å kunne håndtere bygningens takvann i regnbed, må avrenningen fra taket ledes til det omkringliggende terrenget. Riksantikvarens fredningsvedtak omfatter både fasadens utside og innside (Thorvaldsen 2010) og nedløpene for avrenningen kan ikke plasseres i forbindelse med fasaden uten å gå i konflikt med bygningens framtoning. Fredningsbestemmelsene legger dermed restriksjoner ved endringer i plassering av bygningens taknedløp.

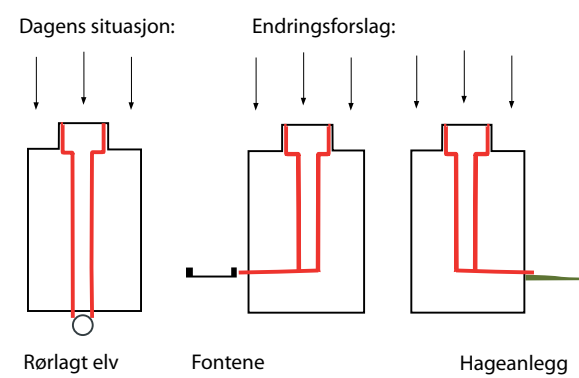
UNDERSØKELSESMOMENTER:
Kan takvannet fra NVEs bygning håndteres i et regnbed plassert i det fredede hageanlegget uten å gå i konflikt med Riksantikvarens regelverk? Kan regnbedet bidra noe positivt til et aldrende hageanlegg?

TEKNISK LØSNING
Løsningsforslaget for regnbed ved NVE-bygget vil dele avrenningen fra taket i to deler. Taknedløpene fra den nordlige delen av bygget trekkes ut i vest og takvannet fra den sørlige takflaten trekkes ut til hageanlegget i sør. Taknedløpene følger ordinær plassering helt ned til bygningens 1. etasje. Her føres nedløpene ut av bygget, med trekkpunkter fordelt langs hele fasaden.

I den sørlige delen av bygget ledes takvannet ut i hageanlegget, der det fordrøyes og infiltreres i et regnbed som tilpasses den fredede hagens uttrykk. Takvannet ledes ut fra 1. etasje og over den slakt fallende gressplenen i grunne, gresskledd forsengkninger i bakken. Regnbedet plasseres inntil den eksisterende bjørkelunden.

Avrenningen fra den nordlige takflaten trekkes ut i punkter ved fasadens vestsida. Takvannet ledes til fontenen på vestsiden. Slik kan den eksisterende fontenen utnyttes som et fordrøyningsbasseng/steinfyllingsmagasin som kan ta i mot, forsinke og fordrøye deler av byggets takvann. Fordrøyningsbassengene går i overløp til det ordinære avløpsnett i sør-enden av fontenen. Denne løsningen vil utnytte fontenen til fordrøying for avrenningen og avlaste avrenningen til regnbedet i hageanlegget.

Takvannet erstatter fontenevannet som tilføres fontenen i dag og løsningen vil synliggjøre regnvannet i fonteneutsmykkingen. På denne måten kan nedbørstilfeller bli en del av bygningens utsmykking – tørrlagt når det ikke regner og dekket av vann i større regnskyll. Løsningen er med på å belyse variasjonene i nedbørsforholdene som et dekorativt element. Steinutsmykkingene i bassenget vil opprettholde det opprinnelige dekorative uttrykket og fontenen bevarer utsmykkingens opprinnelige design i en installasjon som nå også fordrøyer takets avrenning.



Takvann ledes i dag i indre takrenner til den rørlagte Frognerelva. Dette utformingsforslaget trekker takrennene ut av bygningen i første etasje og til det omkringliggende landskapet. Se illustrasjon på side 63 for mer detaljert beskrivelse.

**UTFORMINGSPRINSIPP
DIMENSJONERING**
Bygningens flate tak utgjør et areal på 2400 m² (0.24 hektar). Takflaten er tett og gis en avrenningskoeffisient på ca. 0.9 (90%). Ved tårsregn, med 15 minutters varighet, vil 174 liter vann renne fra takflaten hvert sekund. Dette tilsvarer ca. 34 m³ regnvann. Fra takflatens nordre del utgjør avrenningen ca. 19.7 m³. Avrenningsmengdene fra den sørlige delen av taket utgjør ca. 14.1 m³. Et regnbed på 131 m² kan behandle avrenningen i hageanlegget. Fontenen ved byggets fasade omformes til et steinfyllingsmagasin som behandler resten av takets avrenning. Tabellen til høyre viser beregningene.

MIKROKLIMA
Det sørvendte hageanlegget er utsatt for mye sol og ligger godt skjermet for kalde nordøstlige vindretninger. Bygningens fasade ligger vestvendt, godt skjermet med mye lys. Områdets herdighetszone ligger rundt H3- H2. Veibanen i Middelthunsgate saltet vinterstid.

PASSERING, FORM OG PLANTESAMMENSETNING
Riksantikvarens fredningsbestemmelser fastsetter at 'ved mindre inngrep bør det tas utgangspunkt i bygningens arkitektoniske særpreget og materialvalg' (Riksantikvaren 2010). I og med at hageanlegget er innlemmet i fredningsbestemmelsene legger regelverket også føringer for hvordan ettermonteringen av et regnbedet i NVEs hageanlegg utformes. For å følge opp Riksantikvarens regelverk, vil regnbedet i hageanlegget ta utgangspunkt i den eksisterende beplantningen. Den værende bjørkelunden setter tonen for regnbedets plantesammensetning, form og plassering. Regnbedet gis et uttrykk som forsøker å inngå i et samspill med den eksisterende beplantningen og følge opp den 'nordiske tonen' satt av landskapsarkitektene.

Regnbedet plasseres inntil bjørkelunden og vil forsøke å gli inn i den eksisterende lunden. Regnbedet beplantes med en gruppe av unge fukt- og tørketålende bjørketrær (Betula pubescens) i en fri komposisjon som fører seg inn i hagen. Lavtvoksende stauder med svak blomstring dekker bunnen under trærne. Regnbedets planter ligner på den eksisterende beplantningen og regnbedet forsøker å bygge opp under landskapsarkitektens opprinnelige utgangspunkt. Samtidig kan de nyplantede bjørketrærne tilføre en gradvis fornyelse av trærne i det aldrende anlegget. Om rundt 30 år er de nåværende bjørkene i hageanlegget gamle, gitt at et bjørketre har en levetid på omtrent 80-100 år. Et regnbed beplantet med ung bjørk vil kunne gi rom for at en ny generasjon bjørketrær kan ta over for de eldre i god tid før de utgår. Slik kan et regnbed ettermontert i hageanlegget, gi styrke og en mulighet for bevaring av beplantningen i den fredede hagen.

Stauder og gress-arter dekker regnbedets bunn mellom bjørketrærne. Lave markjordbærplanter tåler de tørreste partiene ved bedets kant, og plantenes bladverk glir inn i den omkringliggende gressplenen. Enghumleblom fyller bunnen i sentrale partier i regnbedet. Den noe høyere-vokste perlebreg-



Fontenen er utsmykket i en steinsatt bunn. I perioder med lite regn vil steinmønsteret også gi fontenen et dekorativt uttrykk når rennen er tørrlagt. Drikkevann kan tilføres rennen for å opprettholde vannstanden i perioder om regn skulle utebli.

nen danner, sammen med starr-gresset, et grønt, tett teppe rundt bjerkestammene. Staud- og gressartene kan alle være representative for typiske nordiske arter. Plantesammensetningen og komposisjonsprinsippet for regnbedet utdypes på side 65.

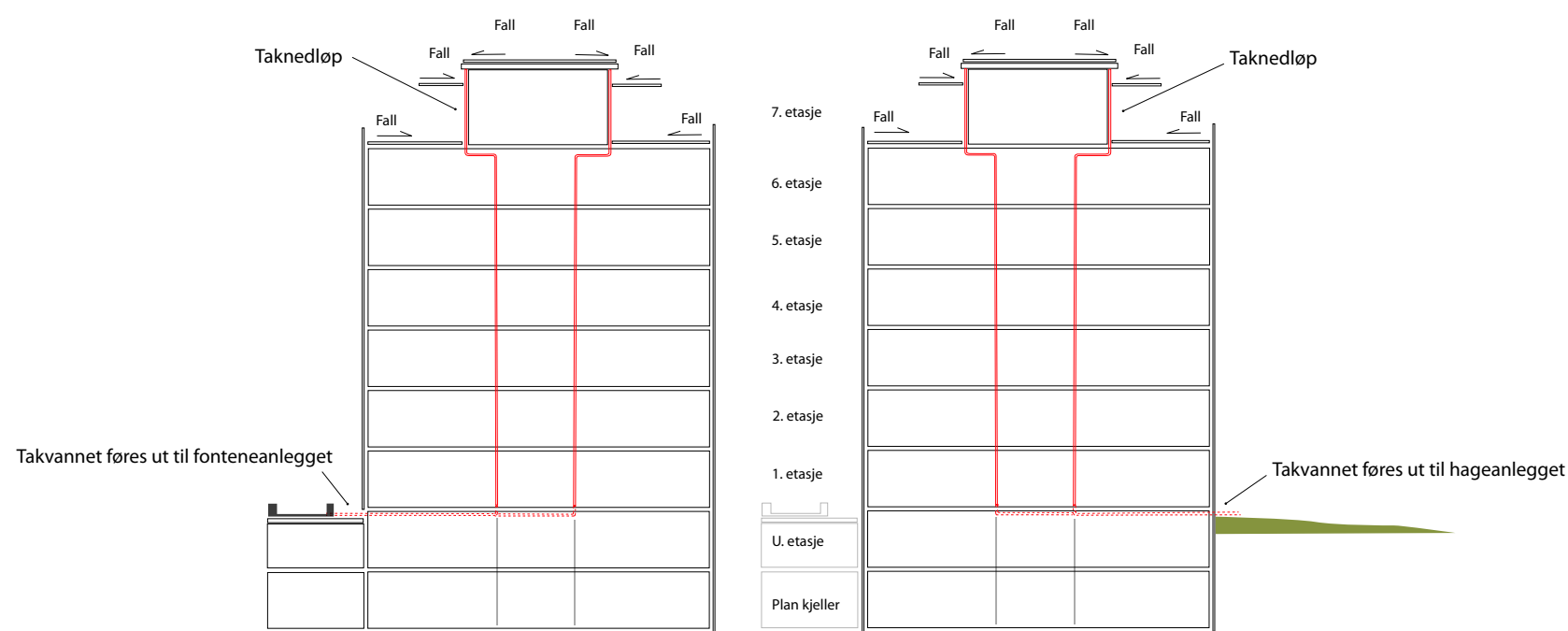
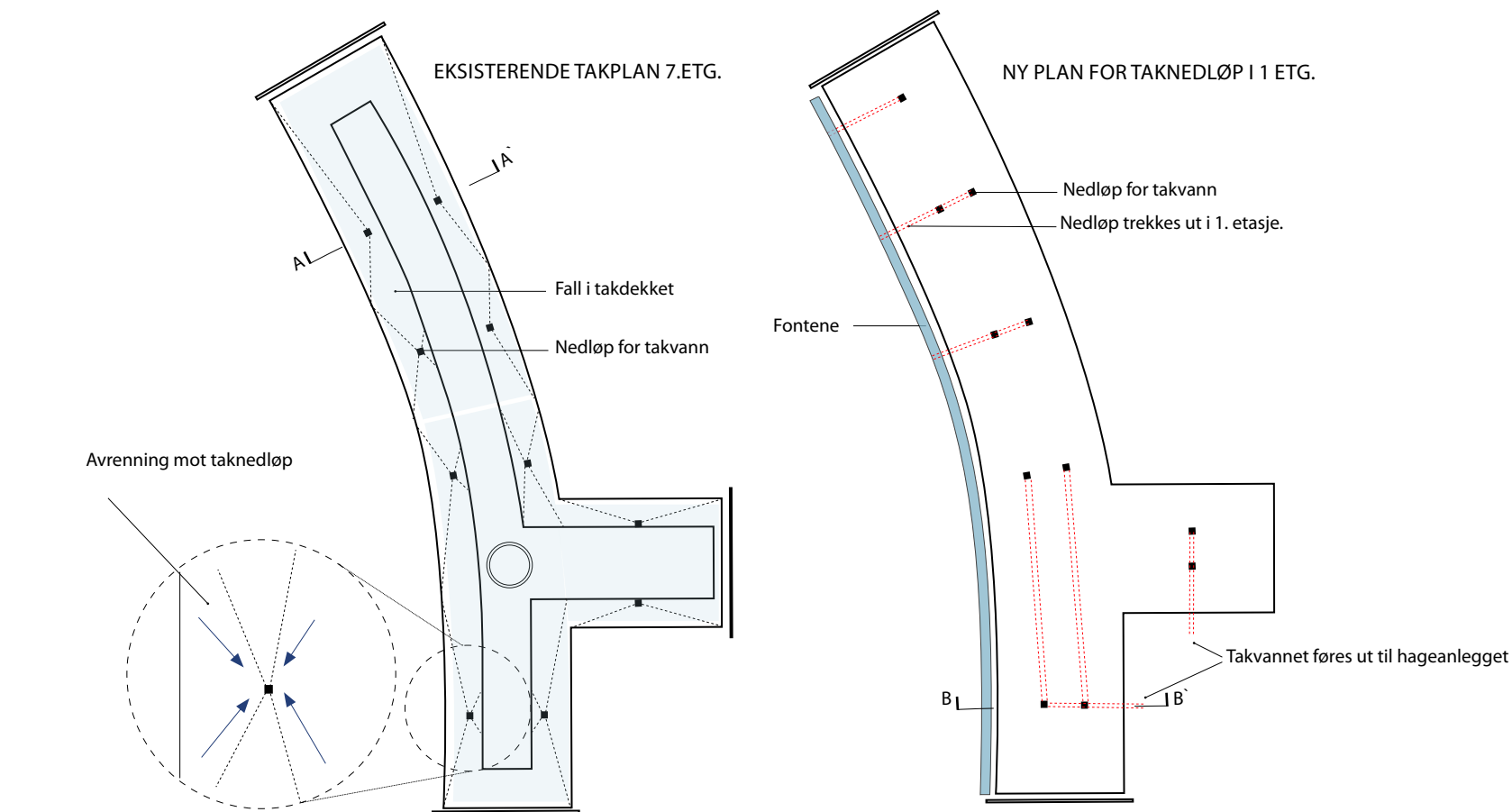


Regnbedet i hageanlegget mottar avrenning fra den sørlige halvparten av takflaten og fra østre sidefløy. Overvannet fra takets nordre del sendes til fontenen ved bygningens inngangsparti. Her synliggjøres vannet langs fasadens lengde, mens det forsinke og fordrøyes i den lange, steinsatte rennen.



■ NEDBØRSFELT ■ PLASSERING REGNBED

Nedbørsfelt	Takflatens søndre del	Takflatens nordre del
Areal (A)	0.14 hektar	0.1 hektar
Nedbørsintensitet (i) ved 10års regn.	174 liter/ sekund	174 liter/ sekund
Avrenningskoeffisient (C) (overflatens permeabilitet).	0.9 (90%)	0.9 (90%)
Avrenning (Q)	21.91 liter/ sekund	15.66 liter/ sekund
Avrenning i kubikkmeter vann pr. 15 min.	19.7 m ³	14.1 m ³
Anleggets størrelse dimensjonert med 15 cm vannhøyde	131 m ²	93 m ² (Fontenens areal: 397 m ²)



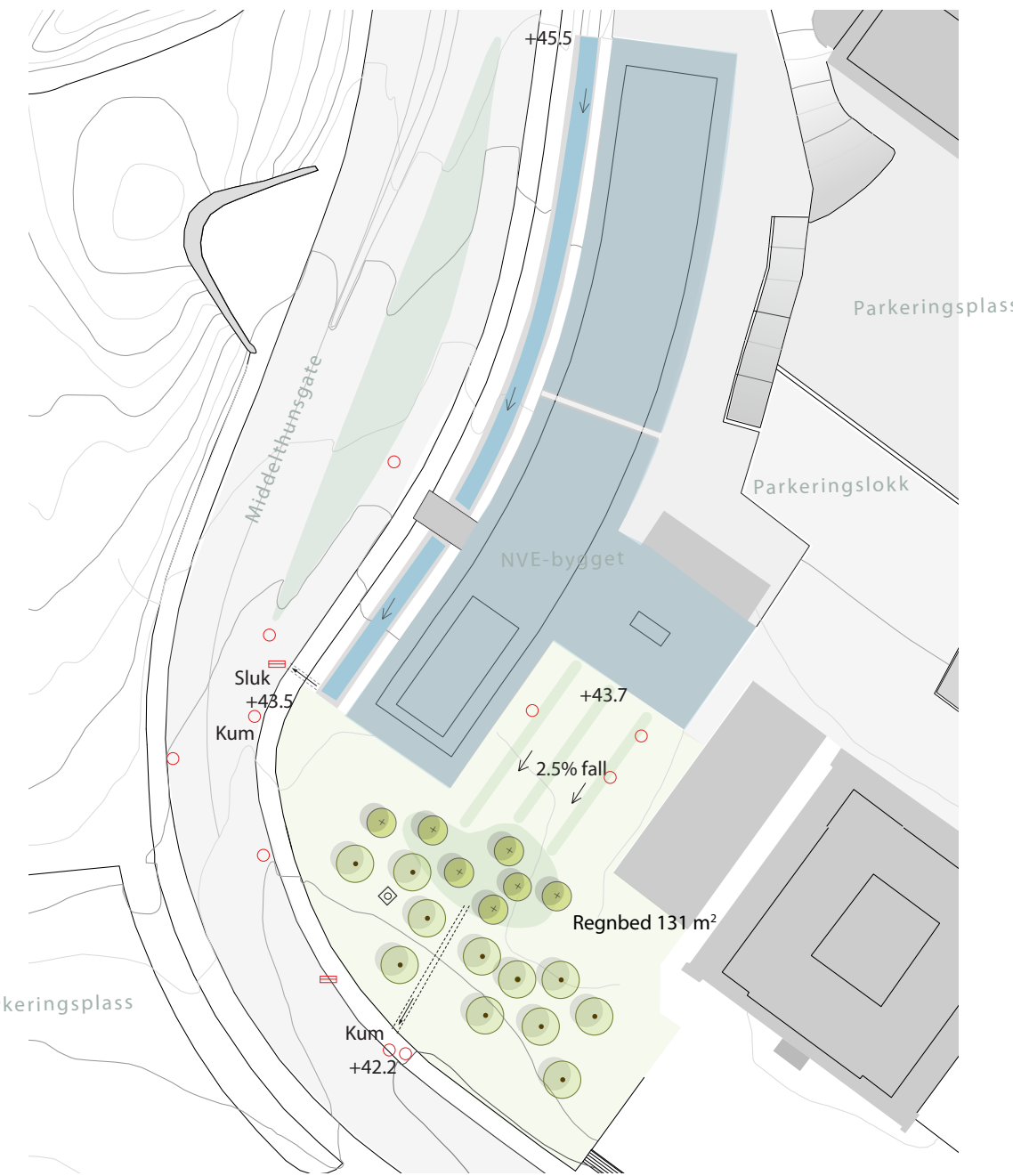
PRINSIPPSNITT A-A'

I dette forslaget trekkes de indre takrennene ut i 1. etasje og takvannet håndteres i landskapet rundt bygningen - i hageanlegget og i den eksisterende fontenen ved hovedinngangen.

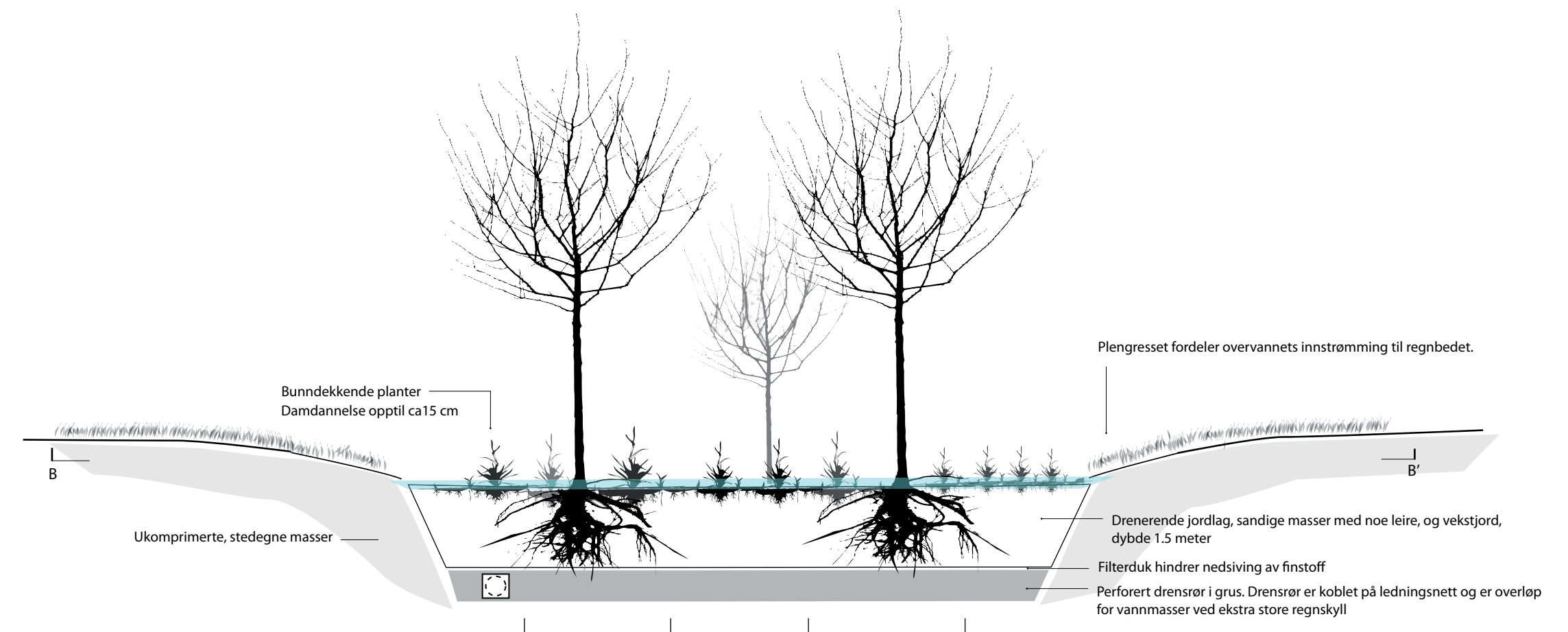
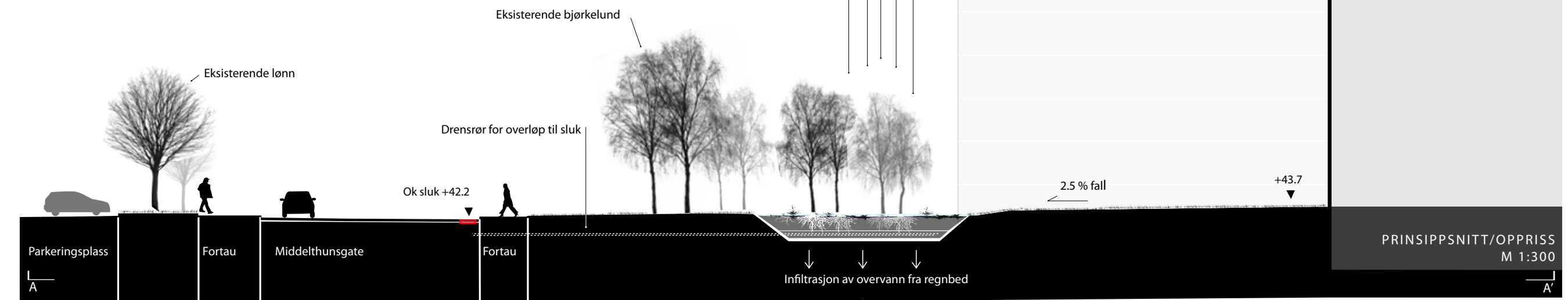
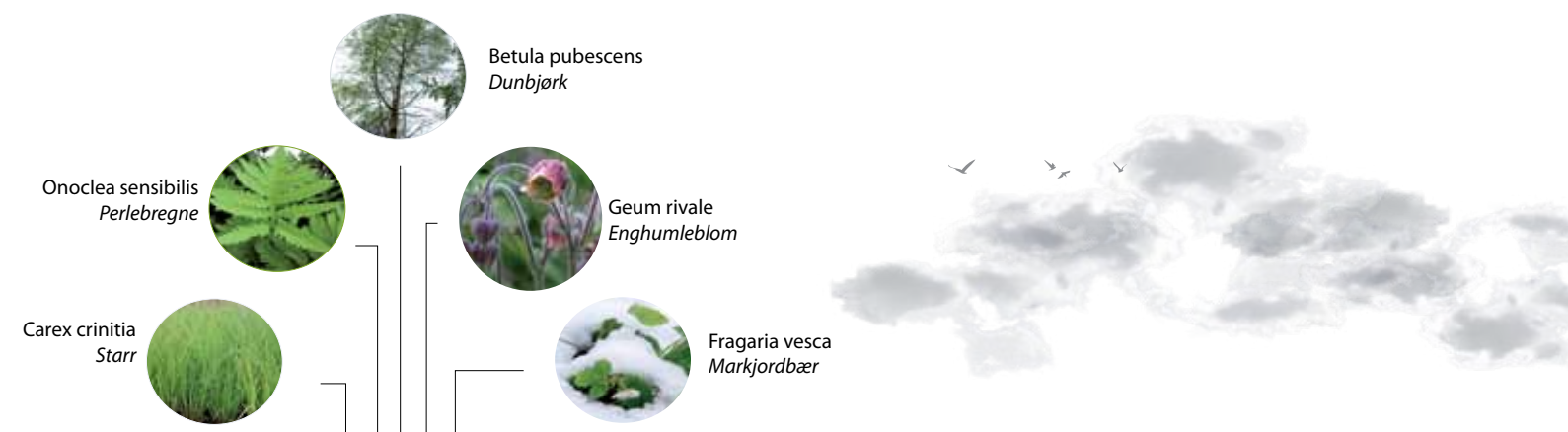
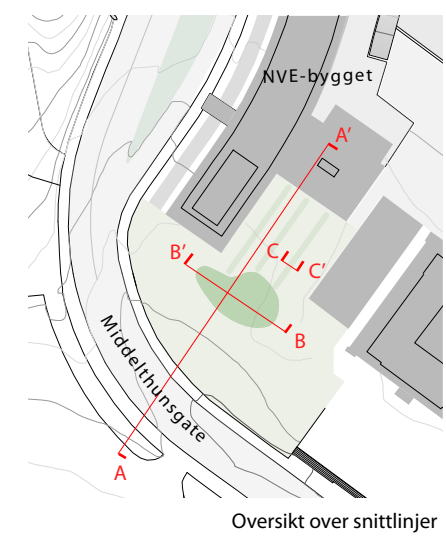
PRINSIPPSNITT B-B'

REFLEKSJONER
NVEs hageanlegg er fredet av Riskantivaren. Anlegget ble tegnet på 1960-tallet av landskapsarkitektene Morten Grindaker og Bjarne Aasen og består av en fri gruppe bjørk og lave, grønne bunndekkerne. I forslaget til ettermontering av et regnbed for takvannet fra NVE-bygget, forsøker regnbedet å legge seg mest mulig sømløst inntil den eksisterende vegetasjonen, uten å skape en visuell og utformingsmessig kontrast til den etablerte bjørkelunden. Regnbedet beplantes med lik vegetasjon til den eksisterende beplantningen, i en gruppe av unge bjørketrær. Bjørka er en art som tåler de vekslende fuktighetsnivåene som oppstår i regnbedet. Bjørketrærne plasseres etter likt komposisjonsprinsipp som den eksisterende vegetasjonen. Etableringer av unge bjørketrær i anlegget gjør at vegetasjonens dynamikk kan følges og regnbedet tilfører en styrke til det fredede hageanlegget over tid. Samtidig vil regnbedet kunne håndtere regnavrenning fra takflaten som tilsvarer et tiårs regn. De unge bjørkene vil med tiden vokse seg store og ta over for de aldrende trærne, og takvannet infiltreres til jordsmønn og ned i grunnen. Det ettermonterte regnbedet innlemmes i det eksisterende anlegget i en løsning som gir kraft og holdbarhet til den fredede hagen.

Riksantikvarens regelverk legger føringer for bygg- og anleggssendringer. I dette tilfellet ser vi at de indre takrennene og vernereglementet omkring NVEs bygning styrer anleggelsen av et regnbed i det tilhørende hageanlegget. I dette, noe særegne eksemplet, foreslås det en løsning for håndtering av byggets bakvann som et to-delt prosjekt. Regnbedet i hageanlegget inngår i kombinasjon med et fordrøyningsbasseng/steinfyllingsmagasin i den eksisterende fontenen som tar imot deler av takvannet. Fontenen blir omformet til et fordrøyningsbasseng for omtrent halvparten av takets avrenning. Fordrøyningsbassenget tillater ikke infiltrasjon til grunnen eller bruk av vegetasjon, men løsningen gir en forsinkning og fordrøying av takvannet. Ved ekstra store regnskyll vil fordrøyningsbassenget gå i overløp til avløpsnett. Dette forslaget benytter seg av det som finnes på stedet og forsøker å bruke eksisterende installasjoner for mulige løsninger for håndtering av nedbørsfeltets avrenning. På denne måten kan eksisterende installasjoner re-designes og gis nye funksjoner, samtidig som stedets kvaliteter vernes om og bevares.

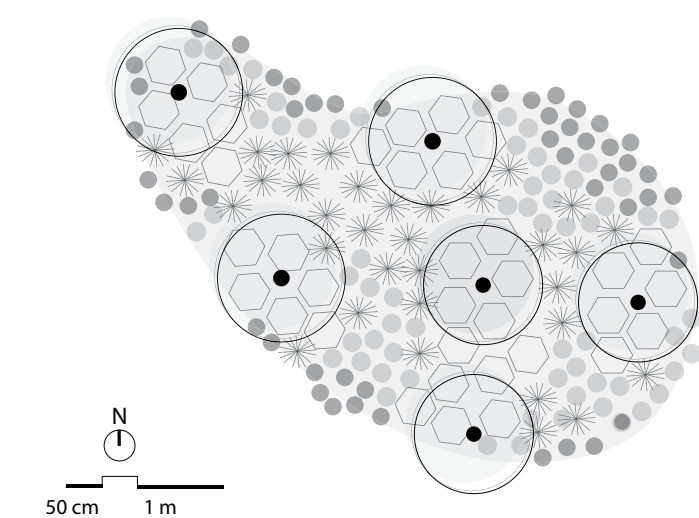
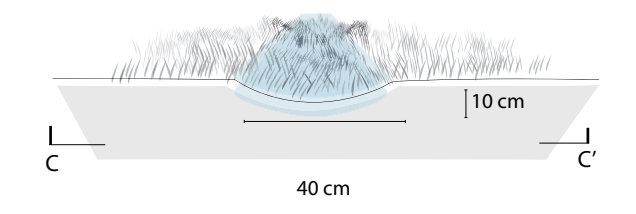


- ▬ Fordrøingsbasseng
 - ◆ Statue
 - Eksist tre
 - Nytt tre
 - ▭ Regnbed
 - ▬ Sluk
 - Kum
 - ▬ Drensrør
- N
M 1:800



PLANTEVALG OG KOMPOSISJONSPRINSIPP
Dunbjørken plantes i en fri gruppe, på lik måte som i den eksisterende tregruppen. Bjørk stiller få krav til jorda, og treet tåler både fuktighet og perioder med tørke. Den solrike plasseringen gir gode vekstvilkår for trærne. Bjørk kan være sensitiv til veisaltning. Treet kan tåle salt mot jorda, men er følsom til saltsprut mot trekrona (Sanda 1993). I komposisjonen grupperes de bunndekkende staudene i løse felter utover i regnbedet. Den høyeste voksende Perlebregnen omkranser trærnes stamme. Perlebregnen kan bli opptil 80 cm høy. Planten tåler fuktigheten sentralt i regnbedet og den lette skyggen under treetts krone. Gressarten, Carex crinitia, er også tolerant til fuktigheten som oppstår i regnbedets grunneste steder. Dette gresset plasseres slik at det omkranser trestammen og Perlebregnen i en ytre sirkel. Sammen dekker disse artene bedets indre og mest fuktige parti.

Enghumleblom og Markjordbærplanter er mer tørkekrevende arter, og særlig markjordbær vil være følsom mot 24 - 48 timers neddykking i vann. Artene er gode bunndekkerere ved regnbedets tørre kanter. Markjordbær plasseres mot regnbedets ytterkant. Mot gressplenen kan stauden gi en myk overgang mot gressplenen. Markjordbær blomstrer i hvitt, og gir delikate røde bær. Enghumleblom, også i rose-familien, blomstrer lenge i nikkende, rødlige små blomster. Artene trives i sandig, godt drenert jord. Med staudenes beskjedne blomstring blant bjørkestammer og gress, kan plantegruppen bidra til å gi et naturtilnærmet uttrykk. Regnbedets framtoning kan mulig gi assosiasjoner til spontan, nordisk vegetasjon og gi en uformell og naturalistisk atmosfære.



- Betula pubescens, Dunbjørk
- Onoclea sensibilis, Perlebregne
- * Carex crinitia, Starr
- Geum rivale, Enghumleblom
- Fragaria vesca, Markjordbær



5.2 PARKERINGSPLASS

Regnbed for avrenning fra parkeringsplass

GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Parkeringsplass med høy belastning.

SPEISIELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Parkeringsareale ved Frognerparken.

STEDSKARAKTERISTIKK
Parkeringsplassen er benyttet for korttidsparking for majorstuaområdets besøkende. Parkeringsplassen ligger inntil Frognerparken, i fallende retning mot Frognerelvas utløp. Parkeringsområdet og omkransende gangveier er en av inngangspartiene til Frognerparken. Ved parkeringsplassens nedre og nordre del, går en gangvei inn til Frognerparkområdet. Gangveien ligger mellom parkeringsplassen og et område med selvøst krattvegetasjon rundt Frognerdammens utløp. Vegetasjonen om elveutløpet skjermer for innsyn til Frognerbadet som ligger i en amfilignende terrengform ned mot Frognerdammen.

Parkeringsplassen er beplantet med lønnetrær (*Acer pseudoplatanus*), samme art som i parkens alléer. Gangveien har også allébeplantning. Lønnetrærne på parkeringsplassen har begrensede vekstforhold. Trærne har lite jord og trestammene er omkranset av kantstein som stanser tilrenningen av regnvann til treet rot. Asfaltdekket og kantstein er lagt helt tett inntil treet stammer, se dokumentasjon fra befaring på side 55. Overvannsavrenning fra parkområdet og parkeringsplassen er forholdsvis stort i volum. Dette skyldes parkens leirholdige løsmasser og den asfalterte parkeringsoverflaten.

UNDERSØKELSESMOMENTER
Kan overflatevann fra parkområdet og parkeringsplassen håndteres i ettermonterte regnbed uten å innvirke på plassens bruksområde?

TEKNISK LØSNING
I dette forslaget vil plasseringen av regnbedene benytte seg av stedets naturlige fall i terrenget og avrenningens fallretning. Regnbedene legges til lavpunkter i terrenget omkring parkeringsplassen, slik at avrenning samles i infiltrasjonsarealer ved plassens randsoner (se skisse for utformingsprinsipp og plan over nedbørsfelt). Avrenningen fra parkområdet tas i mot i en rekke regnbed langs øvre del av parkeringsplassen. Avrenningen fra parkeringsplassen håndteres i regnbed ved plassens nedre del, i regnbed som strekker seg langs gangveien nedenfor parkeringsplassen. I dette regnbedet kan eksisterende beplantingsfelt utnyttes som infiltrasjonsarealer. Den eksisterende beplantningen erstattes av med en treerke med fukt- og tørketålende lønnearter (*Acer campestre* 'Elsrijk'). Slik beholdes parkeringsplassens og gangveienes

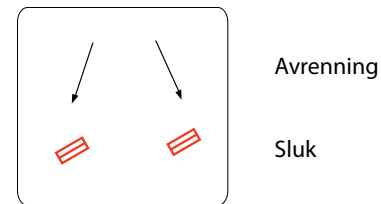
lønnetrær også i regnbedenes beplantning. Slisseåpninger i kantsteinene omkring regnbedene slipper til vannavrenning fra parkeringsplassen og parkområdet. Disse kantsteinene skjermer regnbedene for eventuell innkjøring av biler.

For de eksisterende lønnetrærne på parkeringsplassen foreslås det at trærne legges tilrette med bedre vekstforhold. Rotvønnlig forsterkingslag omkring treet rot vil kunne gi bedre forhold for plantevekst. Jorden forbedres og luft og vann kommer til trærnes røtter. Et slikt rotvønnlig forsterkingslag er beskrevet i konstruksjonsoppbygging for prosjektskisse i Delområde 4.

Lønnetrærne på parkeringsplassen kan legges på måter der trefeltet tar imot avrenningen fra parkeringsplassen. En slik løsning er ikke beskrevet i

UTFORMINGSPRINSIPP

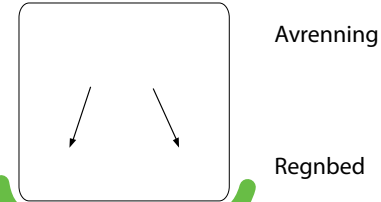
Dagens situasjon:



Avrenning

Sluk

Endringsforslag:



Avrenning

Regnbed

Skissen viser prinsipp for utforming av regnbed ved parkeringsplassen. Stedets naturlige topografi utnyttes ved å la avrenning renne til regnbedene ved plassens nedre kantsoner.

DIMENSJONERING

Terrenget i parkområdet utgjør et felt på ca. 2700 m² (0,27 hektar) som består av leirholdige, stedege masser. Leiren begrenser infiltrasjonsevnen i jordlagene og avrenningsfaktoren settes til 0,5 (ca. 50% tetthet). Slik anslås det at omtrent halvparten av regnvannet renner av fra terrenget, og avrenningen innvirker på gangveier i parken og den nedenforliggende parkeringsplassen. Ved tiårsregn, med varighet på 15 minutter, vil 174 liter vann renne av hvert sekund fra park- og parkeringsflater. Dette tilsvarer omtrent 81 m³ overvann fra nedbørsfeltet. Regnbedet nedenfor parkområdet dimensjoneres til en størrelse på 140 m². Regnbedet plasseres mellom parkområdet og parkeringsplassen.

Regnbedet nedenfor den asfalterte parkeringsplassen dimensjoneres med en avrenningskoeffisient på 0,9 (90% tetthet). Regnbedet for avrenning fra parkeringsområdet plasseres mellom gangvei

og parkeringsplass. Dette regnbedet dimensjoneres til en størrelse på 270 m². Tabellen til høyre viser beregningene.

MIKROKLIMA

Parkeringsplassen og det øvre parkområdet ligger sørvendt med mye sol. Noe bygningsmasse skjermer parkeringsområdet for kalde vinterinder fra nordøst. De store lønnetrærne gir flyktig skygge på parkeringsplassen. Veibanen i Middelthungsgate saltes vinterstid.

PLANTESAMMENSETNING

Regnbed ved parkeringsplass
Regnbedet som tar imot avrenning fra parkeringsplassen strekker seg langs gangveien fra Middelthungsgate og inn i Frognerparken. Plantene i regnbedet består av fukt- og tørketålende trær, busker og bunddekkende stauder. Oppbyggingen settes sammen i sjikt, i en sammenstilling som har likhetstrekk med krattvegetasjonen som har oppstått på gangveiens motstående side. Sammen med krattvegetasjonen vil regnbedets beplantning gi en romskapende effekt omkring gangstien og gi en opplevelse av at vegetasjonen lukker seg om gangveien. Plantene i regnbedet settes sammen slik at det blir en variasjon av arter i linjen, med en rytmisk repetisjon av planter langsmed beplantingsarealet. Komposisjonsprinsippet for regnbedet er illustrert på side 69 med en beskrivelse av det foreslåtte plantematerialet i regnbedet.

Regnbed ved parkområdet

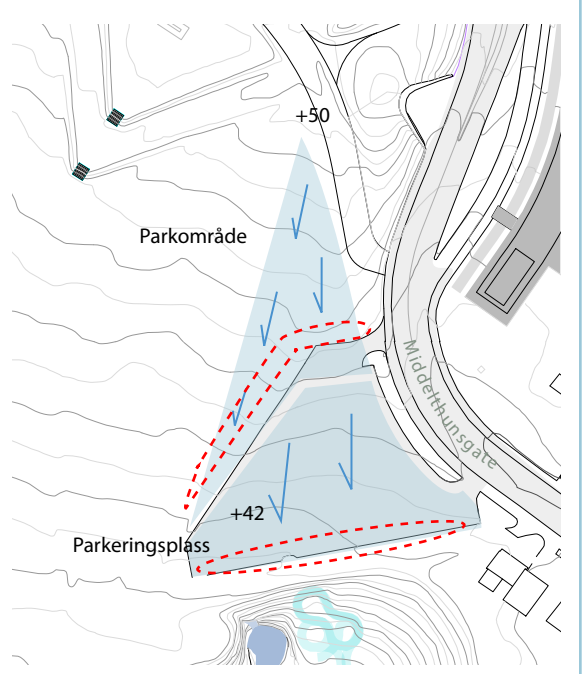
Regnbedet som tar imot avrenning fra parkområdet beplantes med en lik sjiktoppbygging som det beskrevet ovenfor. Plantevalget i dette regnbedet skiller seg kun i bruken av en lavere voksende buskart. Med bruk lavere planter vil sikt for de kjørende opprettholdes fra parkområdet mot Middelthungsgate og mot parkeringsplassens innkjøringsparti. Se mer om plantevalget og komposisjonsprinsippet for regnbedet på side 69.

REFLEKSJONER

Delområdet åpner opp for flere mulige løsninger for ettermontering av regnbed. De mange eksisterende grønne arealene og plantefeltene kan omlegges for infiltrasjon av overvann. Infiltrerende jordlag kan erstatte den eksisterende jorda og plantearter kan byttes ut med arter som tåler regnbedenes fuktigere vekstforhold. I dette løsningsforslaget gis eksisterende plantefelt en bruksendring og tilrettelegges for å håndtere avrenningen i delområdet. De værende plantefeltene gis en tilleggsfunksjon som fordroyer og infiltrerer avrenningen fra den asfalterte parkeringsoverflaten og fra de leirholdige gressbakkene i parken.

I dette forslaget er ettermonteringen av regnbedene forsøkt tilpasset på en måte som beholder mest mulig av den eksisterende treplantningen og som bevarer det samme antall biloppstillingsplasser. Kantstein markerer skillet mellom regnbed og kjørefelt, slik at både kjøretøy og beplantning beskyttes. Naturlig fall i terrenget leder overvannet mot regnbedsarealene og slisseåpninger mellom kantsteinene lar overflatevann renne inn til overvannsanleggene. Kantstein med slisseåpninger er tegnet i prinsippkisser på side 68.

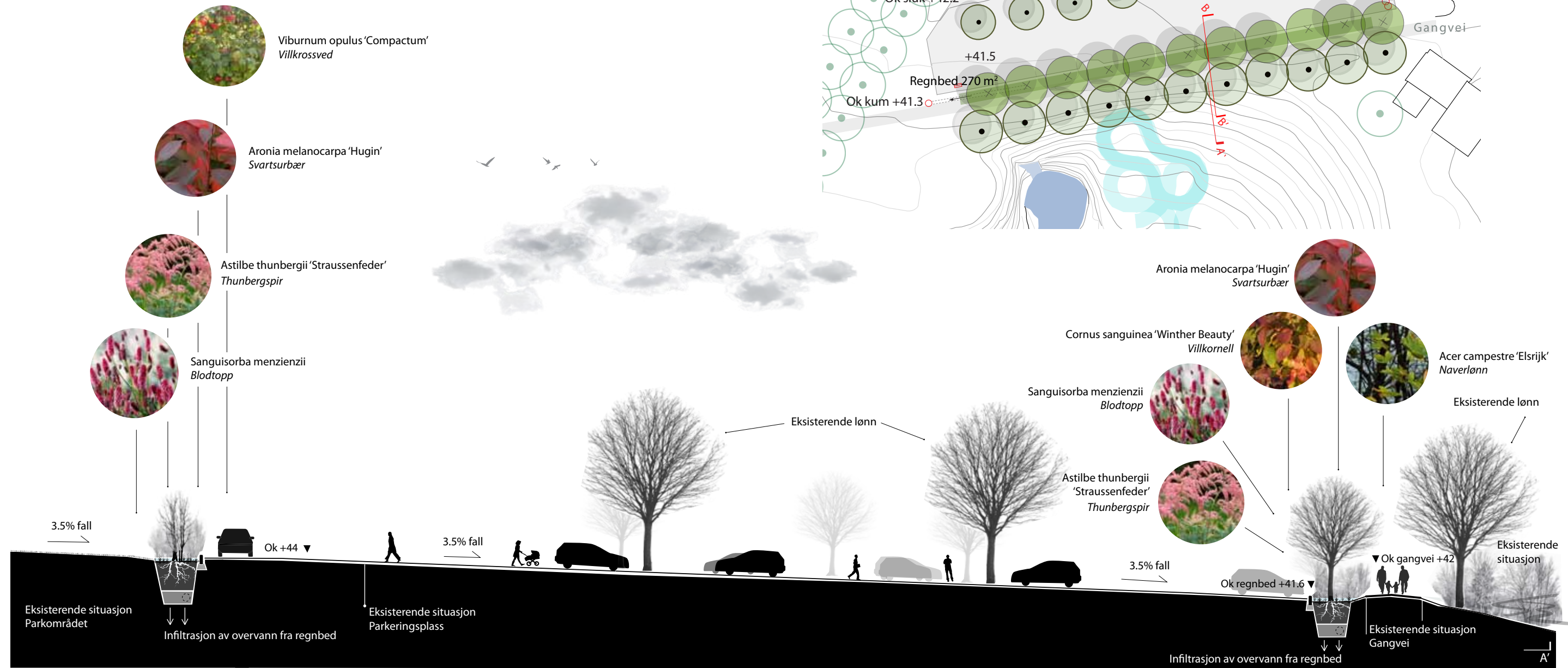
NEDBØRSFELT OG AVRENNING

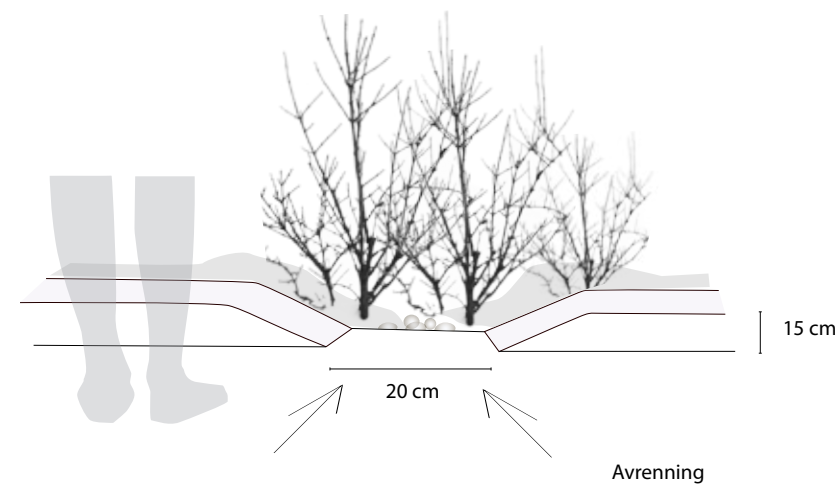


Nedbørsfelt	Parkeringsplass	Parkområdet
Areal (A)	0,43 hektar	0,27 hektar
Nedbørsintensitet (I) ved 10års regn.	174 liter/sekund	174 liter/sekund
Avrenningskoeffisient (C) (overflatens permeabilitet).	0,9 (90%)	0,5 (50%)
Avrenning (Q)	67,33 liter/sekund	23,49 liter/sekund
Avrenning i kubikk-meter vann pr. 15 min.	60,6 m ³	21,1 m ³
Regnbedets størrelse dimensjonert med 15 cm vannhøyde	270 m ²	140 m ²



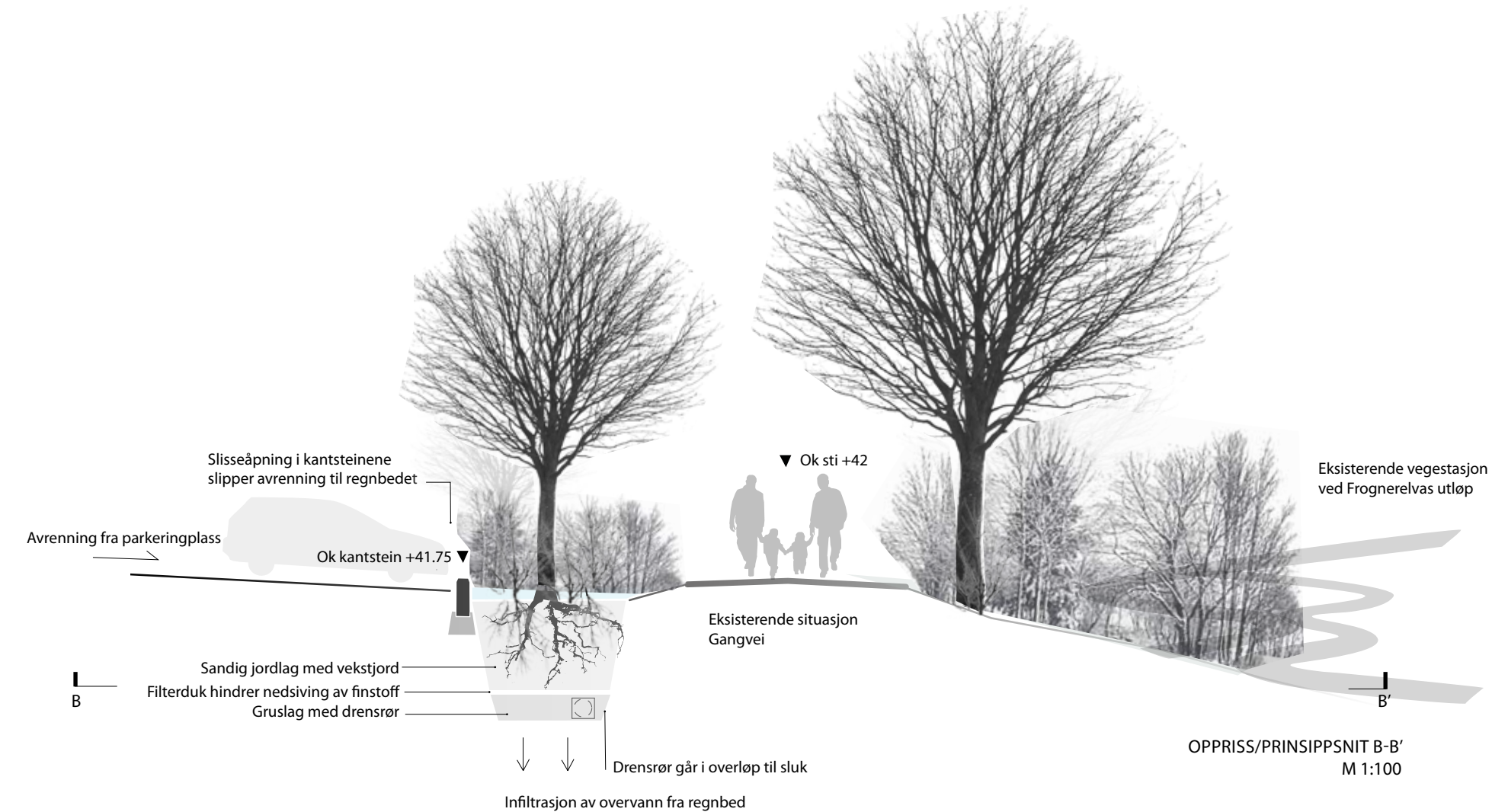
Et regnbed bygget opp med ulike vegetasjonsjikt vil kunne skjerme innsyn til bilparkeringen og omslutte inngangspartiet til parken.





PRINSIPPSNITT FOR SLISSEÅPNINGER MELLOM KANTSTEIN

Kantstein markerer skillet mellom regnbed og kjørefelt slik at både kjøretøy og beplantning beskyttes. Åpninger mellom kantsteinene lar overflatevann renne inn i regnbedene. I dette eksemplet er åpningen satt til omtrent 20 cm. Skrå kanter på steinens ender gjør at bilhjul ikke setter seg fast mellom steinene.



PLANTEVALG OG KOMPOSISJONSPRINSIPP

Oppbyggingen i regnbedet er i sjiktvis. Lønnetrær er sentralt plassert i regnbedet. Busker omkranser trærne i tette rader og stauder plasseres i ytterkant av plantefeltet. Naverlønn erstatter rekken av de eksisterende plantanlønnetrærne. Naverlønn er et fuktighetstolerant lønnetre som kan tåle regnbedenes vekslende fuktighetsforhold. Treet har en gjennomsnittshøyde på 10-15 meter. Krona er opprett og regelmessig form formen. Treet er tolerant for salt og vind (Göteborg stad u.d).

Busken, villkornell liker seg i halvskyggen under lønnetrærne. Arten blir 1-2 meter høy. Veksten er tett og bred og bladene er tilspissede ovale blad (Hageselskapet 2006). Busken blomstrer i hvitt på våren, har dekorative orange-gule høstfarger og gir blåsvarte bær på sensommeren. Orange årsskudd blir strålende røde om vinteren.

Aronia melanocarpa 'Hugin' (Svartsurbær) er lavtvoksende, bred busk, med høyde fra 80 cm -1 meter. Busken kan fungere som en bunndekkende busk med fylde i høyden, uten å ta for mye sikt. Svartsurbær er også brukt andre steder i Frognerparkområdet. Arten blomstrer hvitt på våren samtidig med Villkornellen. Svarte bær blir stående på bar kvist om vinteren.

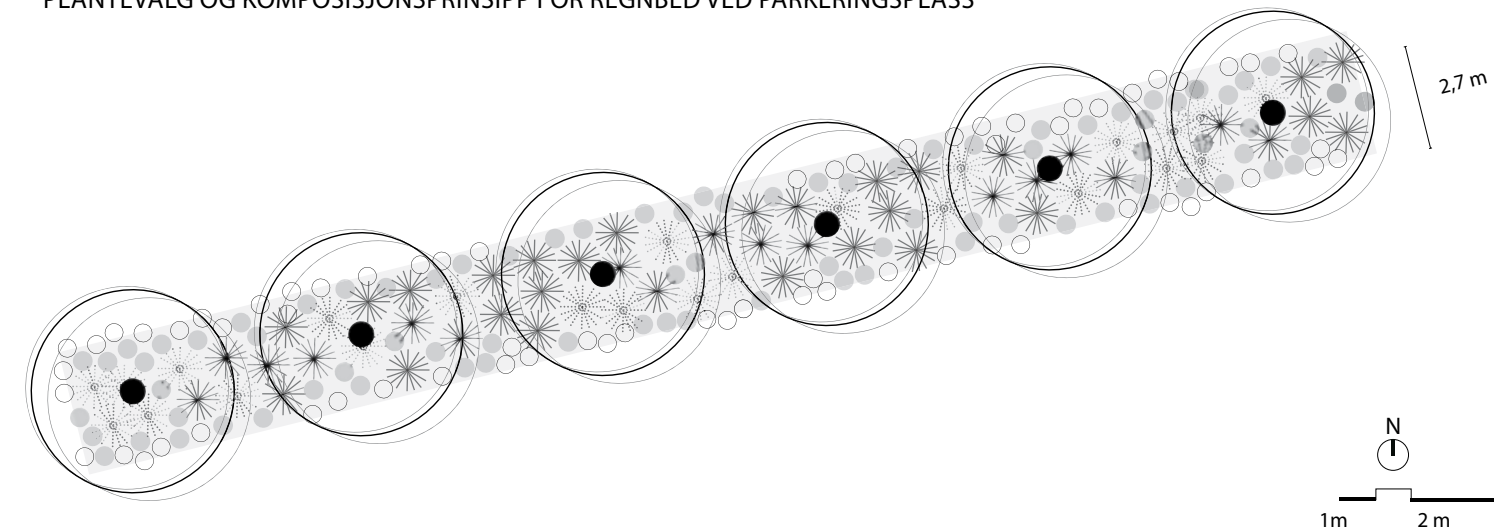
Stauden Astilbe thunbergii 'Straussenfeder' (Thunbergspir) liker halvskyggen under større busker og trær. Planten har god bladtue som dekker jorden godt. Arten når en høyde på 80 cm, og den blomstrer i svakt nikkende rødlig-rosa topper fra juli til august (Hageselskapet 2006).

Sanguisorba menziesii (Blodtopp) danner tette tuer av mørkegrønne og finfordelte bladsetter, og blomsterstengelen strekker seg ca. 80 cm opp i høyden. Blomsten er enkel av utseende, lik en liten, avlang ballformet topp. Blodtopp har lang blomstringstid, gjerne fra juni- september. Arten trives i halvskyggen under andre høyere planter.

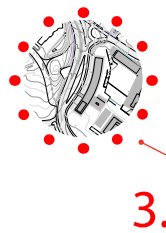
Alle artene har gode kvaliteter vår, sommer, høst og vinter. Regnbedet i nedenfor parkområdet beplanter med lik sjiktoppbygging og like arter, bortsett fra at villkornell er byttet ut med lavere-voksende Viburnum opulus 'Compactum' (Villkrossved).

Den sjiktvises plantesammensetningen gir et naturalistisk og utvunget uttrykk, litt som et woodland, eller skogholt. Repetisjon og rytme i det smale, lange regnbedet gir en ledende passasje inn til Frognerparken.

PLANTEVALG OG KOMPOSISJONSPRINSIPP FOR REGNBED VED PARKERINGSPLASS



- Sanguisorba menziesii Blodtopp
- Astilbe thunbergii 'Straussenfeder' Thunbergspir
- ✱ Aronia melanocarpa 'Hugin' Svartsurbær
- ✱ Cornus sanguinea 'Winther Beauty' Villkornell
- Acer campestre Naverlønn



3.



5.3 VEIBANE Regnbed i midtrabatter og sideterreng

GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Veibane med midtrabatter og sideterreng.

STEDSKARAKTERISTIKK

Veibanen i Middelthungsgate snor seg med terrenget. Veien svinger forbi boligområder i nordvest, rundt NVE-byggets fasade og forbi parkeringsplassen ved Frognerparken. Tette asfalterte flater med noe fall gir stor avrenning av overflatevann i veibanen. Veien har fortau og sideterreng langs deler av veibanen. Midtrabatter ligger i krysset ved Middelthungsgate og Fridtjof Nansens gate og ved NVE-byggets inngangsparti. Veien er preget av mye trafikk og er en utfartsåre fra Majorstuaområdet.

UNDERSØKELSESMOMENTER

Kan overvann ledes til regnbed i midtrabatter og sideterreng uten å forstyrre trafikale behov? Kan spesialtilpassede kantstein la overvannet renne til ettermonterte regnbed langs veibanen?

TEKNISK LØSNING

Veibanen og fortausareale utgjør nedbørsfeltet. Fallforholdene og doseringen på veien bestemmer fallretningen på veivannet. Veiens fall og svinger deler nedbørsfeltet inn i tre underordnede nedbørsfelt, som vist i planen til høyre. Avrenningen fra veibanen ledes i dag til sluk.

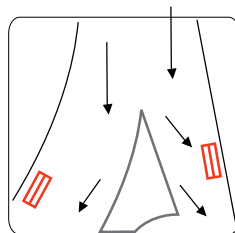
I dette løsningsforslaget utnyttes eksisterende midtrabatter og sideterreng for plassering av ettermonterte regnbed for infiltrasjon av overflatevannet. To eksisterende midtrabatter i krysset Middelthungsgate og Fridtjof Nansens gate (i øvre veibane) tar i mot avrenning fra det øvre nedbørsfeltet. I midtre veibane ettermonteres et regnbed i midtrabatten foran NVE-byggets inngangsparti. Midtrabattene kan håndtere veivann fra den øvre veibanen og den midtre delen av veibanen. Overflatevannet fra den nederste veibanen kan håndteres i et regnbed som legges i NVE-byggets hageanlegg.

Rundt infiltrasjonsarealene kan ordinær, vannavvisende kantstein erstattes av kantstein som slipper overvannet gjennom og inn til infiltrasjonsarealene. Slisser i kantsteinen gir åpninger som lar overvannet renne igjennom til regnbed i midtrabatter og sideterreng. Slisseåpningene plasseres punktvis langs steinen og avrenningen fra veibanen infiltreres til grunnen i regnbedenes jordlag. På denne måten kan regnbed i midtrabatter og sideterreng håndtere veibanens

overvann i løsninger som avlaster det eksisterende avløps-nettet. Kantstein som ikke avviser overvann er ikke standardisert i Norge, og må spesialdesignes (Amundsen 2010). Prinsippkisse for designforslag av en slik kantstein er å finne på side 73. Kantsteinen er delvis åpen, og slisseløsningen skal ikke innvirke på trafikksikkerheten.

UTFORMINGSPRINSIPP

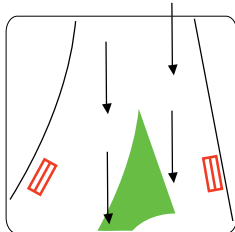
Dagens situasjon:



Avrenning

Sluk

Endringsforslag:



Avrenning

Regnbed

Skissen viser prinsipp for avrenning til regnbed i midtrabatt. Veivann renner til rabattene og avlaster sluk og ledingsnett i veibanen.

DIMENSJONERING

Veibanen består av tre nedbørsfelt. Tilsammen utgjør nedbørsfeltene et areal på 6600 m² (0,66 hektar). Asfaltdekket gir en avrenningskoeffisient på 0,9 (90% tetthet). Ved tiårsregn, med en varighet på 15 minutter, vil 174 liter vann renne av veibanen hvert sekund, noe som utgjør ca. 93 m³ regnvann. Regnbedene som håndterer veibanens øvre del, opptar arealet i begge midtrabattene, hver på ca. 180 m². Hele feltet beplanteres med regnbedsplanter, selv om kun deler av midtrabatten er lagt opp med drenerende jordlag.

Nedbørsfeltet i den midtre veibanen krever et areal på ca. 235 m². Dette arealet vil ta opp hele det eksisterende plantefeltet foran NVE-bygget. For nedbørsfeltet i den nedre veibanen behøves et regnbed på ca. 80 m². Dette regnbedet ettermonteres og tilpasses NVE-byggets eksisterende hageanlegg på sammen måte som beskrevet i Delområde 1 i denne oppgaven. Alle regnbedene er beregnet med en vannhøyde på maksimalt 15 cm over bedets bunn. Tabellen til høyre viser alle beregningene.

MIKROKLIMA

Veibanen strekker seg fra nord til sør i delområdet. Veibanen ligger i forsenkninger i terrenget, noe skjermet og i ly for kalde vintrevinder fra nordost. Veibanen i Middelthungsgate saltes vinterstid og veivannet er saltpåvirket og forurenset av trafikk.

PLANTESAMMENSETNING

Plantearter som benyttes ved veianlegg må ha en viss robusthet. Det brukes gjerne stauder som dekker bunnen godt, etablerer seg raskt, er langlivet og stiller få krav til skjøtsel. Toleranse overfor salt og forurensinger er også en viktig egenskap.

Øvre veibane

Veivann fra det øvre nedbørsfeltet sendes til de eksisterende midtrabattene. Vegetasjonen i rabattene holdes lav for ikke å gå forstyrre trafikanters sikt. I dette forslaget beplanteres den ene rabatten med staudene stormarikåpe og rosetorkenebb. Begge artene er gode bunndekkende stauder som stiller like krav til vekstforholdene. Artene har høy salttoleranse, og skal kunne tolerere saltkonsentrasjoner på opp til 14 mM NaCl (FAGUS Fakta 2006). I den andre midtrabatten benyttes stormarikåpe sammen med stauden forglemmegei. Alle disse plantene slekter på viltvoksende arter i Norge, arter som gjerne vokser ved vassdrag eller i sumpområder. Planten forglemmegei har vannrensende egenskaper (Vegtech 2010). Se mer om plantevalg og komposisjonsprinsipp for midtrabattene i øvre veibane på side 72.

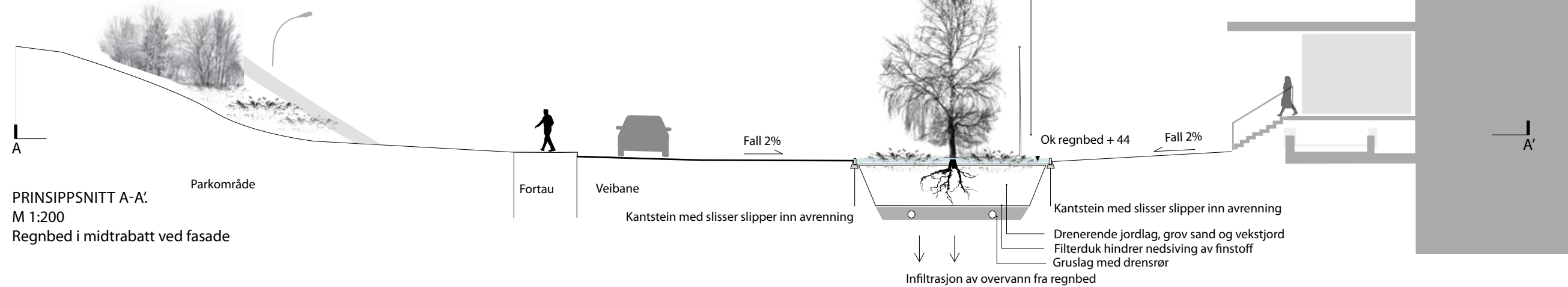
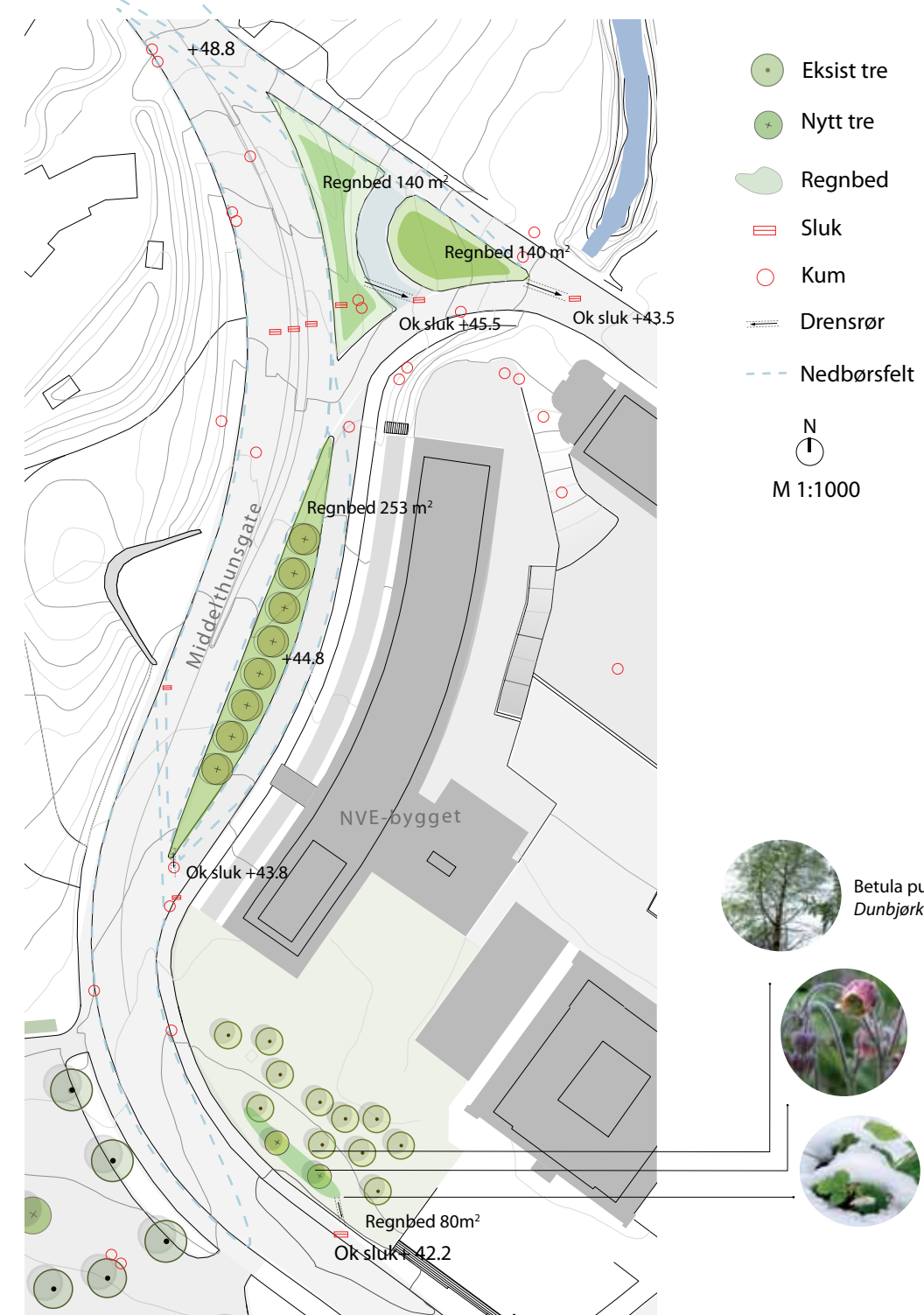
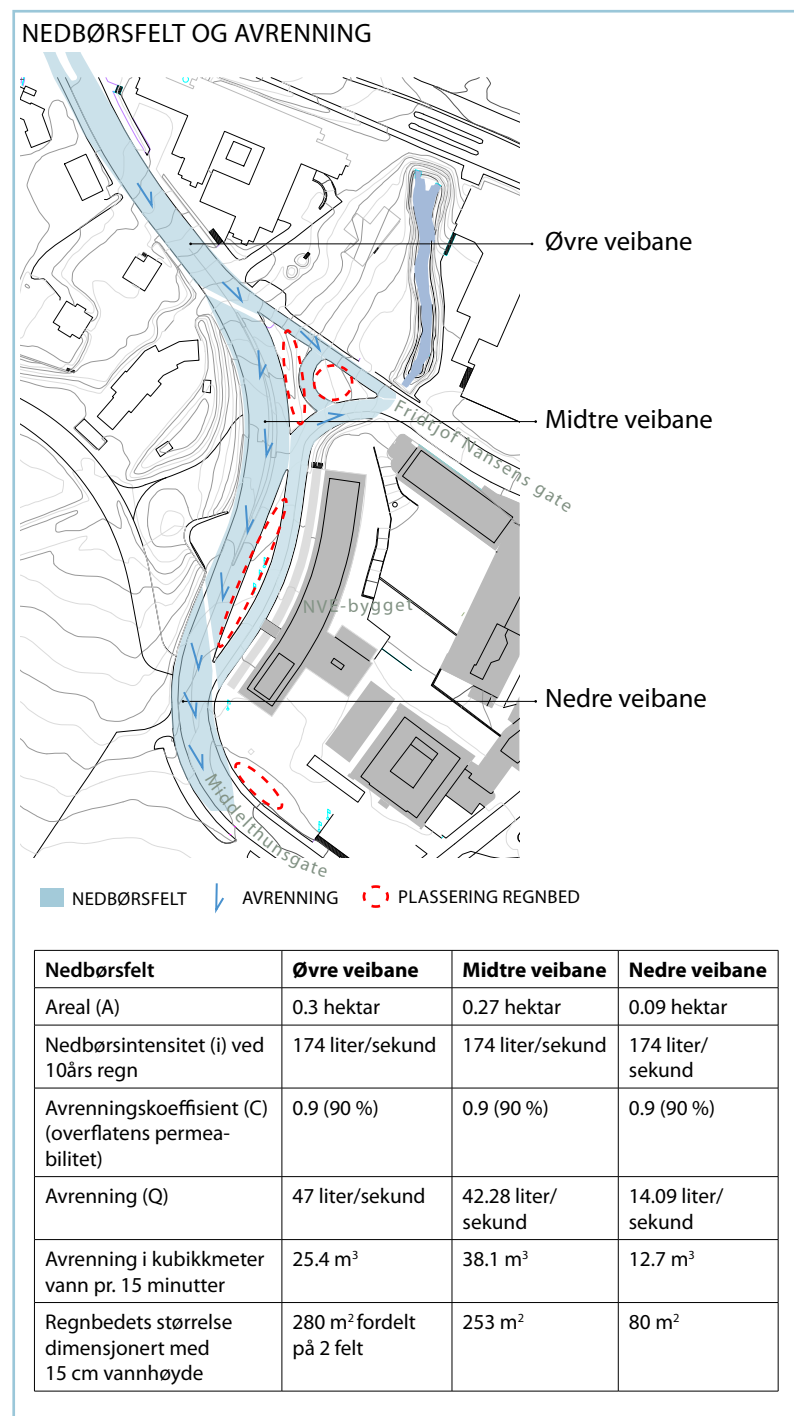
Midtre veibane

Nedbørsfeltet for den midtre veibanen håndteres i et regnbed ved NVE-byggets fasade. For å montere et regnbed i rabatten må trekken med eksisterende asal-trær erstattes med andre fukt- og tørketålende vekster. Svartor er en art som kan tåle de vekslende fuktighetsforholdene, samt være motstandsdyktig mot veisalt og forurensinger i avrenningen. Svartor er et nøysomt tre som tåler periodiske oversvømmelser og tørre perioder. Treet blir ca. 12-15 meter høyt, med en kronebredden på 6-8 meter (Gøteborg stad u.d.). Bladene er læraktige med glinsende mørkegrønn overside og en lysere underside. Treet har nitrogenfikserende røtter, noe som gir gode vekstforhold for naboplanter (Sanda 1993).

Oretrær er en typisk våtmarksart som vokser ved bekk- og elvebredder. Treet kan innlemmes i de nordiske artene som setter stemningen i anlegget rundt NVE-bygget. Ballblom er staude som er forholdvis robust og har god dekkevne under oretrærne. Planten vokser opprinnelig i høystaudeskog, ved slåtteeng og beitemark. Ballblom kan trolig tåle saltmengdene i veivannet. Arten vokser i tuer og har lang blomstringstid (Phillips et al. 1991). Plantegningen og prinsippsnittet på side 71 beskriver regnbedene for det midtre og det nedre nedbørsfeltet.

Nedre del av veibanen

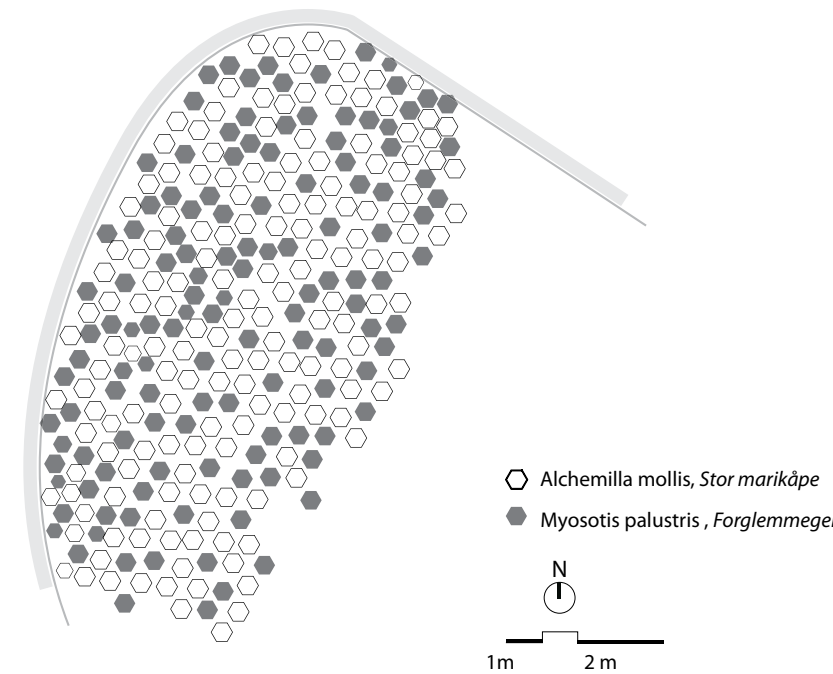
I nedre del av veibanen utnyttes sideterreng i et regnbed som inkluderes i det fredede hageanlegget ved NVE-byggets sørside. Regnbed beplanteres med bjørk, likt det foreslåtte regnbedet i Delområde 1. Ungbjørk og lavtvoksende stauder legger seg inntil den eksisterende aldrende bjørkelunden. Stauder som markjordbær og enghumleblom benyttes også her. Plantene kan danne et lett teppe under trærne og glir godt inn i det omkringliggende plengresset. Komposisjonsprinsippet og plantesammensetningen beskrevet på side 65 benyttes for regnbedet i det nedre nedbørsfeltet.



Oversikt over snittlinjer



Beplantningen i midtrabattene holdes lavtvoksende for ikke å hindre trafikanters sikt.



PLANTEVALG OG KOMPOSISJONSPRINSIPP FOR MIDTRABATT I ØVRE VEIBANE

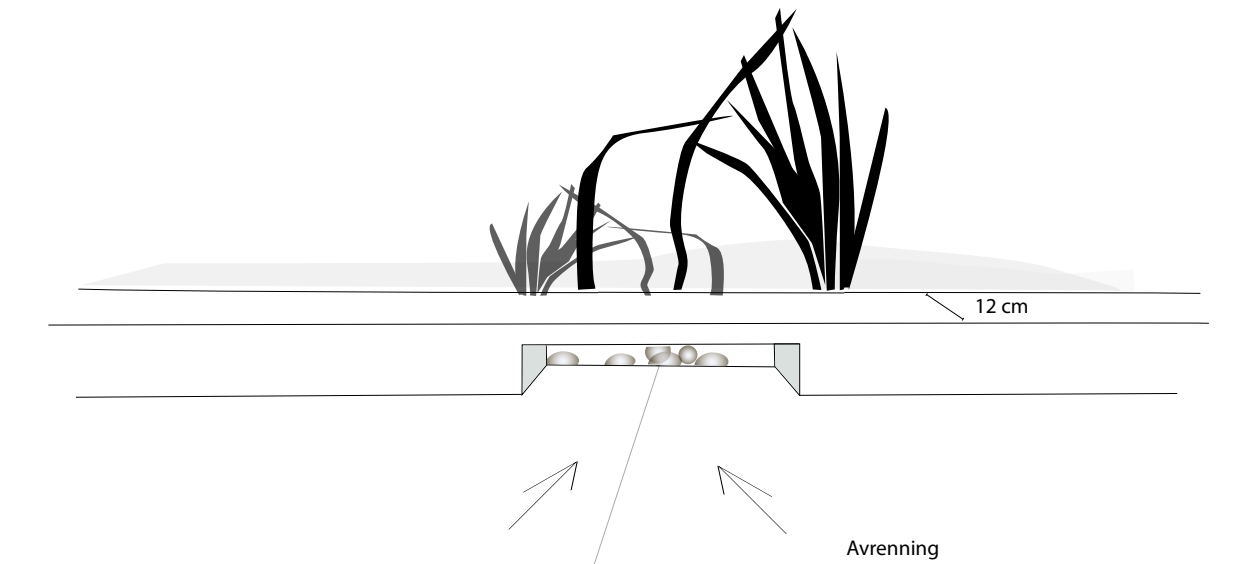
Stormarikåpe og forglemmegei er bunndekkende stauder med tett bladverk og forholdsvis beskjedne blomstring. Begge plantene blir rundt 30 cm høye. Stormarikåpeblomstrer i luftige, gul-grønne blomster. Forglemmegei blomstrer i en kontrasterende blå farge. I dette forslaget beplantes hele feltet jevnt fordelt med de to artene slik at det dannes et tett, teppelignende villflor i kontrasterende fargesammensetning i midtrabattens regnbed.

Stormarikåpe har karakteristiske håndlappete blader som ser ut til å samle vanndråper. Dette fenomenet er tidligere beskrevet på side 32 i denne besvarelsen. Vanndråpene på bladene kommer av plantens evne til å fordampe store mengder vann gjennom plantens deler, i en prosess som kalles guttasjon. Forglemmegei blomstrer i juni og Stormarikåpeblomstrer i juni til august.

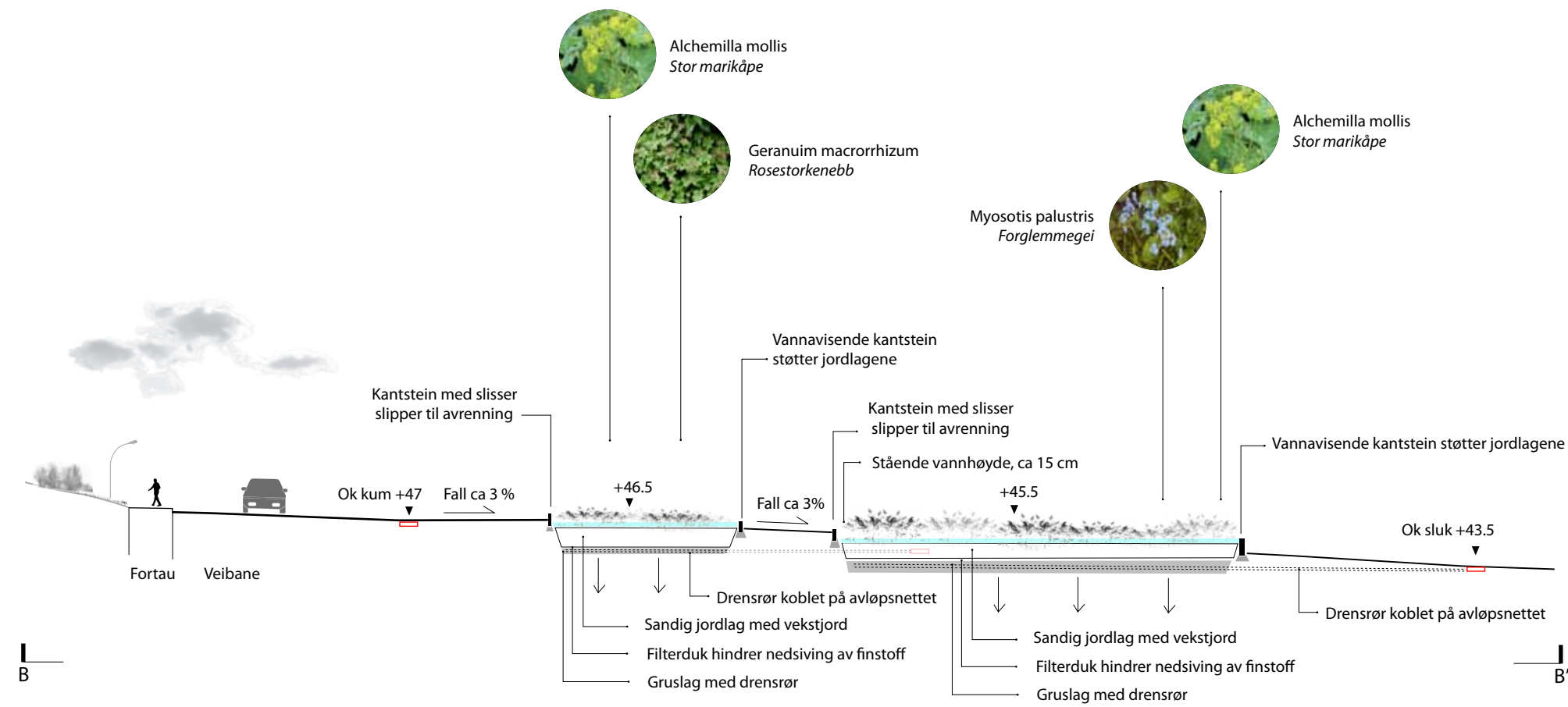
REFLEKSJONER

Avrenningen fra veibanen i dette delområdet håndteres i ettermonterte regnbed i eksisterende midtrabatter og ved veiens sidearealer. Nedbørsfeltet åpnes opp ved å montere spesialdesignede kantstein som lar overvann renne av til sideterreng og midtrabatter. Sandige jordlag erstatter eksisterende jordmasser i infiltrerende regnbed. Overvannet fra veibanen renner inn til infiltrasjon i midtrabatter og sideterreng gjennom slisser i kantsteinene. Slisseåpningene designes slik at de ikke påvirker kantsteinens trafikale egenskaper. På denne måten kan et relativt enkelt teknisk grep på detaljnivå innvirke på, og utvide veibanens nedbørsfelt.

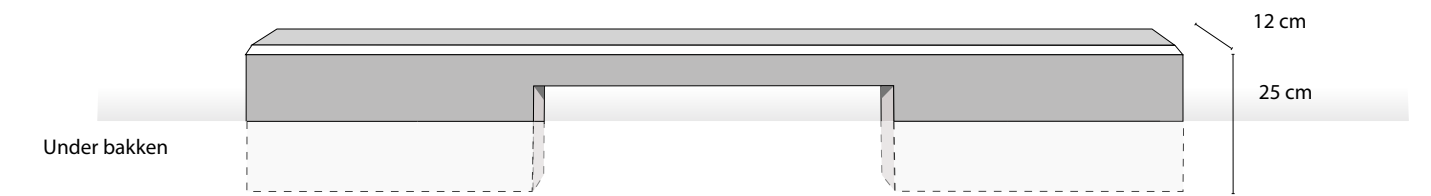
I dette forslaget er ikke dosering og fallforhold i veibanen endret, og noe veivann vil fortsatt renne til avløpsnett gjennom sluk i bakken. De ettermonterte regnbedene i midtrabattene og sidearealene fungerer som et tillegg til avløpsnett og regnbedene vil gå i overløp ved regn som overgår tårnsbyger.



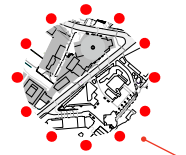
PRINSIPPSKISSE. DETALJ. En slisse i fortauskanten lar vann renne inn i regnbedet. En slik ikke-vannnavvisende kantstein er ikke en del av veinormalene i Norge. Kantsteinen må spesialdesignes slik at overvann slippes gjennom for infiltrasjon (Vegvesenet 2010).



OPPRISS/PRINSIPPSNITT B-B:
M 1: 400
Regnbed i midtrabatter med lave stauder



PRINSIPPSKISSE. DETALJ. Eksempel på utforming av en ikke-vannnavvisende kantstein. Eksemplet tar utgangspunkt i kantstein av standardtype (b: 12 cm x h: 25 cm). Halvparten av steinen settes ned i bakken. Slisseutformingen i steinen unngår å utgjøre en trafikkrisiko. Kantsteinen kan utformes i granitt eller betong.



4.



5.4 GATELØP

Regnbed i eksisterende plantefelt

GENERELLE TREKK VED DELOMÅDET: Gateløp med plassbegrensinger, sideterreng og

STEDSKARAKTERISTIKK

Gateløpet følger Essendropsgate fra Colosseum plass, forbi Colosseum kino og ned krysset ved Middelhungate. Bilparkering er mulig på den nordlige siden av gaten. Fortauet på sørsiden av gaten er bredt ved kinoens inngangsparti, før det smalner inn lenger ned i gaten. Gateløpet er omsluttet av høye bygg på begge sider. Det er muligheter for inn- og utkjøring til bygningene langs hele gatestrøket.

UNDERSØKELSESMOMENTER

Kan regnbed for avrenning fra vei og fortau tilpasse gateløpet uten å gå i konflikt med plassbehov og brukere? Kan regnbedet bidra med noe positivt til en travel gate med stor variasjon av brukere?

TEKNISK LØSNING

Bygningene langs gaten har indre takrenner. Takedløpene er koblet direkte på ledningsnett i bakken. Avrenning fra fortasarealene føres i renner over fortauet. Avrenningen fra gaten ledes i dag til kummer og sluk i bakken. Det eksisterende beplantningsfeltet i Essendopsgate er 1,5 meter bredt og strekker seg langs hele gateløpet. Ved å anlegge et regnbed i det eksisterende beplantningsfeltet, kan overvann håndteres fra fortau- og veiarealer i et lineært regnbed langs gaten. Anlegget går i overløp til sluk kun i regnskyll som overstiger tiårsregnet. Avrenningen slipper til regnbedene gjennom åpninger i kantsteinene. Gatemøblering kan integreres i regnbedenes konstruksjon. Statens vegvesen anbefaler at trær i smale plantefelt (dvs. 1,5 meter) tilrettelegges med rotvønnlig forsterkningslag og gjennomgående plantebed (Statens vegvesen 2008). Fiberduk omkring drenerør i regnbedet kan hindre at ivrige røtter fra trær vikler seg inn i røret på jakt etter vann.

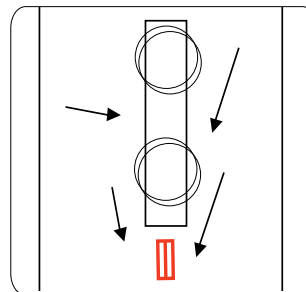
DIMENSJONERING

Gate og fortau utgjør tilsammen et felt på 1800 m² (0.18 hektar). Gateløpet har et fall på 3.3 meter fra toppen av gateløpet til krysset ved Middelhungate. Gatestrøket er 210 meter langt. I dette forslaget legges regnbed i rekke i det eksisterende plantefeltet. Feltet utgjør tilsammen 157 meter, i et areal på 170 m². Regnbedet kan håndtere all van-

navrenning fra fortauet langs gatens vestre side og halvparten av gatens overvann. Det asfalterte overflatedekket har en avrenningskoeffisient på 0.9. Det vil si at 90 prosent av overvannet renner av på overflatene. Ved tiårsregn, med en varighet på 15 minutter, vil 174 liter vann renne av fra gateedekket hvert sekund. Dette tilsvarer omtrent 25 m³ regnvann i sekundet. Vannhøyden i regnbedene skal ikke overgå 15 cm i stående vannhøyde. Regnbedet legges med en dybde på 1,5 meter. Tabellen til høyre viser beregningene.

UTFORMINGSPRINSIPP

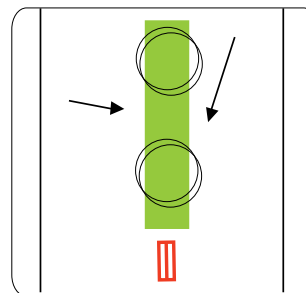
Dagens situasjon:



Avrenning

Sluk

Endringsforslag:



Avrenning

Regnbed

Sluk

Skissen viser prinsipp for utforming av regnbed i gatens eksisterende beplantningsfelt. Vannet renner til regnbed som er ettermontert i plantefeltet. Dette hindrer tilstrømmingen av overvann til sluk og avløpsnett fra gate og fortau.

MIKROKLIMA

Gateløpet strekker seg fra vest til øst. Høye bygninger skyggelegger gaterommet i perioder på dagen. Sol slipper til hovedsakelig fra sørvest. Framherskende vintervinder fra nordøst vil kunne følge gatens løp og virke forsterkende på vindens styrke. Overflatevannet i gaten er påvirket av salting og biltrafikk.

PLANTEVALG

Gatetrær og stauder til bruk ved trafikkerte arealer må ha en viss toleranse for salt. Gatetreet sølvpoppe er en herdig art som kan tåle saltpåvirket og forurenset overvann, samt vinder som kan følge

gateløpet. Søvpoppel har en høyde på 12-15 meter og krona blir rundt 8-12 meter bred. Popler kan være aggressive i vekst, med kraftige rotskudd. Arten Populus alba er trives i de fuktige forholdene i et regnbed. Treet er svært nøysomt og trives i sandig jordsmonn. Arten har lysende sølvhvite skudd og lys bladunderside. Treet har en letthet i krona som gir en luftig skygge mot bakken.

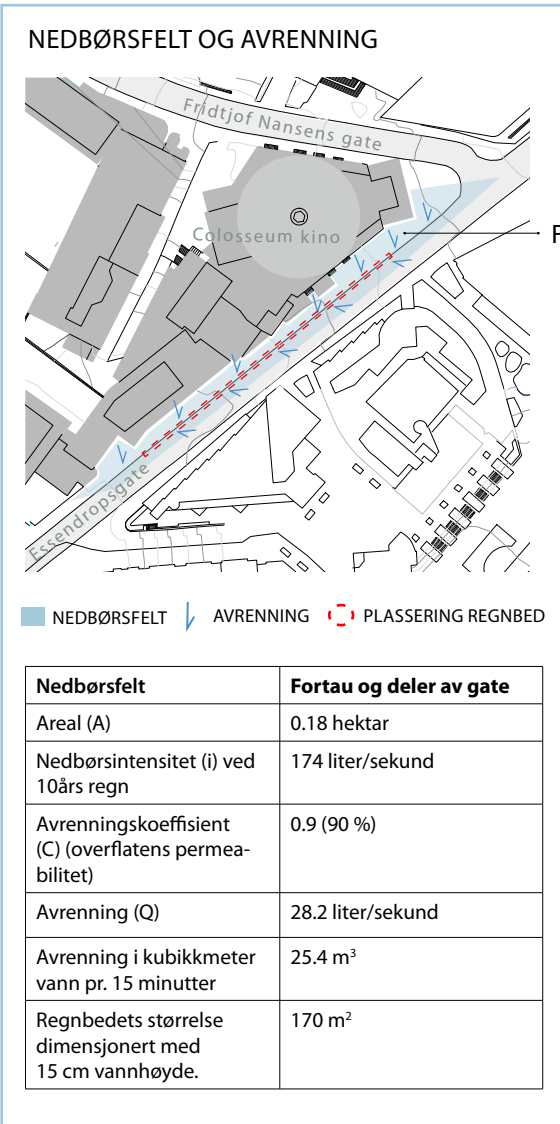
Under trærne vil bunndekkende stauder fylle regnbedet. Stauden Tradescantia x andersonia (blomstervandrer) er gressaktig i utseende, med sine smale, slanke blad. Arten har lang blomstringstid, i små, blålige blomster. Planten trives i fuktig, noe næringsrik, sandig jord, i sol til halvskygge. Planten har god toleranse for tørke (Huxley 1993). Stauden blir ca. 60 cm høy.

Hemerocallis-hybridene har lignende langt, smalt bladverk som ligner blomstervandrerens. Begge hybridene, 'Cool It' og 'Joan Senior', har kremhvite blomster og kommer opp i en høyde på ca. 60 cm. Hybridene er kraftige og tuedannende. Arten er trolig noe sterkere enn blomstervandrerens og trives i sol til halvskygge, i noe fuktig og sandig jord.

REFLEKSJONER

Arbeidet med delområdet tydeliggjør at plass- og bruksbehov kan legge store begrensninger for tilpasning av åpne overvannsløsninger. Smale, travle gater med mange og ulike brukere legger føringer for endringer i arealdisponering. I dette tilfellet kan ettermontering av regnbed muligjgjøres ved å benytte det eksisterende plantefeltet i gateløpet. Treplantingsfeltet i gaten re-designes til å kunne romme regnbedets infiltrerende jordlag og planter, samtidig som anlegget gir rom for sittemøblement i gaten. Dette forslaget omformer det eksisterende beplantningsfeltet slik at anlegget distribuerer overvannet i rekke av infiltrerende regnbed, plassert mellom fortau og gate. Overvannet infiltreres til grunnen i det smale, langstrakte og lineære systemet som utnytter gatens fallretning. Denne løsningen gir like stort rom for fotgjengere, bilparkering, inn- og utkjøring, skilting og belysning.

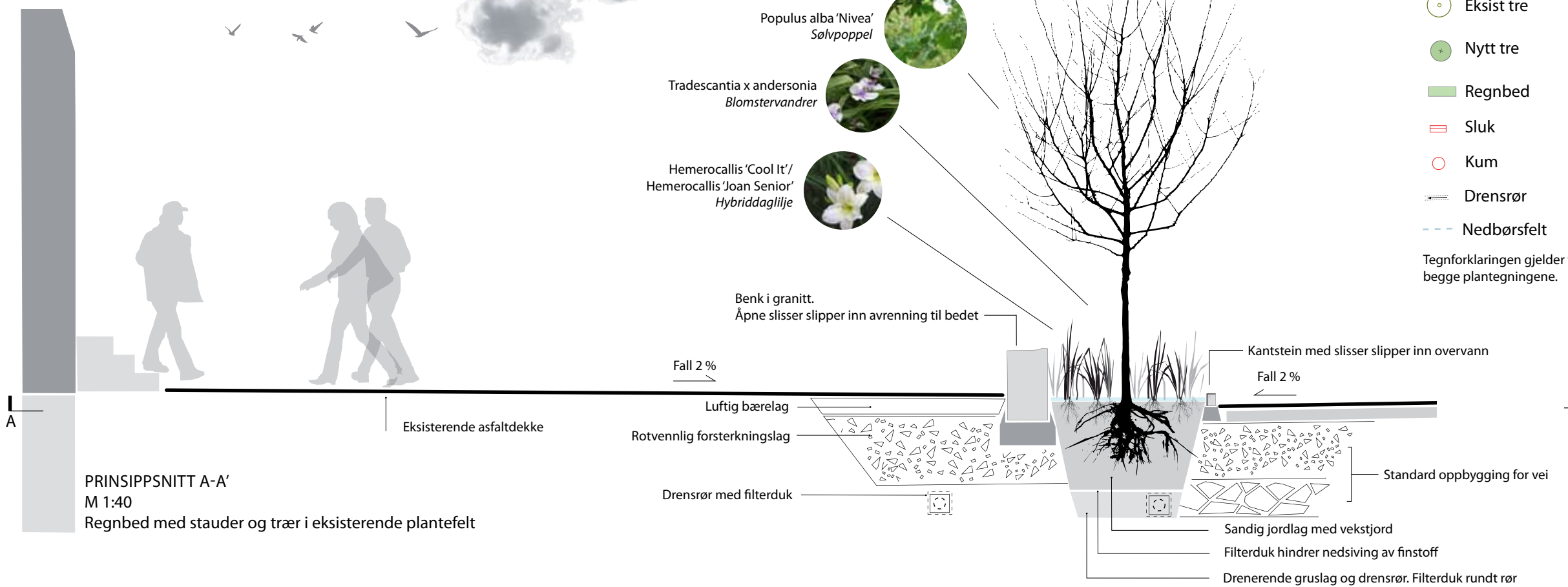
Gatetrær skal tåle å vokse i et urbant gaterom. Plantematerialet som egner seg i de vekslende fuktighetsforholdene i regnbed, begrenses betraktelig når bymessige faktorer som skygge, salt- og forurensning påvirker vannavrenningen. Vurdering er ved planters estetiske uttrykk er også aktuelt i et byrom. Utrykk varierer i farger, bladform, blomster, fruktsetting og bark i tillegg til høyder og plantens silhuett. I dette forslaget er sølvpoppe valgt etter dens evne til å tåle salt, i tillegg til at treet har gode fukt- og tørketålende egenskaper. Staudenes salttoleranse i gateløpets regnbed er noe uprøvd. Selv om blomstervandrer og Hemerocallis-hybridene er robuste arter, vil konkret erfaring og bruk gi forståelse for plantenes evne til å motstå saltet i overvannet.

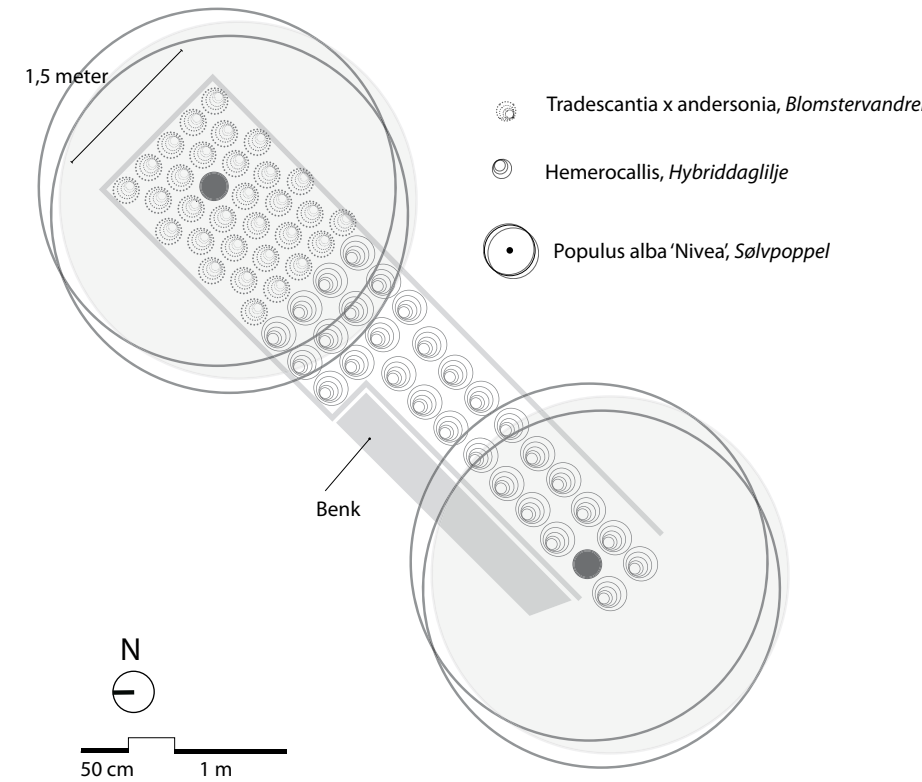


Fortau og gateløp

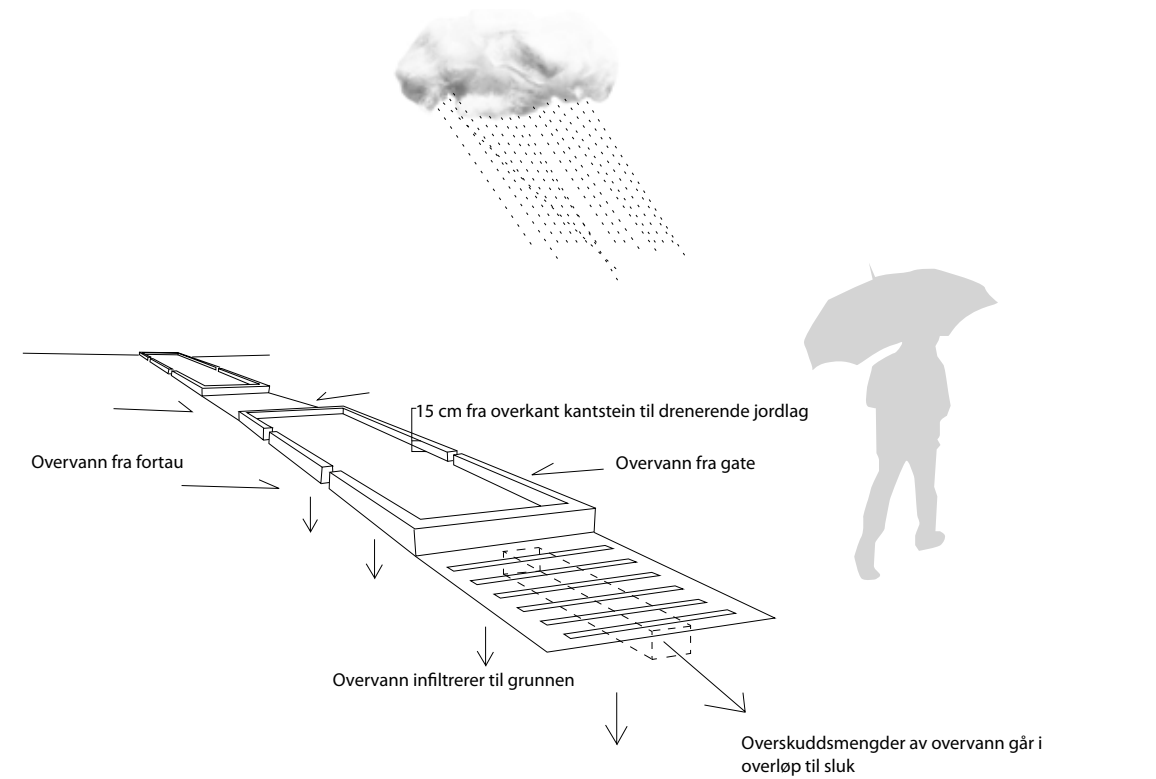


Det eksisterende plantefeltet i Essendropsgate er dekket av smågatestein. Åpninger i belegget gir rom for treplanting langs gaten. Plantefeltet gir rom for ettermontering av regnbed i gaten.

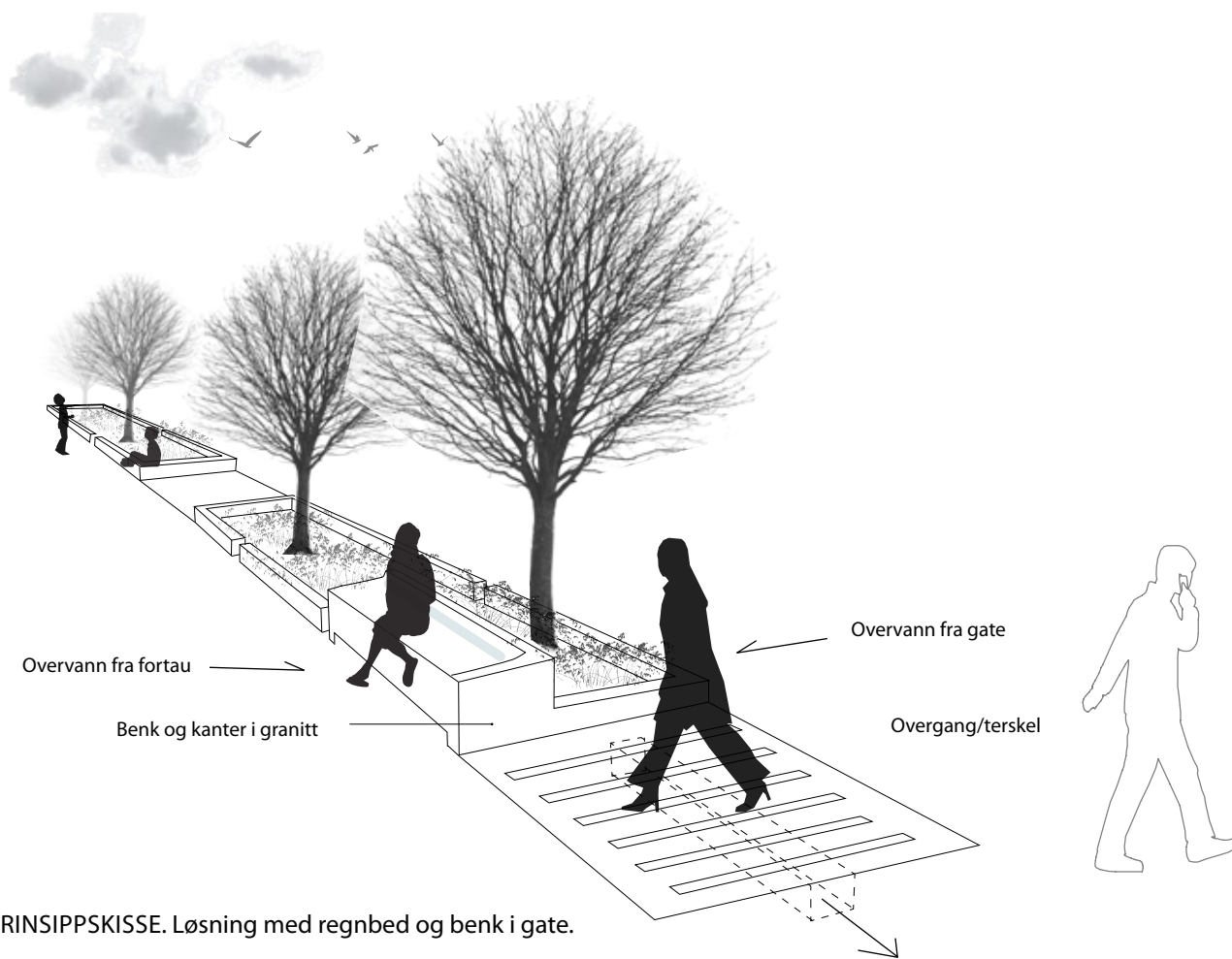




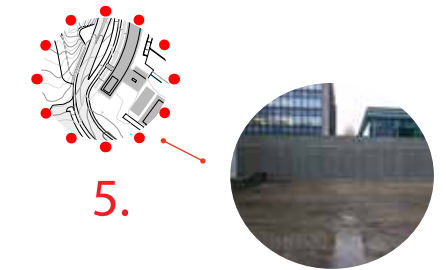
PLANTESAMMENSETNING OG KOMPOSISJONSPRINSIPP
 Hemerocallis-hybridene og blomstervandrer plantes i blokker i de lineære regnbedene langs gaten. Staudene gir firkantete felter fylt med lange, smale, grunnstilte og gressaktige blader i kontrasterende farger - blomstervandrere gir blå-lilla blomster og Hemerocallis-hybridene blomstrer i kremgult, i nokså store blomster. Staudene blomstrer fra juni- september. Blomstervandrere har svak, men lang blomstringstid (Huxley 1992). Det gresslike floret er tydelig innrammet av regnbedenes kantstein og benkeplasser i de rektangulære regnbedene. Sølvpoppeles trekrone gir en lett og dansende skygge mot regnbedet og staudefeltens stramme form.



PRINSIPPSKISSE. Avrenning fra gate og fortau renner til regnbedet og infiltrerer til grunnen. Ved ekstra store regnskylt går overskudd av overvann til avløpsnett via sluk.



PRINSIPPSKISSE. Løsning med regnbed og benk i gate.



5.

5.5 PARKERINGSPLASS OG -LOKK I RESTAREALER
 Regnbed på lokk og bakkeplan.

GENERELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Restarealer mellom bygninger. Parkeringslokk og parkeringsplass uten sidearealer.

SPESIELLE TREKK VED DELOMRÅDET: Parkeringslokk ved parkeringsplass med beliggenhet på bakkeplan.

STEDSKARAKTERISTIKK
 Parkeringsområdet har beliggenhet på restarealer mellom NVE-kvartalets bygninger, i et lukket gårdssrom. Delområdet opptar et areal på to plan. Det øvre planet er anlagt som en overbygning over den nedre parkeringsplassen slik at det danner et lokk i gårdssrommet. Delområdet er preget av høy plassutnyttelse. Høyeste bygninger omkranser gårdsplassen med vertikale flater på alle fire sider og gir rommet et lukket preg. Overflatedekket er i betong og asfalt.

Den nedre parkeringsplassen ligger på bakkeplan. Sluk i bakken tar imot overflateavrenningen til avløpsnett. På parkeringslokket tar et sluk imot avrenningen, og sender det ned til den nedre parkeringsplassen i et rørsystem. Her ledes overvannet til avløpsnett via sluk i bakken. Det er mulighet for gjennomkjøring gjennom gårdssrommet, fra Fridtjof Nansens gate til Essendropsgate på den nedre parkeringsplassen.

UNDERSØKELSESMOMENTER
 Kan delområdets overvann håndteres i regnbed på parkeringslokk og parkeringsplass? Kan ettermontering av regnbed tilføre noe positivt til den lokale situasjonen?

TEKNISK LØSNING
 I delområdet er det kun parkeringslokket på øvre plan som ikke er i kontakt med bakkenivå. Overvannet fra parkeringslokket sendes derfor ned til den nedre parkeringsplassen. I dette løsningsforslaget sendes overvann ned fra parkeringslokket, der det håndteres i regnbed på den nedre parkeringsplassen som ligger på bakkeplan. Her kan overvannet fordroyes og infiltreres i regnbed for begge parkeringsarealene. Overbyggingen i gårdssrommet gir muligheter for at klatrende planter kan fylle regnbedene på det nedre parkeringsnivået. Plantene kan strekke seg i høyden mellom øvre og nedre parkeringsplass i vertikale grønne flater. Rørsystemet for overvann kan utnyttes i et klatreverk for plantene.

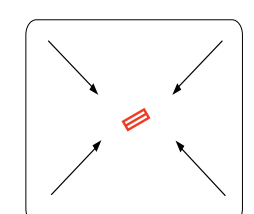
Regnbed anlegges som et felt på parkeringsplassen på bakkenivå. Regnbedet håndterer avrenning både fra parkeringslokket, og fra parkeringsplassen på bakken. Regnbedet monteres med klatrestiver for planter. Et smalere og mindre regnbed legges inn til muren på vestsiden av gårdssrommet. Muren gir klatreplanter mulighet for å strekke seg i høyden og tildekke murflaten. Muren er ikke tilknyttet NVE-byggets

fundament, og avrenning mot muren skal ikke gi vannskader til omkringliggende bygninger. Overvann kan dermed trygt sendes mot denne konstruksjonen. Ved å kombinere regnbed med et overflatedekke som er permeabelt kan regnbedenes størrelser reduseres. Dette kan bidra til at ettermonteringen av regnbed på plassen ikke tar for mange biloppstillingsplasser. En asfalttype med drenerende egenskaper vil gi infiltrasjon til deler av nedbørsfeltets overvann, samtidig som det gir et slitesterkt dekke på en høyt belastet parkeringsplass.

Drensasfalt bygges opp med permeabel overflate og en magasinerende steinfylling som underlag. Overvann samles i steinfyllingsmagasinet og sendes til det eksisterende avløpsnett. Beskrivelse og prinsippsskisse for oppbygging av drensasfalt er utdypet på side 79. Ved å kombinere overvannsløsninger på denne måten, kan reduksjon av et stort antall biloppstillingsplasser unngås.

UTFORMINGSPRINSIPP

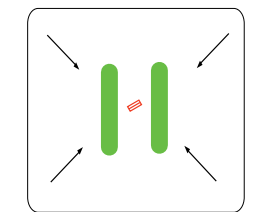
Dagens situasjon:



Avrenning

Sluk

Endringsforslag:



Avrenning

Regnbed

Sluk

Skissen viser prinsipp for utforming av regnbed på parkeringsplassen. Overvannet renner til plantefeltet og vil redusere tilstrømmingen til avløpsnett.

DIMENSJONERING
 Parkeringslokket og den nedre parkeringsplassen utgjør tilsammen et areal på 2600 m² (0.26 hektar). Området er dekket av tette overflatelyper og avrenningskoeffisienten settes til 0.9 (90% tetthet). Ved tiårsregn, med varighet på 15 minutter vil 174 liter regnvann renne av fra totalarealet hvert sekund.

Et avlangt regnbed for klatreplanter anlegges midt på parkeringsplassen på bakkeplan. Regnbedet har en størrelse på ca. 110 m². Stativer for klatreplanter plasseres punktvis langs regnbedet. Fundamenteringen for stativene er plassert utenfor regnbedets infiltrasjonsareal. Et regnbed på 30 m² legges rett under overbygget for parkeringslokket i tilknytning til bedet på 110 m². Langs muren i vest, anlegges i et regnbed på 45 m². Tilsammen utgjør regnbedene et areal på ca. 183 m². Tabellen til høyre viser beregningene.

MIKROKLIMA
 De høye bygningene rundt plassen lukker rommet rundt parkeringsarealene. Høye bygninger blokkerer mye av soltilgangen i gårdsrommet. Parkeringsplassen ligger skjermert for sterk vind i alle retninger. Utluftingen av området er dermed noe redusert. Store flater av mineraliske dekker, både vertikale og horisontale, vil magasinere varme på sommeren og parkeringsarealet preges av stillestående, høy varme. Overvannet i delområdet er noe forurenset av trafikk.

PLANTESAMMENSETNING
 Klatrende planter kan utnytte de høye vertikale flatene samt gårdsplassens nivåforskjeller. Vegetasjonens bladverk og plantedeler vil fordampe fuktighet til luften og gi en kjøle innvirkning i området. Plantedekte vegger vil ikke varmes opp i direkte sollys. Slik vil bruk av klatreplanter kunne redusere varmegasineringen i de omsluttende bygningsflatene.

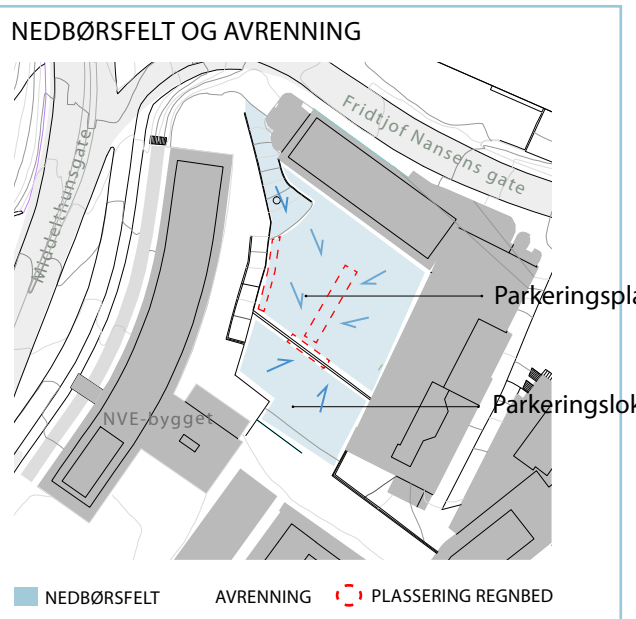
Klatrehortensia og pipeholurt er frodige klatreplanter som tåler variasjoner i skygge og sol, samt regnbedenes fukt- og tørkeperioder. Skyggetålende, bunndekkende stauder kan dekke bunnen under klatreplantene. Lavtvoksende starr-gress og dvergbladlije kan gi et frodig grønt bladverk under de klatrende plantene som strekker seg vertikalt i rommet. Plantevalg og sammensetting er utdypet i planen på neste side og i tekst på side 79.

REFLEKSJONER

Arbeidet med dette delområdet viser at det oppstår begrensninger i mulighetene for tilpasning av regnbed ved typiske bysituasjoner som parkeringslokk og parkeringsplasser med høy plassutnyttelse. Dette delområdet tydeliggjør dilemmaet som oppstår mellom intensiv bruk og bruk av områder med økologisk effektive flater (områder med vegetasjon). Prosjekt-eksemplet viser at det kan være avgjørende å benytte porøse overflatebelegg som overvannsløsning, i tillegg regnbed. Infiltrerende dekker kan ta imot deler av overvannet og fordroye avrenningen i underliggende lag. Dette reduserer avrenningsmengden og dermed regnbedenes nødvendige dimensjoner. Ved å kombinere overvannsløsninger i både lukkede og åpne systemer, kan overvann håndteres uten å gå på bekostning av stedets bruk og funksjon. I dette prosjekt-eksemplet er det ønskelig å unngå å miste mange biloppstillingsplasser. Ettermonteringen av regnbed i dette løsningsforslaget reduserer antall biloppstillingsplasser fra 80 til 50.

Prinsippet for regnbed som overvannsløsning er basert på å infiltrere overvann til underliggende jordlag. I bysituasjoner som kun består av landskapslokk uten kontakt med grunnen, vil anleggelse av regnbed vanskelig gjøres. I dette spesielle tilfellet ligger deler av parkeringsarealet på bakkenivå. Slik kan den nedre parkeringsplassen håndtere avrenning i hele nedbørsfeltet.

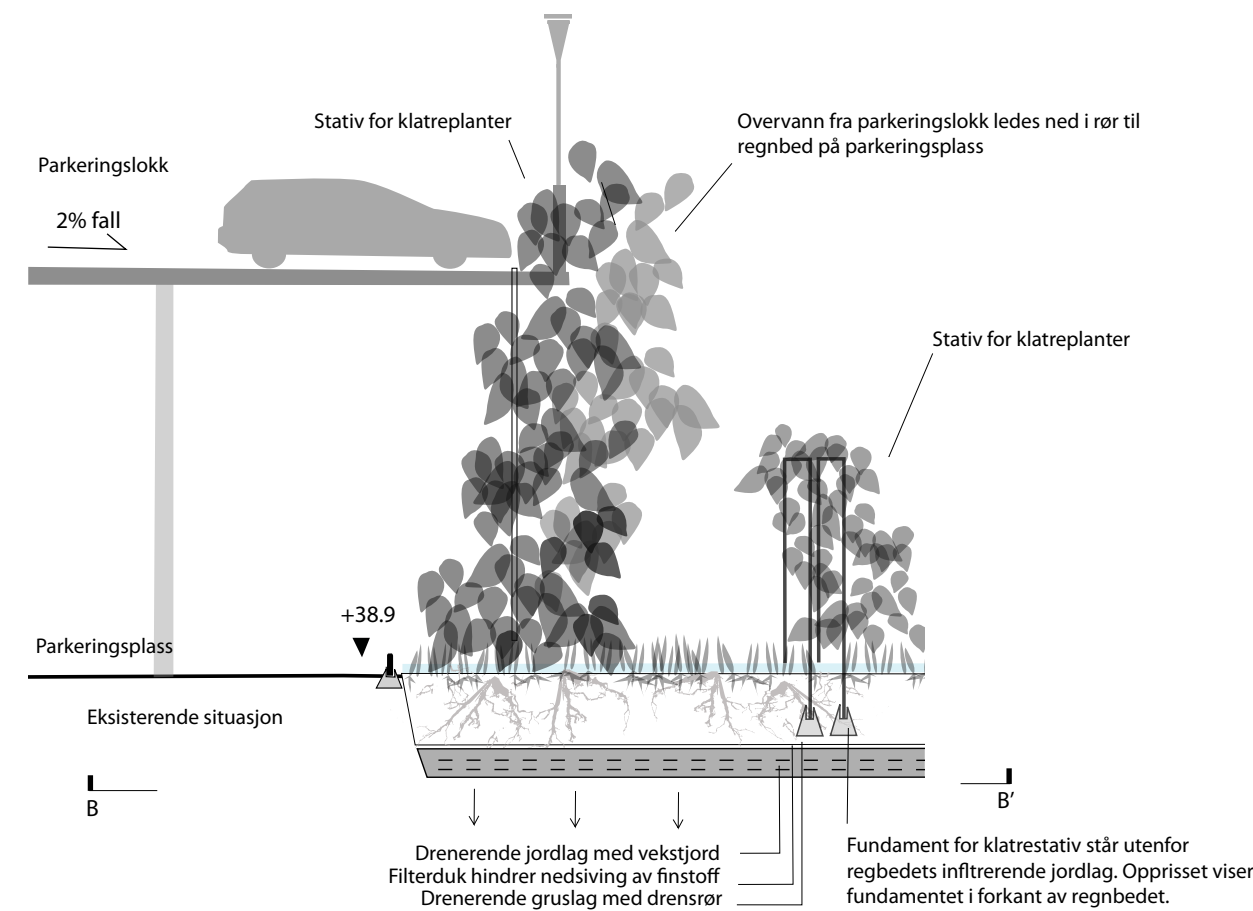
I dette delområdet vil planteveksten i regnbedene trolig bidra til å forbedre de mikroklimatiske kvalitetene. Støv, støy og varmeutvikling kan trolig reduseres noe med plantebruken. Samtidig kan plantematerialet tilføre et estetisk aspekt som vil innvirke på trivsel og opplevelsesverdi for områdets brukere.



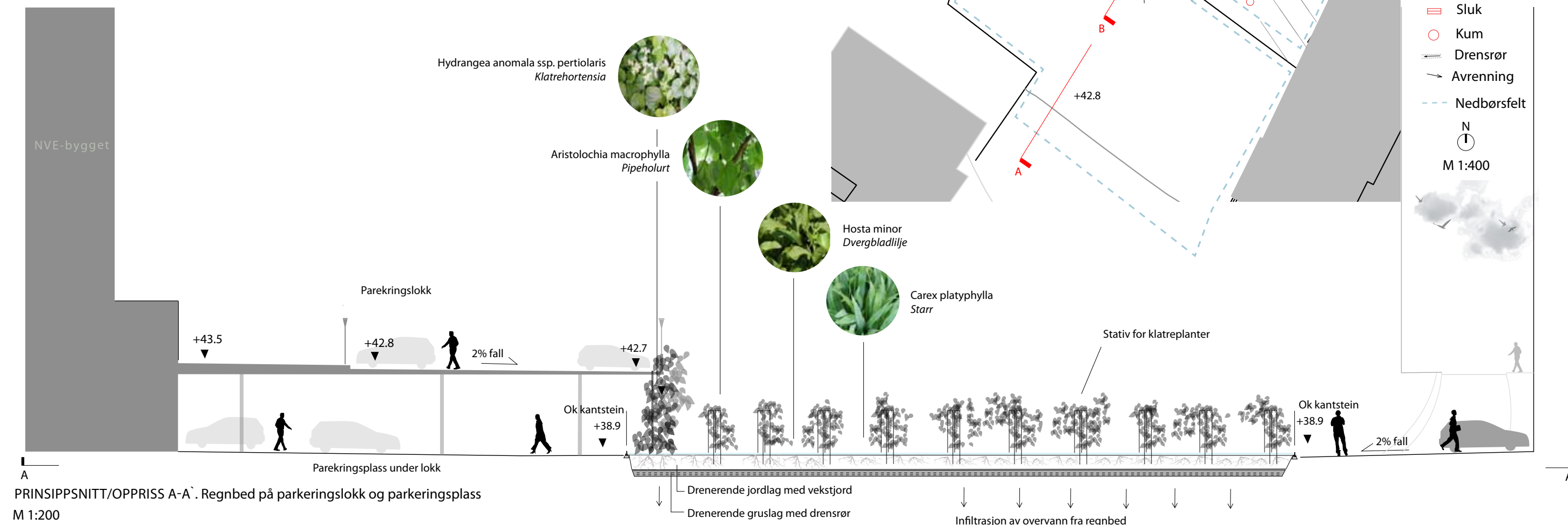
Nedbørsfelt	Parkeringsplass	Parkeringslokk
Areal (A)	0.18 hektar	0.08 hektar
Nedbørsintensitet (i) ved 10års regn	174 liter/sekund	174 liter/sekund
Avrenningskoeffisient (C) (overflatens permeabilitet)	0.6 (60%)	0.9 (90%)
Avrenning (Q)	18.79 liter/ sekund	12.52 liter/ sekund
Avrenning i kubikkmeter vann pr. 15 minutter	16.19 m ³	11.2 m ³
Regnbedets størrelse dimensjonert med 15 cm vannhøyde	108 m ²	75 m ²



Parkeringsplassen er omsluttet av bygningenes høye vegger. Kontorlokaler har sikt ut mot gårdssrommet.



PRINSIPPSNITT/OPPRISS B-B'. Regnbed med klatreplanter og bunndekkende stauder
M 1:50



PLANTEVALG OG SAMMENSETTING

Regnbed med klatreplanter lar plantene strekke seg mellom det nedre til det øvre parkeringsarealet. Regnbed plasseres slik at de ikke kommer i konflikt med gjennomkjøringen i gårdsrommet (markert i analysekart på side 54).

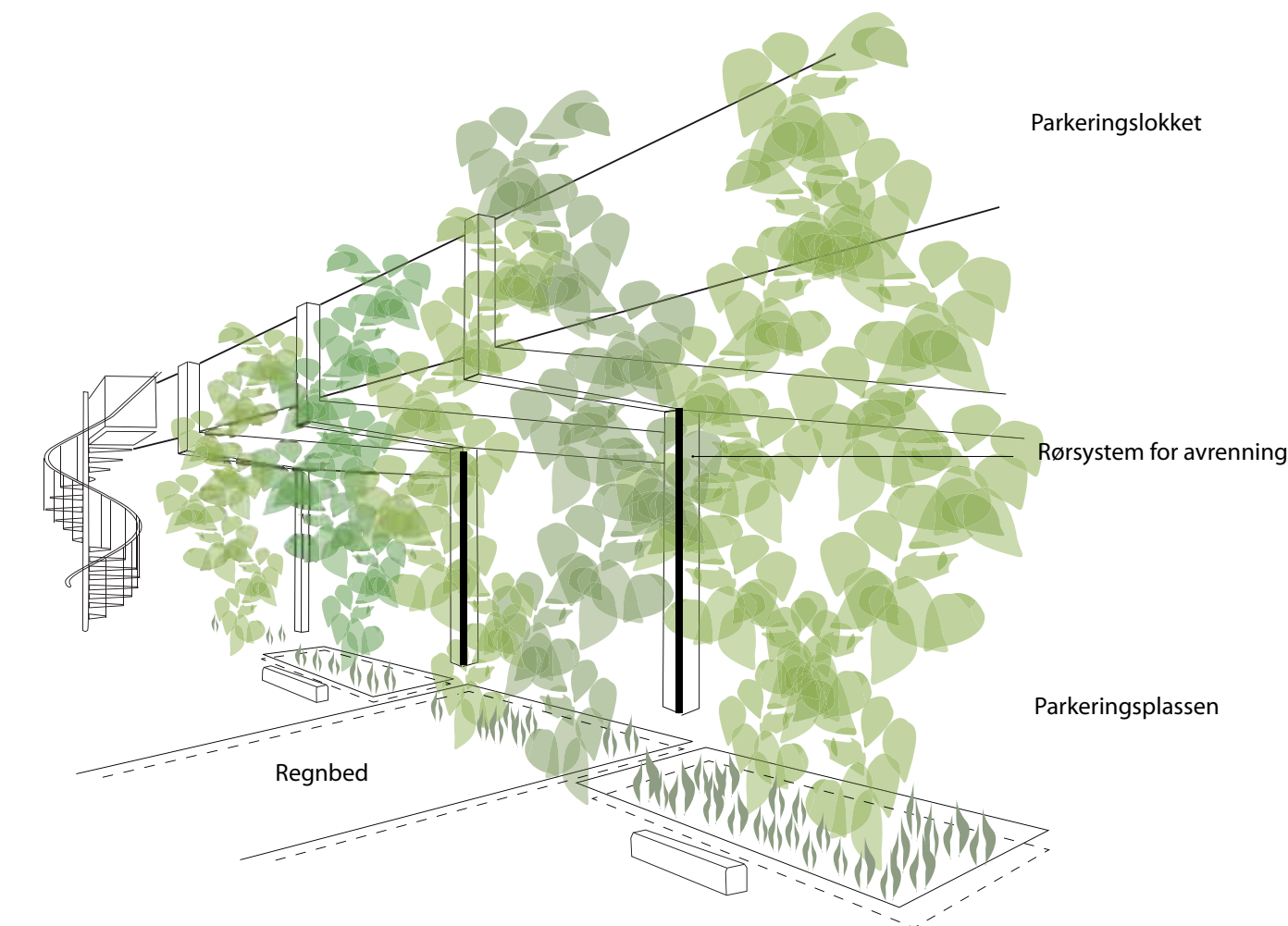
Klatreplantene pipeholurt og klatrehortensia er begge arter som kan tåle den vekslende fuktigheten i regnbedet og de skyggefulle forholdene som preger deler av delområdet. Pipeholurt er en robust og lettvokst plante som stiller få krav til jordmonnet (Huxley 1993). Det varme mikroklimaet som oppstår mellom bygningene i gårdsrommet kan gi gode vekstvilkår for planten. Pipeholurt er en løvfellende slyngplante som trives både i sol og skygge. Bladene er friskt grønne og hjerteformede i varierende størrelser, vanligvis med en lengde på 10-30 cm. Plantens blomstring er beskjeden og skjult under det store bladverket. Veksten er kraftig og dekker godt. Planten klatrer ved å slyngse seg om rør og stolper (Hansen 2004).

Tilsvarende trives klatrehortensiaen seg både på solrik og skygget plass, gjerne i noe fuktig jord. Planten tåler perioder med tørke. Arten kan bli opptil 10 meter høy og fester seg til underlaget med luftrotter. Kvisten er rødbrun med avskallende bark. Bladene er mørkt grønne, eggformet og fintannet i bladranden. Plantens blomster er store, hvite halvsjermier som blir opptil 25 cm brede. 12 små blomster sitter i halvsjermens ytterkant. Disse blomstene forblir dekorative utover høsten. Arten er regnet som gunstig i områder preget av luftforurensing (Hansen 2004).

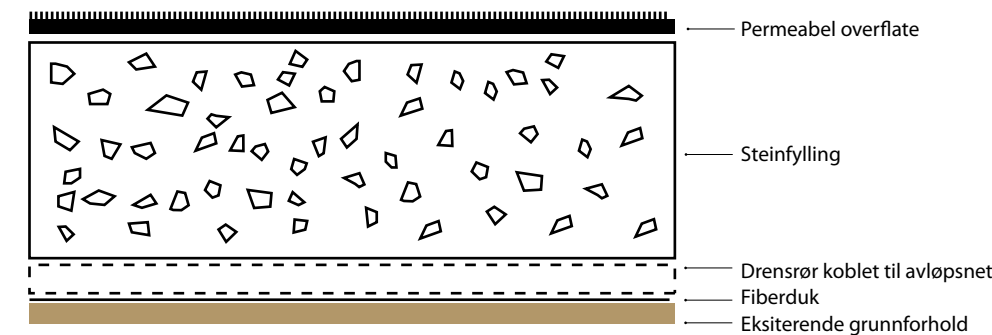
Hosta minor er lavtvoksende bunndekker som trives i skyggen fra andre planter. Arten er hardfør med tydelig, blankt og nesten hjerteformet bladverk. Planten har høye blomsterstikker med lilla blomster midtsommers (Langeland 2005). Carex platyphylla vokser til lik høyde som Hosta minor. Arten er bunndekkende. Den tuedannende bredbladet gressart en gir en god tekstur i regnbedet. Arten er vintergrønn.

Carex er en gresstype som tilfører god fordamping til omgivelsene. I tillegg til normal fordampningsevne, fordampner vann fra bladene via guttasjonprosessen. Dette fenomenet er beskrevet på side 32 i andre del av denne besvarelsen.

Alle artene i regnbedet har et stort og tydelig bladverk som kan tilføre en frisk, grønn kontrast til de dominerende mineralske overflatene i gårdsrommet. Klatreplantene strekker seg vertikalt i høyden på klatrestativer og mellom de to nivåene. Bunndekkede stauder legger seg som et tykt teppe med frodig tekstur på regnbedenes horisontale flater.

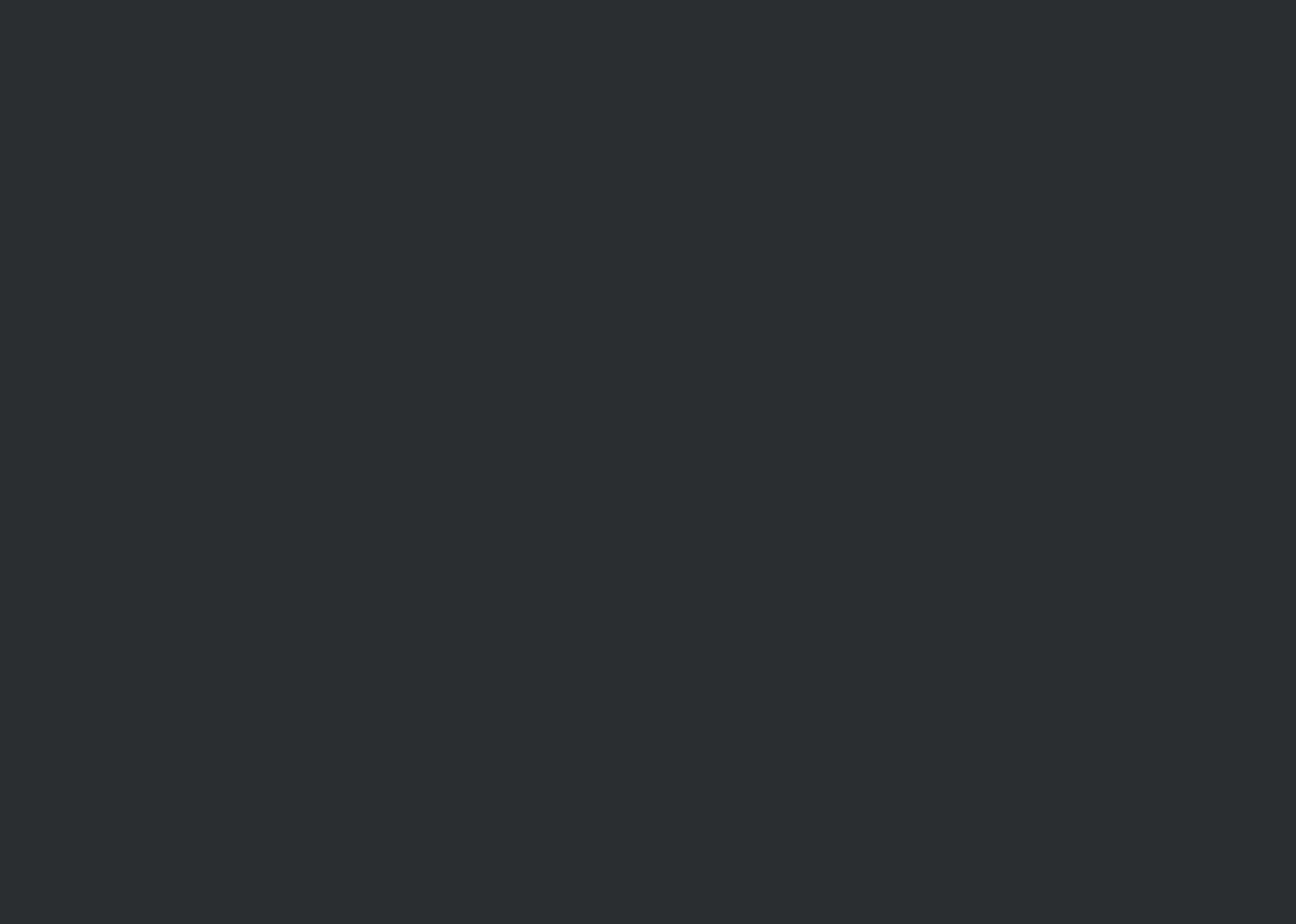


PRINSIPPSKISSE. Klatreplanter strekker seg fra nedre parkingsplass til parkeringslokket. Vannavrenningen fra parkeringslokket ledes ned i et rørsystem til regnbedene som er plassert på bakkeplan.




PRINSIPPSKISSE. Oppbygging av drengasfalt.

Drengasfalt er et permeabelt asfaltdekket bygget opp med en variert kornfordelingskurve og polymermodifiserte bindemidler (bitumen). Kornfordelingen gir et poresystem som lar vann renne gjennom asfaltlaget. Det modifierende bitumenstoffet binder sammen overflatedekket og gir styrke og motstand mot deformasjon fra trafikkbelastning og frostsprenging (Holgersen et al. 2002). Drengasfalten lar overvannet drenerer gjennom asfaltdekket. Belegget kan dermed legges uten fall, renner og rister som leder avrenningen. Det forutsettes derimot at et underliggende steinfyllingsmagasin hurtig leder overvannet videre, uten å miste bæreevnen. Poresystemet i drengasfalten kan tilettes av finstoff over tid slik at de drenerende egenskapene faller bort. Porer kan holdes åpne ved å presse vann gjennom porene slik at de spyles rene (Holgersen et al. 2002).



DEL 6
KONKLUSJON

ILLUSTRASJONSPLAN ETTER MONTERING AV REGNBED I NVE-KVARTALET

-  Eksisterende tre
-  Eksisterende tre
-  Nytt tre
-  Regnbed

N
M 1:1000



6 KONKLUSJON

Mange av problemene med overvann i byene oppstår som en konsekvens av måten vi bygger på. De fleste byer, tettsteder, bolig- og næringsutbygging er bygget ut i en tid før bevisstheten om en helhetlig overvannshåndtering kom til. En rekke urbanhydrologiske problemer i byene er knyttet til dagens normative overvannssystem, der regnvann kanaliseres vekk i ledningsnett under bakken langt bort fra det stedet der nedbøren falt. Når stor byvekst og fortetting sammenfaller med økte nedbørmengder tiltar også presset på den urbanhydrologiske situasjonen i byene.

Regnbed er overvannstiltak som tar hånd om overflateavrenning i beplantede forsenkninger i terrenget. Forsenkingene er bygget opp av sandige jordlag som gir god infiltrasjonsevne for vannavrenningen. Regnbeds infiltrasjonsevne opprettholdes over tid ved bruk av variert beplantning. Variasjonen i plantematerialet gir sammensatt og variert rotstruktur som gir luftige og porøse jordbunnsforhold. Regnbed dimensjoneres slik at overflatevann forsinkes og fordrøyes i jordlag før vannet infiltrer til grunnen i løpet av et til to døgn etter store nedbørshendelser. Regnbed som overvannshåndteringssystem har bakgrunn og stor utbredelse i USA. Erfaringer herfra har vist at flere, små overvannsanlegg gir større flomdempende effekt enn hva et fåtall store anlegg kan bidra med. Generelle rettleidende føringer for en helhetlig overvannshåndtering er å behandle regnvannet mest mulig lokalt, i åpne løsninger på stedet, slik at minst mulig overvann transporteres i lukkede systemer ut av nedbørsfeltet.

Konklusjonene i dette kapitlet er basert på oppsummeringer og refleksjoner som har fulgt i de forestående kapitlene og etter hvert delområde i prosjektarbeidet.

Vegetasjon i by

I naturen fordamper store mengder nedbør fra vegetasjonens overflater og deler av regnvannet synker ned i grunnen. I byene er denne situasjonen annerledes. I urbane miljøer renner ca. nitti prosent av regnvannet av fra harde overflater som tak, veier og parkeringsområder til avløpsnettet. Denne oppgaven har forsøkt å peke på noen av de avbøtende virkningene vegetasjon kan ha på urbanhydrologiske problemer.

Oppgavens problemstilling, presentert i innledningen, reiser spørsmålet om hvordan vegetasjon kan bidra til å løse byens urbanhydrologiske problemer. Oppgavearbeidet har forsøkt å belyse hvordan bruk av vegetasjon i by kan bidra til å gjenopprette den naturlige vannbalansen i tettbygde miljøer. Vi har sett at vegetasjon *pumper* vann fra jorda tilbake til atmosfæren gjennom transpiras-

jonsprosesser. Hydraulisk løft i planten trekker vannet gjennom karsystemet og enkelte plantearter har særskilte vannfordampingsveier gjennom guttasjonsprosesser. Fordampingen fra plantene tilfører fuktighet til tørre omgivelser og fuktighetstilførselen virker regulerende på temperatursvingningene som oppstår i dette bymiljøet.

Porositeten i åpne felter med jord og planter gir *svampigliende* kvaliteter som gjør at jorda kan holde tilbake store overvannsmengder. Det overvannet som infiltrerer til underliggende lag kan bidra til å opprettholde grunnvannstanden i byene og dermed også det bakkefundamentet bygningene bygges på. Gjennom fotosyntesen tilfører plantene oksygen til luften, samtidig som utslipp av karbondioksid (CO₂) tas opp. Myke og uregelmessige overflater i sammensatt bladverk virker lyd- og støyaabsorberende i byrom, samtidig som det trekker til seg luftbårne støvpartikler. Naturbaserte overvannsløsninger går ut på å bruke naturlige egenskaper i planter, vann og jord for å forebygge problemer knyttet til urbanisering og fortettingssprossene i byene. Regnbed etterligner og nyttiggjør seg de naturlige egenskapene som finnes i vegetasjonssamfunn. Bruk av regnbed i by likestiller dermed naturelementenes fysiske og biologiske egenskaper med de estetiske kvalitetene som regnbed, og variert vegetasjon, bringer med seg.

Byen endrer opprinnelige vekstforhold

Urbanisering og utbygging av naturmark fører til endringer i det opprinnelige miljøet og tilhørende økosystemer betraktelig. Elementer som påvirker forhold for plantevekst forandres med utbyggingen. Endringene fører til at større fortrenghet og utrykkes når naturområder bygges ned. Med byvekst vil lystilgang og jordsmønn endres og vind-, varme-, fuktighetsforhold forstyrres.

Regnbed er overvannstiltak i forholdsvis liten skala. Størrelsesforholdene setter grenser for hvor stor betydning overvannsanleggene kan ha for gjeninnføring av et steds tapte biologiske mangfold. Hvis ettermonteringen av regnbed derimot innlemmes som et ledd i en større sammenhengende grøntstruktur, kan anleggene bidra til å påvirke artsspredning og vekstvilkår for planter og dyr i byen. I slike tilfeller kan bruk av stedeget materiale i regnbed tilføre en verdi til eksisterende grøntområder i by.

Innenfor et regnbedsanlegg er det store variasjoner i fuktighetstilgangen. Dette gir grunnlag for en forholdsvis stor bredde i plantemateriale som egner seg. Plantelisten for regnbed utarbeidet i denne oppgaven er et utkast som kan bygges videre på. Listen er like dynamisk som veg-

etasjonen selv. Eksperimentering med plantebruk i norske regnbed vil trolig ekskludere noen arter på listen og inkludere andre. Arbeidet med plantelisten må anses som et utkast til videre arbeid med vegetasjon i regnbed i Norge. Listen kan gi et utgangspunkt å bygge videre på, ettersom erfaringsgrunnlaget for regnbed i det norske klimaet øker.

Arealutnyttelse og tilpasning av regnbed

Arbeidet med delområdene i denne besvarelsen er eksempelstudier for hvordan ettermontering av regnbed kan foregå i den bygde byen. Problemstillingen som skulle undersøkes var hvordan regnbed som overvannsløsning kan ettermonteres i allerede etablert bebyggelse. Flere faktorer dykket opp i arbeidet med delområdene i prosjektarbeidet.

Prosjektseksemplet i Delområde 5 tar for seg et område som er et typisk restareal mellom bygninger, preget av høy arealutnyttelse. Delområdet tydeliggjør at det oppstår store begrensninger for tilpasning av regnbed i slike tettbygde restområder, innestengt mellom bybebyggelse. Delområde 5 tydeliggjør en situasjon der det oppstår et dilemma mellom intensiv bruk, høy arealutnyttelse og mulighetene for å innføre økologisk effektive flater med jord og vegetasjon. Dette delområdet viser at i områder der plassutnyttelsen er høy oppstår en konflikt mellom områder med vegetasjon og hyppig bruk.

Anlegg i kombinasjon

Delområde 5 belyser også en typisk bysituasjon som består av landskapslokk eller bylokk som ikke er i kontakt med bakken. Slike bylokk legger begrensninger for anleggelse av overvannstiltak som baserer seg på å infiltrere overvann til grunnen. I arbeidet med delområdet ble løsningen for ettermonteringen av regnbedene å benytte seg av en kombinasjon av både lukkede og åpne overvannsløsninger. Den foreslåtte løsningen kombinerer regnbed med porøse overflatedekker som tar imot deler av overvannet og fordrøyer avrenningen i underliggende lag. Dette reduserer avrenningsmengdene og dermed også regnbedenes størrelser. Ved å søke en balanse mellom regnbedsarealer og porøse overflatedekker kan regnbedenes dimensjoner reduseres. Prosjektseksemplet med Delområde 5 viser at ved å kombinere regnbed med permeable overflatedekker kan infiltrerende regnbed anlegges i selv tette byrom uten å gå på bekostning av stedets funksjon, intensive bruk og høye arealutnyttelse.

Gjenbruk av eksisterende systemer

Arbeidet med Delområde 4 viser at eksisterende installasjoner kan åpne for ettermonteringsmu-

lighter for regnbed. Prosjektseksemplet fra gateløpet i Essendropsgate benytter seg av en løsning der regnbed ettermonteres i det eksisterende plantefeltet som ligger mellom gaten og fortauet. Regnbedene anlegges som et langt, lineært og kjedet infiltrasjonsareal i plantefeltet. Feltet tilrettelegges med jord og planter slik at det kan håndtere avrenning fra de omkringliggende asfalterte flatene. Spesialdesignet kantstein slipper avrenningen inn til plantefeltet og eksisterende vegetasjon byttes ut med fukt-, tørke og salttolerante trær og stauder. Prosjektseksemplet foreslår en løsning for anleggelse av gatemøblement som en integrert del av regnbedsinstallasjonen. Arbeidet med Delområde 4 viser at regnbed er en overvannsløsning som har store tilpasningsmuligheter til et eksisterende miljø. I dette prosjektseksemplet tilpasses regnbedet til plantefeltets areal i størrelse, utforming og oppbygging. Den oppdelte, lineære løsningen som eksisterer i gatemiljøet utnyttes som infiltrasjonsareal for avrenningen uten å kreve store funksjonsmessige og plassmessige endringer.

Løsningen for ettermontering av regnbed i veibanen i Middelthunsgate i Delområde 3 benytter seg også av systemer og installasjoner som finnes på stedet. Prosjektseksemplet viser et løsningsforslag som utnytter veibanens midtrabatter som arealer for ettermontering av regnbed. Infiltrerende jordlag erstatter de eksisterende jordmassene. Nedbørsfeltet *åpnes* opp ved å montere spesialdesignede kantstein som lar overvann renne gjennom og inn til regnbedene uten å gi trafikale innvirkninger.

Inntilliggende arealer

I arbeidet med Delområde 3 utarbeides en løsning der både sidearealer og midtrabatter tilknyttes veibanen i Middelthunsgate benyttes for ettermontering av regnbed. Vi ser i Delområde 3 at et lett grep som en endring i kantsteinsutforming utvider et nedbørsfelt. Steinen slipper overvann gjennom til arealer som kan anlegges med regnbed. Dette prosjektseksemplet tydeliggjør også at vannkretsløpet påvirkes av små tiltak på detaljnivå. Selv systemer i liten skala påvirker det større hydrologiske bildet og må disse nå vurderes i prosessen ved ettermontering av regnbed.

Arbeidet med Delområde 2 viser at omkringliggende arealer åpner opp for mulighetene ved tilpasning av regnbed. Delområde 2 tar for seg parkeringsplassen ved Frognerparken. I løsningsforslaget blir inntilliggende plantefelt tilrettelagt for å håndtere avrenningen fra den asfalterte parkeringsplassen og de leirholdige gressbakkene ved parken. Plantefeltene utvides og gis en tilleggs-

funksjon som fordøyer og infiltrerer avrenningen i fukt-og tørketålende vegetasjon.

Ved å bruke eksisterende installasjoner og inntilliggende arealer som er til stede i det utbygde området, kan regnbed tilpasses etablert byggelse uten å kreve store endringer i opprinnelig bruk. Prosjektkeksemplene viser derimot at områder som er typiske restarealer eller bylokk med høyutnyttelsesgrad, legger begrensinger ettermontering av regnbed. I slike situasjoner kan regnbedsarealer reduseres ved å kombinere anleggene med andre overvannstiltak. En kombinasjon av overvannsløsninger kan gi plass til opprinnelig bruk og funksjon, samtidig som deler av avrenningen håndteres i felter med jord og vegetasjon.

Arbeidet med denne oppgaven har vi sett at i prosessen ved fortetting av byene, oppstår det ofte en konflikt mellom høy utnyttelsesgrad av områdene og grønne, vegetasjonsdekte forhold. Balansen mellom økologisk effektive flater med jord og vegetasjon og slitesterke harde flater for intens bruk er et kjent konfliktforhold i den tette byen. Dilemmaet er ikke unikt for Oslo. Det er et allment problem i de fleste byer som er preget av vekst. Asfalt og andre tette overflatedekker har mange positive egenskaper. Materialene er ofte fleksible, formbare og slitesterke. Prosjektarbeidet i denne oppgaven har sett at alternativ for asfalt som overflatedekke ikke er lett å finne.

Grønn overflatefaktor

Den svenske byen Malmö har innført et system som verdsetter og beregner overflatekvaliteter innenfor eiendomsgrensene i byen. Systemet baserer seg på en tysk modell og er initiert av kommunen. Systemet summerer opp vegetasjonsdekkete områder i Malmö by for å sikre gode, grønne byrom. Den oppnådde poengsum svarer til hvor mye vegetasjon som vokser på bakke, vegger og tak innenfor et område. Åpne overvannstiltak med vegetasjon gir et stort utslag i den endelige poengsummen.

Et lignende poengsystem skal innføres på Furuset i Oslo for å forsøke å sikre en klimaeffektiv byutvikling i området. De grønne overflatepoengene blir et verktøy for å beregne balansen mellom utstreknin-gen av de harde, slitesterke overflatedekkene og mindre motstandsdyktige vegetasjonsdekte flater. Dette gir rom for overflater av alle typer - tette, som permeable, i områder som fungerer godt i tråd med vannets kretsløp.

Den kontekstuelle sammenhengen

I arbeidet med stedstilpasning av regnbed i eksisterende byrom må en rekke aspekter vurderes før monteringsarbeidet starter. Prosjektarbeidet i denne oppgaven viser at den egnete løsningen

må vurderes i forhold til den konteksten anleggene skal inngå i. Etablerte bymiljøer er ofte sammensatt og komplekse. Det å definere et steds kvaliteter og karakter så godt som mulig blir viktig for arbeidet med tilpasningen av regnbed går i gang.

Den kontekstuelle sammenhengen må overveies i sin helhet. Dette innebærer å vurdere et steds hydrologiske forhold, jordsmonn, avrenningsmønstre, vegetasjons- og grøntstruktur, likestilt med stedets bruk, funksjon, historiske sammenheng og sosiale aspekter. *Steds*karakteren legger grunnlaget og føringer for egnet plassering, utforming og plantevalg i de stedstilpassede regnbedene. Regnbed har mange ulike uttrykk og plantesammensetningene gir løsningene karakter. Arbeidet med delområdene i denne oppgaven viser at et hvert sted må vurderes individuelt.

Betydningen av den kontekstuelle sammenhengen blir tydeliggjort i arbeidet med prosjekteksemplet i Delområde 1. Delområdet tar for seg håndteringen av takvannet fra NVE-bygget i et regnbed plassert i et fredet hageanlegg. I delområdet søkes en løsning der Riksantikvarens hensyn kan imøtekommes i plassering og plantevalg i regnbedet. I løsningsforslaget legger den eksisterende vegetasjonen utgangspunktet for regnbedets beplantning slik at regnbedets uttrykk følger og ligner hageanleggets opprinnelige kvalitet og karakter. Slik tar regnbedet hånd om avrenningen fra NVEs takflate uten å stikke seg ut i den fredede hagen.

Regnbed gir merverdi

Vegetasjonen i regnbedet i delområde 1 vil følge hageanleggets dynamiske utvikling. Slik kan de nyplantede bjørketrærne i regnbedet gi det bevaringsverdige hageanlegget en styrke over tid. Anleggelsen av et regnbed i hagen opprettholder Riksantikvarens ønske om å bevare hageanlegget. Prosjekteksemplet viser dermed at regnbed kan gi en merverdi til omgivelsene. Regnbedet bidrar til å modernisere NVEs hovedkvarter ved å opprette et beplantet overvannshåndteringsystem, samtidig som anlegget bidrar til å ta vare på de historiske kvalitetene på stedet.

Delområde 1 tydeliggjør videre at kreative og stedstilpassede vurderinger og valg er nødvendig i ettermonteringsprosessen for regnbed. Riksantikvarens regelverk for fredningen av NVEs fasade legger føringer for hvordan overvannet fra takflaten kan tas hånd om på bakkeplan. Den bevaringsverdige fasaden påvirker endringer i plasseringene av taknedløp for regnvann og dermed også hvordan vannet føres ut i hageanlegget. I dette eksemplet foreslåes det en kombinasjon løsninger for håndtering av takvannet. I tillegg til et regnbed i hagen, om-

formes eller re-designes fontenen ved NVE-byggets inngang til å fordroye deler av takvannet. Her blir regnbedet i hageanlegget ett av flere tiltak som håndterer avrenningen fra takflatene.

Regnbed tar form etter omgivelsene

Prosjektkeksemplene i denne oppgaven viser at regnbed er en tilpasningsdyktig overvannsløsning som kan ta form etter de gitte omgivelsene på stedet. I oppgaven bygger arbeidet med prosjektkeksemplene på manuelle utregningsmetoder for dimensjonering av de foreslåtte regnbedsløsningene. De manuelle utregningsmetodene gir innsikt i tankegangen bak anleggskapasitet, dimensjoner og plassering av regnbedsanlegg innenfor et nedbørsfelt. Utregningsmetoden gir en forståelse for nedbørsfeltets terreng, overflatekvaliteter, kanter og avrenning. Nedbørsfeltet kan deles inn i mindre områder og regnbed kan gis små, punktwise plasseringer som håndterer avrenningen i et mindre nedbørsfelt.

Arbeidet med prosjektkeksemplene viser at regnbed er overvannstiltak med stor fleksibilitet og tilpasningsevne til etablerte bymiljøer. Regnbed har store variasjonsmuligheter i størrelse, form, karakter og uttrykk. Regnbed er overvannsløsninger som kan integreres trinnviss, ett prosjekt av gangen, i løsninger som kan avpasses til den eksisterende bystruktur.
Fleksibiliteten i tilpasningsevne gir regnbed kvaliteter som gjør at overvannstiltaket er godt egnet for tilpasning og ettermontering i den etablerte byen.

Begrensinger for plantevalg i by

Arbeidet med prosjektkeksemplene viser at stedlige forhold i som sol, skygge, vind og saltpåvirkning legger føringer for plantevalget i regnbed. Salt påvirker plantenes vekstforhold i byene. Når kravet til salttoleranse kommer i tillegg til kravet om toleranse for svingende fuktighetsforhold, begrenses plantevalget i regnbedene. Plantematerialet som egner seg i regnbed i urbane miljøer avgrenses da betraktelig. Praktisk erfaring og eksperimentering vil gi det nødvendige erfaringsgrunnlaget for plantematerialet i regnbed i bymiljøer.

Tverrfaglige samarbeidsformer

Klimatilpasningen av eksisterende bymiljøer utfordrer planleggere, designere og landskapsarkitektens oppfinnsomhet og kreativitet. Dette arbeidsområdet peker seg ut som interessant for landskapsarkitekters virke. Det å anlegge overvannstiltak som benytter seg av de naturlige kjemiske, fysiske og biologiske prosessene som skjer i naturmiljøer og som gir estetiske og mikroklimatiske fordeler i tettbygde bymiljøer, berører flere

fagområder.

Landskapsarkitektur som fag og landskapsarkitekter som fagpersoner har mulighet for å lede an i prosessen for klimatilpasning av den eksisterende byen. Med andre faggrupper på laget stiller landskapsarkitekten sterkt i vurdering av tekniske og funksjonelle aspekter ved tilpasning av naturbaserte overvannsanlegg. Yrkesgruppen kan behandle de romlige, kontekstuelle og estetiske kvalitetene som finnes på et gitt sted. Landskapsarkitekten kan bidra med kontinuerlig nytenkning til hvert prosjekt. Slik kan landskapsdesign bidra til å oppnå holdbare, tilpasningsdyktige, dynamiske og attraktive steder i byen, i områder der naturlige økosystem er med på å danne en viktig base i våre omgivelser.

Den kontekstuelle sammenhengen som regnbed inngår i må vurderes for å skape gode og holdbare prosjekter. Landskapsarkitekter må gå inn i det faglige samarbeide og jobbe med steds- og kontekstilpasning med et kreativt sinn for å skape gode løsninger med lang holdbarhet.

Det har blitt sagt at arkitekturens utfordringer er for vanskelige til at de kan overlates til arkitekten alene. Håndtering av overvannsanlegg med vegetasjon favner over et bredt felt som strekker seg på tvers av fag. Overvannshåndteringen bygger på metoder og teknikker som omfatter urbanhydrologi, hydraulikk, vannkvalitet, geologi, VA-teknikk, samt arealplanlegging, samfunnsplanlegging, landskapsarkitektur, biologi, økologi. Tverrfaglig samarbeidsformer og dialog med brukere er nødvendig for å ende med gode og holdbare prosjekter. Dette gjenspeiles i arbeidet med denne oppgaven, fra teori til praktiske utprøvde løsninger i delområdene. Med samarbeidende ingeniører, økologer, biologer, arkitekter og landskapsarkitekter kan man oppnå løsninger som tar opp i seg kompleksiteten i den urbane konteksten. Dette kan gi regnbed som overvannstiltak et resultat som er holdbart og som vil vare over tid, også i det etablerte bymiljøet.

KILDER

BØKER OG RAPPORTER <p>Bergen kommune (2007). <i>Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune</i>. Byrådsavdeling for byutvikling, Vann- og avløpsetaten, Bergen kommune.</p> <p>Borcke von, C. (2008). "Landscape and nature in the City". I Sustainable Urban Design: An Environmental Approach, redigert av R.Thomas. Spon Press, London.</p> <p>Botkin, D. B. og Keller, E A. (2003) <i>Environmental science. Earth as a living planet</i>. Fjerde utgave. New York, Wiley.</p> <p>Braskerud, B (2008). <i>Fangdammer for partikkel-og fosforrensning</i>. Vol 3. Nr 12 Ås, Bioforsk FOKUS. 37.s</p> <p>Byhavenettverket (2002). <i>Gjør byen litt villdere</i>. København, Byhavenettverkets forlag.</p> <p>CIENS (2010). <i>Ansvar og virkemidler ved tilpassning til klimaendringer</i>. Redigert av K. Harvold. CIENS-rapport-2010. http://www.regjeringen.no/Upload/MD/Vedlegg/Klima/Klimatilpasning/underlagsrapporter/ciens_rapport.pdf (lest 07. 02.2011)</p> <p>Det Danske Haveselskap (1997). <i>Havens planteleksikon. Trær og buske</i>. Det Danske Haveselskap.</p> <p>Dunnet, K. og Clayden, A. (2007). <i>Raingardens: sustainable rainwater management for the garden and designed landscape</i>. Oregon, Timber Press.</p> <p>Dunnet, N. & Hitchmough, J. (2004). <i>The Dynamic Landscape</i>. London/New York, Taylor & Francis.</p> <p>FAGUS Fakta (2006) <i>Salttoleranse hos stauder</i>. Desember 2006 12./2006 Årgang 3.</p> <p>FISRWG (2001) <i>Stream Corridor Restoration Principles, processes and Practices</i>. USDA-Natural Resources Conservation Service (for The Federal Interagency Stream Restoration Working Group), Washington, DC.</p> <p>Florgård, C. og Plam, R. (1980) <i>Vegetationen i dagvatten håndteringen</i>. Stockholm, Naturvårdsverket.</p> <p>Fremstad, E. (1998) <i>Vegetasjonstyper i Norge</i>. Trondheim, NINA Temahefte Norsk institutt for naturforskning. 2. Opplag</p> <p>Green, A. (2008) <i>Impacts of biota on bioretention cell function</i>. Department of Biological Agricultural Engineering College of Engineering, Kansas State University.</p> <p>Göteborg stad (Uten dato). <i>Träd i Göteborg. Katalog över lämpliga gatu- och platsträd i Göteborg</i>. Park- och Naturförvaltningen, Göteborg stad.</p>	<p>Det Norske Hageselskap (2006). <i>Hagselskapets sort-liste</i>. Det Norske Hageselskap.</p> <p>Det Norske Hageselskap (1986). <i>Stedegen vegetasjon. Bruk og etablering</i>. Temablad 7. http://www.hageselskapet.no/idekatalogen/kap07/7_5.pdf. (Sist lest 11.02. 2011) .</p> <p>Hansen, B. O. (2004) <i>Landskapsplanter</i>. Institutt for plante- og miljøvitenskap, Norges landbruksforskole.</p> <p>Hansen, E. og Hansen, B. O. (2007). <i>Trær og busker for norske hager</i>. Tun forlag, Oslo.</p> <p>Hansen, R. og Stahl, F. (1993). <i>Perennials and their garden habitats</i>. Fjerde utgave. Cambridge University Press.</p> <p>Holgersen, S. og Dam, T. (2002) <i>Befæstelser</i>. 2. utgave. Forlaget Grønt miljø, København.</p> <p>Holtan-Hartwig, T., Nilsen, K.S., Hvoslef, I. E. , Johnsen, T. og Tønsberg, S. (2010). <i>Blågrønn hovedstad. Jubel og gråt for Oslos elver og bekker</i>. Oslo Elveforum, Oslo.</p> <p>Hough, M. (2004). <i>Cities and the natural procsses. A basis for sustainability</i>. Andre utgave. Routledge, London.</p> <p>Huxley, A.J. (Red.) (1992). <i>Dictionary of Gardening</i>. New Royal Horticultural Society. The Stockton Press, New York, NY.</p> <p>Keefer, R.F. (2000). <i>Handbook of Soils for Landscape Architects</i>. Oxford University Press.</p> <p>KLC (2007). <i>The Truckee Meadows Low Impact Development Manual, Guidance on LID Practices for New Development and Redevelopment</i>. Kennedy/Jenks Consultants.</p> <p>Københavns kommune (2009). Regnbede. Høringsutgave, Københavns kommune.</p> <p>Langeland, K. (2005) <i>Stauder i norske hager</i>. Oslo, Landbruksforlaget.</p> <p>Lid, J. (2005) <i>Norsk flora</i>. 7. utgave. Oslo, Det Norske Samlaget.</p> <p>Lindholm, O. og Bjerkeholdt, J.T. (2010) <i>Vannteknikk for landskapsingeniører</i>. Ås, Universitetet for miljø- og biovitenskap.</p> <p>Lindholm O., Endresen S., Thorolfsson S., Sægrov S., Jakobsen, G. og Aaby, L. (2008). <i>Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering</i>. Norsk Vann-rapport 162/2008.</p> <p>Muthanna, T. (2007). <i>Bioretention as a sustainable</i></p>	<p><i>stormwater management option in cold climates</i>. Norges tekniske og naturvitenskapelige universitet, NTNU.</p> <p>MSD (u.d.) <i>Landscape Guide for Stormwater Best Management Practices</i>. http://www.shawnature.org/documents/pdf/MSD.pdf (Sist lest 14.04.2011).</p> <p>NOU Klimatilpasningsutvalget (2010). <i>Klima i Norge 2100</i>. Norsk klimasenter.</p> <p>Nyhuus, S. <i>Økologiske arealprinsipper i Oslos byggesone</i>, Oslo byplankontor.</p> <p>Oslo kommune (2010) Oslo-Speilet 2, 2010. http://www.utviklings-og-kompetanseetaten.oslo.kommune.no (Lest 08.02.2011).</p> <p>Philips, R. og Rix, M. (1991). <i>Early Perennials</i>. Vol. 1. London, Macmillan.</p> <p>Philips, R. og Rix, M. (1991). <i>Late Perennials</i>. Vol. 2. London, Macmillan.</p> <p>PGC (2007). <i>Design manual for use of bioretention in stormwater management</i>. Technical report, Prince George’s County, Maryland.</p> <p>Raven, P. H., Evert, R.F. og Eichorn, S.E. (2005) <i>Biology of plants</i>. 7. utgave. New York, W.H. Freeman og Company.</p> <p>Saglie, I.L, Strand, A. og Schmidt, L. (2007). <i>By- og bokvaliteter i markedsbasert fortetningspolitikk</i>. NIBR.</p> <p>Sanda, J.E. (1993) <i>Rettt vekst på rett sted</i>. Det Norske Hageselskap.</p> <p>Sanstøl, J. red. (1996) <i>Frognerparken- fra dyrket mark til byens park</i>. Oslobymuseum.</p> <p>Schul, J. (2001) <i>Hvilken plante hvor</i>. Oslo, Cappelens forlag.</p> <p>Statens vegvesen (2004). <i>Veibygging</i>. Håndbok 018. Veidirektoratet.</p> <p>Statens vegvesen (2008). <i>Veg-og gateutforming</i>. Håndbok 017. Veidirektoratet.</p> <p>Strom, S., Nathan, K. og Woland, J. (2004) Site Engineering for Landscape Architects. Fjerde utgave. New Jersey, Wiley & Sons.</p> <p>Vegtech (2010) <i>Vegetasjonsteknikk</i>. Stockholm, Vegtech AB</p> <p>Vike, E. og Søyland, M. (2006). <i>Salttoleranse hos Stauder</i>. Fagus Fakta. 12/2006, årgang 3, FAGUS</p>	<p>Rådgivning. 2 s.</p> <p>Wallace, T. (2009) <i>The Rain Garden Planner</i>. Surrey, Schiffer Publishing Ltd.</p> <p>Weinstein (2002) <i>Low impact development Retrofit Approach to Urban Areas</i>. Washington, D.C., USEPA.</p> <p>Yeang, K. (2006). <i>Eco Design</i>. Wiley-academy, John Wiley & Sons, Ltd.</p> <p>Zimmermann, A. (2008). <i>Constructing landscape. Materials, techniques, structural components</i>. Berlin, Birkhauser.</p>	<p>AVISARTIKLER <p>Hagesæter, Pål: Oslo Europamester i vekst. <i>Aftenposten Aften</i> 23.mars 2011 s. 6.</p> <p>Bentzrød, Sveinung: Bare Bergen vi ta i bruk forbud. <i>Aftenposten Aften</i> 4. desember 2010 s. 2.</p> <p>PERSONLIG KONTAKT (ALFABETISK) <p>Amundsen, Ingerlise. Professor II, institutt for landskapsplanlegging, UMB. (24.11.2010)</p> <p>Benestad, Rasmus. Forsker ved Meteorologisk institutt (2010).</p> <p>Braskerud, Bent. Forsker ved Norges vassdrags- og energidirektorat (2010-11).</p> <p>Eide, Kjersti. Statens vegvesen, 24.11. 2010</p> <p>Enzenberger, T. Vegetasjonsrådgiver og biolog (11.02.2011)</p> <p>Hansen, Ole B. Professor II ved Institutt for plante- og miljøvitenskap, UMB (2010).</p> <p>Muthanna, Tone. Forsker ved Institutt for vann, avløp og miljøteknologi (NIVA) (2010).</p> <p>Skrindo, Astrid. Restaureringsøkolog ved Samferdselsetaten (22.10. 2010)</p> <p>Thorvaldsen, Hege. Arkitekt og saksbehandler for ombyggingen av NVE, Dark arkitekter (2011). <p>Thøren, K., Foredrag. Fagus´ konferanse om Byøkologi. 27.10.2010.</p> <p>Vike, Eva. Førsteamanuensis, Institutt for plante- og miljøvitenskap, UMB. (2010-jan. 2011).</p> <p>INTERNETT/DATABASER <p>COWI (2005). Overvannshåndtering/urbandrologi http://www.cowi.no/SiteCollectionDocuments/</p></p></p></p></p>	<p>cowi/no/menu/03.%20Prosjekter/1.%20Miljoe/3.%20Miljoebeskyttelse/Andre%20filtyper/ta032.pdf (Lest 12.04.2010).</p> <p>Klima- og forurensningsdirektoratet (2011). http://www.klif.no/grunn/. (Lest 02.03.2011).</p> <p>Met.no (2010). http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL (Sist lest 02.03. 2011).</p> <p>Miljøstatus (2010). http://www.miljostatus.no (Lest 01.10.2010).</p> <p>Naturbase, Direktoratet for naturforvaltning (2011). http://www.dnweb12.dirnat.no (Lest 17.01.11).</p> <p>Norges geologiske undersøkelse, NGU (2011). http://www.ngu.no/kart/losmasse (Sist lest 02.03.11).</p> <p>Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2011). http://arcus.nve.no/website/miljoatlas/viewer.htm (Lest 17.01.11).</p> <p>Oslo kommune (2011) <i>Miljøportalen</i>. http://www.miljo.oslo.kommune.no/stoy/ (Sist lest 13.02.2011).</p> <p>Sabima (2011). <i>Verdien av biomangfold</i>. http://www.sabima.no/sider/tekst.asp?side=513&meny=Verdien%20av%20biomangfold. (Lest 03.05.2011).</p> <p>SAWA (2010). http://www.sawa-project.eu/ (Lest 27.07.10).</p> <p>Vanderheiden, G (2011). <i>About Decibels (dB)</i>. http://trace.wisc.edu/docs/2004-About-dB. (Lest 01.05.2011)</p> <p>Vann-og avløpsetaten (2010). <i>Storstilt satsing på nytt avløpsystem i Oslo</i>. http://www.vann-og-avlopsetaten.oslo.kommune.no/article167159-11208.html (Lest 07.01.2010).</p>
---	--	---	---	--	---



FOKUS BYGG OG ANLEGG

NORDENS STØRSTE: Fra bakken synes det over hodet ikke, det 28 000 kvadratometer store grøntanlegget på taket til Veolias miljøanlegg. Taket er statler manglende naturlig drenering av regnvann til grunn. Plantene tar opp til 50 prosent av vannet og forsinker avrenningen av resten. FOTO: JOACHIM SEEHUSEN

tekst og foto
JOACHIM SEEHUSEN
joachim.seehusen@n.no

Grønn flomsikring

Dette er Nordens største grønne tak. Her vokser det bare planter som hindrer regnvannet i å forårsake flom.



FOKUS BYGG OG ANLEGG

Klimaendringene byr på økt flomfare – en fare som i bystrøk økes ytterligere ved at stadig mer av grunnen blir dekket av bygninger eller asfalddekker. Det blir mindre og mindre permeable arealer med naturlig drenering tilgjengelig. Resultatet er at kapasiteten til å håndtere overvann etter kraftig regnvær blir redusert, og faren for vannskader i kjellere og andre anlegg øker.

det kommer mye regn, sier Arvid Ekle. Han er formann i NAML, norske anleggsgartnere – miljø- og landskapsentreprenører, og daglig leder i Anlegg og utemiljø.

Nordens største
Veolias miljøanlegg i Groruddalen i Oslo har Nordens største grønne tak, det måler 28 000 m².

– Vi hadde erfaring med sedum-tak fra Pilestredet park og valgte det i konkurransen sammen med entreprenøren Knut Skutle, forteller arkitekt Marita Nygaard som den gang jobbet i Arkitektkontoret Gasa. Da undersøyer han ved Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo.

Nygaard forteller at en av grunnene var at bygget fylte tomten nesten helt til randen og



TAKPARK: Arvid Ekle er ansvarlig for drift og vedlikehold av parken på Thaulowkale. Der er det blomster, kirsebær, busker og trær – alt fire etasjer over bakken. FOTO: JOACHIM SEEHUSEN

HØYTSVEVENDE GRØNTOMRÅDE: Få av kundene i kjøpesenteret, som befinner seg under parken, er klar over hva de har over seg. FOTO: JOACHIM SEEHUSEN

FOR OG ETTER: Flyfotoet av tomten der Veolias miljøanlegg ligger var en del av vinnerutkastet til Arkitektkontoret Gasa. Øverst ser vi hvordan området var – helt uten grønt – og under en manipulasjon som viser bygget med grønt tak. FOTO: ARKITEKTKONTORET GASA AS

det var kun noen få og små grønne områder. Vedlikeholdet er forholdsvis enkelt på sedum-tak, gjødding er par ganger i året skal være nok. Ved siden av forsikret avrenning, bidrar også slike tak til effektiv temperaturregulering. Taket er levert av svenske Veg Tech.

– De har anslått at avrenningen reduseres med 50 prosent. Veolias bygg er et utsokert industribygg, og basert på tidligere erfaringer har Veg Tech anslått at maksimumstemperaturen på taket er opp til 20 grader kaldere enn om det hadde vært tradisjonell sort takopp. Om vinteren virker det motsatt. Da blir temperaturen ikke på langt nær så lav.

– Det er gjort en teoretisk studie i Chicago som viser at om alle tak i byen var grønne, ville det gi 1 000 000 000 dollar hvert år i redusert kjølebehov, forteller Ekle.

Helse
Både Ekle og Nygaard kan fortelle om mål og virkemidler i en rekke land som skal fremme bruken av grønne tak der bebyggelsen er tett.

I Canada er det subsidiordninger for dem som velger å anlegge grønne tak. I København er det innført påbud om grønne tak for bygg over en viss størrelse, så sant taket ikke overstiger 28 grader. Målet er å nå 325 000 m² innen 2015. Hvis de er laget slik at de får effekt på overvann ved kraftig regn, gir det 40 prosent større fra myndighetene. I siste reviderte versjon av Londons miljøplan er grønne tak et viktig innslag. I Stuttgart, en by med om lag 700 000 innbyggere, er målet å nå halvannen million kvadrattmeter grønne tak i løpet av 2010.

– Det er en klar sammenheng mellom helse og grønne løsninger. Studier fra både EU og USA viser at i sykels med, eller nær parkanlegg, har pasientene færre liggedøgn og også mindre tilbehøll. Dette er for lite vektlagt i planleggingen. Bare i Oslo er det i løpet av de siste 12 årene fjernet grøntanlegg tilsvarende 20 slottsparker, sier Ekle.

Regnbed
Ekle understreker at grønne tak ikke nødvendigvis må ligge på toppen av bygninger.

Er du medlem i den organisasjonen som vokser mest?

Stadig flere ser fordelene med medlemskap i NITO. Med 64.000 medlemmer er vi landets desidert største organisasjon for ingeniører og teknologer. I tillegg til en rekke økonomiske fordeler får du også tilgang til faglige nettverk og kompetansutvikling. Sjekk alle medlemsfordelene på www.nito.no. Kontakt oss på 22 05 35 00 eller epost@nito.no



FOKUS BYGG OG ANLEGG



REGNBEDET Ukjent i Norge, men mye brukt i USA. Her står Arvid Ekle midt i regnbedet han har anlagt på Risvollan i Trondheim. Bedet skal redusere flomfaren i Fredlybekken. FOTO: JACOB SEEBLAD

– De kan godt ligge på gateplan, for eksempel over et underjordisk P-bus, over en halvvei eller andre konstruksjoner.

En helt annen løsning er regnbed. Også de har som primæroppgave å sørge for at overvannet bruker lengre tid på å nå ledningsnettet.

I Trondheim, i Risvollan borettslag, er et slikt tatt i bruk. Det ser ut som et uanstendig blomsterbed på 70 m², og jobben er å redusere faren for flomskader langs Fredlybekken. Bedet skal håndtere vann fra en 800 m² stor asfaltert plass, samt tilleggsarealer på samme størrelse.

– Her er det flom med jevne mellomrom, og stadig oftere. Vannet trenger inn i kjellere og forårsaker store skader, sier Arvid Ekle.

– Vi anleggsgartnere er den grønne delen av byggesesjonen. Til nå har utanlegget ofte vært pynten på kalka i et byggeprosjekt, og lett blitt salderingsposten ved kostnads-overskridelse. Nå er det i ferd med å endre seg, vi er ikke lenger bare pynten, men et skikkelig kalkestykke.

EU-finansiert

Ved kraftig regn er hovedmålet å redusere mengden overvann og forsinke avrenningen. Det gjøres ved å lede regnvann inn

mot slike spesialbed. I disse er jordsmonnet satt sammen med godt over 50 prosent sand og grus. I tillegg er det lav- og kvit-kompost samt vanlig torvbasert anleggsgjord. Dette sikrer god drenering. Som en tommelfingerregel skal et regnbed ha et areal på fem til sju prosent av området det skal håndtere overvann fra.

Regnbedet på Risvollan er et Sawa-prosjekt som skal bidra til å forberede



RISVOLLAN: Nedover her er det for ofte flom. Bedet i forgrunnen skal bidra til å håndtere overvannet bedre og redusere flomfaren. FOTO: JACOB SEEBLAD

myndighetene på innføring av det nye flomdirektivet. EU finansierer 60 prosent, mens Fremtidens byer og NVE bidrar med resten.

– Det må legges planer for flomhåndtering over hele landet. De resultatene vi får her kan være med å hjelpe kommunene å sette krav ved utbygging, sier Beat Christen Braskerud, forsker ved NVE og leder for prosjektet.



FORSKNING: Fordrøyingsbedet på Risvollan er en del av et forskningsprosjekt i EU-regi. Det får et det lagt inn utstyr som sikrer full kontroll med hvor mye vann som renner hvor og hvor fort. FOTO: JACOB SEEBLAD

– Det er ingen tvil om at dette blir vellykket, spørsmålet er hvor vellykket det blir. I Norge og EU har vi liten erfaring med regnbed, mens det er svært vanlig i USA. Erfaringer derfra tilsier at de første 25 mm nedbør skal kunne håndteres av slike regnbed.

Braskerud peker på at regnbed kan ettermønstres. Det er langt rimeligere å anlegge regnbed for å håndtere flomtopper enn å øke dimensjoneringen på rørsystemene som skal ta overvannet, i tillegg byr de på grønne lunger og forskjønnelse i byområder med mye asfalt, stål og betong.

Mangler retningslinjer

Fortsatt er det få grønne tak i Norge, og det mangler retningslinjer. – SINTEF Byggeforsk ønsker å starte et prosjekt, og de leter etter midler. Det finnes ingen byggetabeller som tar for seg grønne tak eller regnbed. Tyskland har en god veileder for tak, NAML har sendt en forespørsel om vi kan få bruke den som utgangspunkt

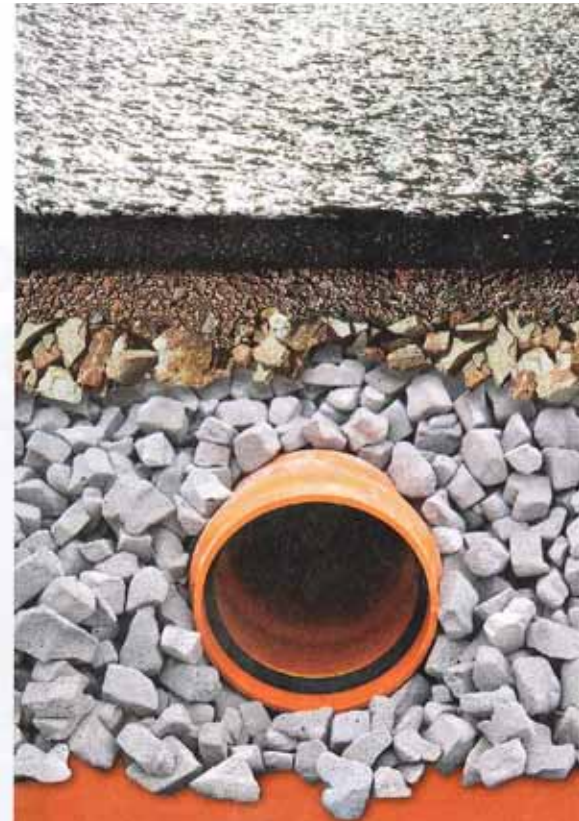
for en norsk veileder, men vi har ennå ikke fått svar, sier Ekle.

Han sier det krever god samordning mellom forskjellige fag, og det er viktig å fatte beslutningen tidlig i et prosjekt om det skal legges grovt tak.

– Jeg tror grønne tak vil eksplodere, både lette og tunge. Fortettingen vil gjøre dem nødvendige, det er rett og slett et behov for grønt, både for helse, trivsel, lokalklima og for flomhåndtering, sier Ekle.

Han etterlyser en nasjonal vannmyndighet som kan sette krav, eller at det tas inn i forskrift i plan- og bygningsloven.

– Det er et effektivt middel for klimatilpassing og det virker. Fortsett er det litt fremmed for mange, men kompetansen finnes, og den er lett tilgjengelig for dem som er interessert. Selv om vannhåndteringen er det viktigste, er det verdt å merke seg at grønne områder også renser luften, det fjerner CO₂, NO_x og aerosoler, og det binder svervestov. »



Glasopor skumglass til rørgater

Glasopor skumglass isolerer svært godt. Faren for setningsskader, og dermed ujevnt fall over tid reduseres. Høy stabilitet i massen gjør det enkelt å etablere korrekt fall. Glasopor skumglass er lett å grave i ved vedlikehold eller skade. Samlet gir dette enklere anleggsteknikk, og lavere total kostnader.

- God stabilitet
- Rask utlegging
- Høy isolasjon- og dreneringsvevne
- Miljøvennlig

Ta kontakt så kan vi diskutere ditt prosjekt. Tlf: 23 17 3980 www.glasopor.no

GLASOPOR
RASKERE ENKLERE BEDRE

REGNBEDETS OPPBYGGING

Overvann fra terreng og flater samles i en grass-dekket vannvei og ledes til anlegget over en måleprofil (et V-overløp). Ved innløpet spres vannet utover i regnbedet slik at vannmengdene kan infiltrere de sandholdige jordmassene. For å overvåke vannbalansen så nøyaktig som mulig, legges en tett membran i bunnen av anlegget. Membranen skiller regnbedet fra de stedlige jordmassene. Normalt legges ikke en slik membran i et regnbed. Membranen benyttes kun i dette forskningsfeltet for å kontrollere vannmassene. Regnbedet ved Risvollan er dimensjonert for å kunne håndtere 25 mm nedbør. Ved store regnskyll vil overflødig overvann gå i sluk i avløpsnettet. Drensrør i anlegget leder overflødig vannmasser ut av regnbedet. Drensrørene er koblet til det eksisterende bakkenett i skråningen rett nedenfor regnbedet.

Jordsammensettingen i regnbedet bygges opp av av 50% sand, 10% leire og 40% organisk materiale. Sand drenerer godt og gjør at avrenningen lett infiltreres nedover i jordlagene. Andelen leire i jordblandingen vil kunne gi små *kollodier* i jorda og infiltrasjonshastigheten vil senkes noe. Kolloidale partikler meget finkornete partikler. Innholdet av leire gir god vekstjord for planter.

FOTODOKUMENTASJON FRA ANLEGGELSEN AV REGNBEDET VED RISVOLLAN



1. Ugrass bekjempes innenfor regnbedets areal.



2. De stedlige, leireholdige jordmassene fjernes.



3. Sandblandet jord fylles på membranen.



4. I store regnskyll vil drensrør lede vann ut av anlegget.



5. Grovt lager vei for overvannet fra ballplassen til regnbedet.



6. Stauder, busker og trær plantes ut etter planteplan.



7. Jordbær plantes i et eget felt foran av regnbedet.



8. Anleggsarbeidet avsluttes.

DET FØRSTE, STORE REGNET KOMMER



1. Vannet renner inn i anlegget via en gresskledd forsenking i terrenget langs ballplassen.



2. Vannet flommer inn til det beplantede feltet.



3. Vannmasser samles ved bedets innløp.



4. Regnskylllet er så stort at regnbedet fylles helt opp med vann.

Alle foto: Arvid Ekle

23. september 2010.
Tekst og sammensetting Bent Braskerud, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Risvollan borettslag har fått regnbed!

Et regnbed er et "blomsterbed" der arter som liker mye vann trives. Regnbedet er en grunn forsøking i jorda. Regnvann strømmer inn fra takrenner, asfalterte plasser og grøfter og fyller opp regnbedet. Her står vannet en kort stund før vannet trekker ned i jorda. Siden vanddybden er ca 20 cm og kun varer i kort tid, er ikke regnbed farlige for små barn og produserer ikke mygg! Overflatevann kan være forurenset. Regnbed bidrar til at vannet renses.



Regnbed hindrer flom

I mange byer skaper intens nedbør oversvømmelse. Dette skjer også i Trondheim. Problemene øker når byene fortettes, fordi mer vann renner av på overflata i stedet for at det suges opp (infiltreres) i bakken. I tillegg er det trolig at klimaendringene vil skape mer styrtregn. Byene må derfor forsøke å tilpasse seg endringen best mulig. Fremfor å legge ned nye, dyre rør med større kapasitet er det mange land som ønsker å prøve tiltak som holder vannet tilbake en

kort periode. Det er flomtoppen som skaper skade, og hvis toppen kan reduseres noe kan skade unngås.

Regnbed er et av mange slike "grønne" tiltak. Det er veldig populært i USA. Søk etter "rain gardens" på Google eller You Tube og se mange fine eksempler. I Kansas City (USA) ønsker de for eksempel å bygge 10000 regnbed for å unngå oversvømmelser.

Hvordan virker regnbed i Norge?

Klimatet i Norge er kaldt, jordsmønnet er tynt eller tett av leire og frost, og terrenget er kupert i forhold til mange andre land som bruker regnbed. Vi må derfor vinne våre egne erfaringer. Det er mange spørsmål vi ønsker svar på. Noen er:



- Hvordan dimensjonere regnbed for vårt klima?

- Hvordan liker beboerne regnbed?

- Hvordan stelles/driftes regnbed?

- Hvilke plantearter er egnet?

- Hva med regnbed på tett leirjord – hva slag jord må inn for å gi god drenering? Kan man unngå utskifting av jord?

Ny eier av regnbed setter ut planter. Vann fra hinstak (Oslo 2009)

Risvollans regnbed er det 4. regnbedet i Norge og det største. Den tette leirjorda er gravd ut og sandjord med kompost er tilført. Tidligere har vi laget 2 regnbed i Oslo og ett i Melhus. Disse er kun på 5-7 m². Risvollan regnbedet blir Trondheims første og Norges største på ca 50 m².



Regnbedet på Risvollan, september 2010.

Designet av Erlend Stenberg (landskapsstudent ved UMB), planlagt av Bent Braskerud (NVE) og anlagt av Arvid Elde (Anlegg & utemiljø AS).

Vannet fra terrenget rundt samles i en grasdekket vannveg, en vadi, og ledes inn i anlegget over et måleprofil (V-overløp). Vannet spres utover og infiltreres i den sandholdige jorda. I vekstsesongen vil plantene bidra til økt fordampning. Drensrør leder til slutt vannet ut av anlegget til venstre. Ved svært store vannmengder, vil anlegget overbelastes og vannet går i overløp over måleprofilen midt i bildet.

På sikt ønsker vi å sammenligne våre resultater med utenlandske og på bakgrunn av disse lage veiledere for anlegg av regnbed for norske forhold.

Kontaktpersoner for regnbedet på Risvollan:

Forsker og prosjektleder Bent Braskerud i Norges vassdrags- og energidirektorat (bcb@nve.no).
Teknisk sjef Laila Pedersen, Risvollan Borettslag (laila.pedersen@risvollan.no)
Birgitte Johannessen, Trondheim kommune (birgitte.johannessen@trondheim.kommune.no)

Prosjektet støttes økonomisk og praktisk av Interreg 4b-prosjektet SAWA (www.sawa-project.eu), Framtidens byer (www.framtidensbyer.no), Trondheim kommune, NVE (www.nve.no) og NTNU.



