norsk betongforening

Rapport nr. 3

Permeabel betong og overflatevann

- Muligheter og utfordringer

Utarbeidet av Norsk Betongforenings Miljøkomité

Oktober 2011

I FORORD

Våren 2010 utgav Norsk Betongforening sin Miljøkomité sin rapport nr 2. – *Økt fokus på MILJØ og KLIMAENDRINGER – Nye muligheter for betong.* Et av delavsnittene i denne rapporten omhandlet PERMEABEL BETONG. Allerede under arbeidet med Rapport nr. 2 ble det besluttet å arbeide videre med temaet som en prioritert oppgave. Parallelt med dette hadde andre sentrale aktører i betongindustrien startet opp et utredningsarbeide om *Permeable* Belegningssteindekker. De to gruppene ble tidlig enige om et samarbeidsprosjekt.
Dette førte til arrangement av seminaret; ***Lokal overvannshåndtering og bruk av permeable betong- og belegningssteinsløsninger ,*** i Oslo 27 oktober 2011.
Denne publikasjonen innholder foredragene fra dette seminaret.

Permeabel betong er egentlig ikke noen ny oppfinnelse. Eksempelvis ble såkalt *no-fine-concrete* populær i England på 1970-tallet for å støpe boligvegger i 2-3 etasjer i en støp uten å få for store forskalingstrykk. Samme betongtype ble på samme tid fordelaktig utnyttet på engelske tennisbaner for å øke spillemulighetene i regnvær.
Bortleding av vann gjennom permeabel betong har de senere år etter hvert fått stor popularitet, og har blitt fordelaktig blitt utnyttet i stor skala i en rekke store industriland i flere verdensdeler. Omfanget i bruken, og kunnskap om teknologi og gode løsninger øker.
Bruken i Norge har hittil vært beskjeden. Formålet med seminaret i oktober 2011, og med denne rapporten har vært å spre viten på dette interessante feltet, slik at Norge bedre også kan høste fruktene av et interessant miljøriktig alternativ.

Norsk Betongforening , Miljøkomiteen

Per Jahren
formann

Oslo, 10.10.2011

Arrangementkomiteen for seminaret har bestått av:

Gustav Amalie,	Norcem	(leder)
Morten Bjerke,	NB / Tekna	(sekretær)
Per Jahren,	P.J. Consult	
Knut O. Kjellsen,	Norcem	
Hallvard Magerøy,	Fabeko	

II INNHOLDSFORTEGNELSE

Innhold

1. **Gustav E. Amlie:** **5 - 6**
   Innledning

2. **Oddvar Lindholm:** **7 - 15**
   Overflatevann. Utfordringer og muligheter

3. **Reidar Kveine:** **17 - 19**
   Økende overvannsmengder - Problemer og utfordringer sett fra ledningseiers ståsted.

4. **Audun Lågøyr:** **21 - 22**
   Ny spørreundersøkelse - Kommunene tar ikke klimaendringene på alvor.

5. **Svein Skøien:** **23 - 35**
   Jorderosjon og erosjonsbeskyttelse.

6. **Terje Reiersen:** **37 - 50**
   Fordrøyning i betongrør - dimensjonering, løsninger og erfaringer.

7. **Kjell Myhr:** **51 - 57**
   Ny veileder, bruk av permeable belegningssteindekker.

8. **Kjell Myhr:** **59 - 66**
   Ny veileder, bruk av permeable belegningssteindekker.

9. **Jon H. Tingstveit, Knut O. Kjellsen, Mette G. Geiker:** **67 - 75**
   Permeabel betong.

10. **Tone M. Muthanna:** **77 - 82**
    Det koster å ikke gjøre noe også.

11. **Jan Eldegaard:** **83 - 89**
    BREEAM

1- Innledning

Norcem AS

Håndtering av overvann lokalt vil bli viktigere og viktigere i årene som kommer. Flom- og overvannsproblemer har man kunne lese om i alle avisene i hele 2011. Overvann kan man håndtere lokalt ved å føre vannet naturlig ned i grunnen. Vi har i en periode jobbet med permeable dekkeløsninger som infiltrerer vannet ned i grunnen, og som vil være med å redusere overvannsproblematikken og redusere faren for flom. Kunnskap og er faring er viktig for å sikre gode løsninger, vi har derfor jobbet tverrfaglig for å tilegne oss best mulig kompetanse som vi nå ønsker å dele.

Det er flere faktorer som gjør det mer og mer aktuelt å fokusere på slike dekkeløsninger. Samfunnet er i konstant forandring, noen elementer endrer seg raskere enn andre. Sentralisering og fortetting av byer og omliggende områder har lenge vært en trend, ikke bare i Norge men store deler av verden. I tillegg har vi i flere år hatt en befolkningsvekst i Norge, prognosene tilsier at befolkningsveksten bare kommer til å øke i årene fremover.

Det er ikke bare befolkningsdemografien som er i endring. Det samme gjelder været, eller klimaet. Det forskes mye på dette området, og det viser seg at de klimatiske forholdene endrer seg. Dette medfører at vi kan får større variasjoner, regn med blant annet høyere intensitet. I 2011 har nyhetsbilde vært preget av oversvømmelser og flommer i større eller mindre grad.

Flom og overvann er ikke noen nytt fenomen, men det gjelder å ha kontroll og begrense skadeomfanget. Spesielt viktig er dagens urbanisering som medfører at nye områder bebygges og eksisterende fortettes. Store landområder som tidligere kunne infiltrere vannet ned i grunnen blir bebygd, da må vannet ledes vekk. Håndtering av disse utfordringene har man jobbet mye med på verdensbasis. Andre land har kommet mye lengre på dette området en lille Norge. Derfor har vi benyttet våre internasjonale kontakter for å tilegne oss nødvendig kunnskap. Ja, vi har ulikt klima, men vi er ikke det eneste landet som har utfordringer med frost.

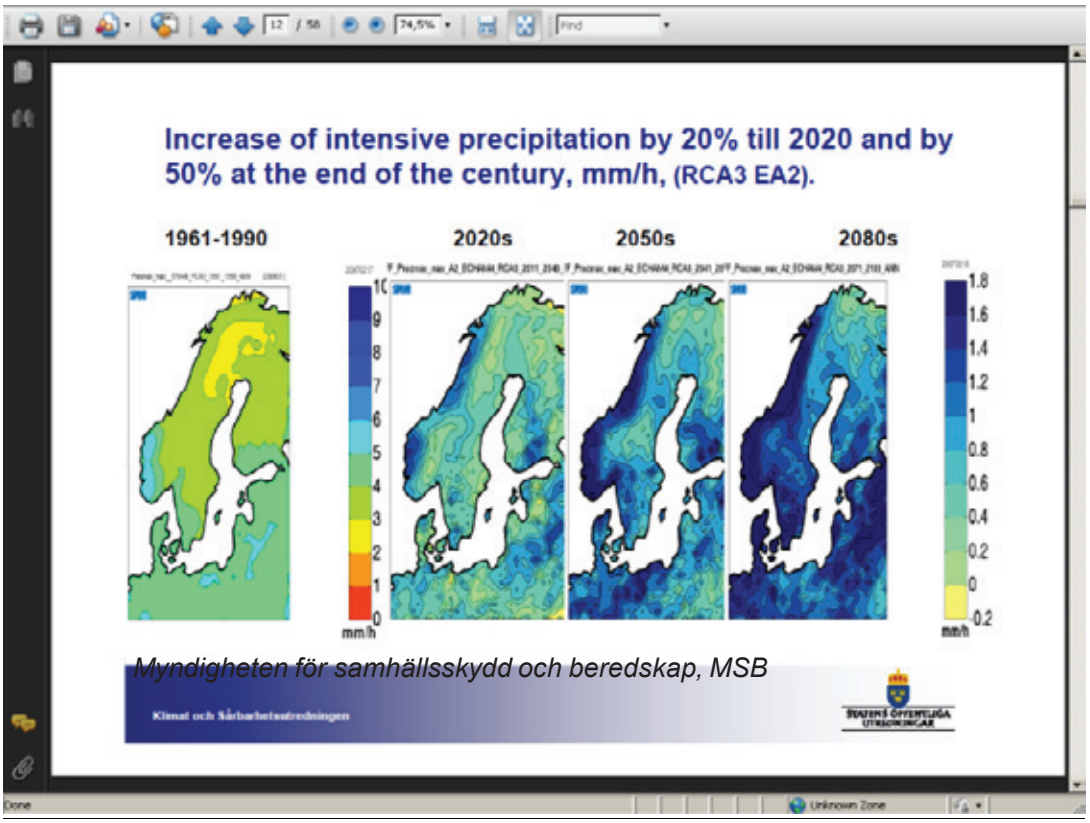
Når vi snakker om permeable betongdekker, kan vi dele det inn i to. Det ene er permeable betongdekker, som er et helstøpt dekke der selve betongen er permeabel. Det andre er permeable belegningssteinsdekker der belegningssteinen har større fugeknaster, men man fokuserer på oppbyggingen av bære- og forsterkningslaget som skal lede vannet vekk.

Permeable dekker redder ikke verden alene, men vil kunne utgjøre en viktig del. Samspill med omkringliggende overvannssystemer er derfor viktig og nødvendig å utrede. Det kan bli kostbart å ikke ta høyde for klimaendringene. Vi mener det er viktig at byggherre og premissgiver har fokus på lokal overvannshåndtering. Det er miljømessig riktig å håndtere overvann lokalt. Vi ønsker at kunnskapen om permeable dekker vil føre til mer lokal overvannshåndtering. Selv om vi har jobbet med permeable dekker over lengre tid, ønsker vi å fortsette arbeidet med å fremskaffe enda bedre løsninger i årene som kommer.

.

Oddvar Lindholm

2- Overflatevann – Utfordringer og muligheter



Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB

Status for overvannssituasjonen

Flom i urbaniserte områder er et stigende problem i norske byer og tettsteder. Problemet er lite kartlagt, men forsikringsbransjen, kommunene og allmennheten merker stadig oftere følgene av et endret nedbørmønster som av forskjellige årsaker gir problemer i form av flomskader på eiendommer, bygg, infrastruktur osv. Dette igjen medfører bl.a. økte forsikringsutbetalinger, rettssaker, problemer for handelsstanden, ubehag for huseiere, forurensningsproblemer osv.

Ved nedbør i urbaniserte områder er i mange tilfeller vannets naturlige flomveier endret av utbyggingen. Permeable områder er nå tette overflater som asfalt, tak etc. Naturlige grøfter, bekkefar, elver osv. er lagt om og/eller lagt i rør etc. Nedbørfeltenes grenser er endret av utbygging osv. Vannet må da i mange tilfeller følge de konstruerte flomveier som avløpsanlegg, kulverter, fordrøyningsbasseng osv på sin vei til resipienten. Hvis ikke disse anleggene fungerer som forutsatt kan vannet gjøre betydelig skade.

Skadetypene kan være:

- Direkte skader på bygninger, infrastrukturer og gjenstander.
- Indirekte skader som tapt handel, servicetjenester, kostnader for å lindre andres problemer og ulykke, omdirigering av trafikk, etc.
- Sekundære økonomiske skader pga uheldige effekter for de som betjenes av de skadede infrastrukturer, bygninger etc.
- Ikke-konkrete skader på miljø, sosialt velvære, helse/stress, estetiske verdier.
- Usikkerhetsskader som er tap av muligheter og nye aktiviteter fordi man er alltid usikker på nye skader i de flomutsatte områdene.

Størrelse på, typer av og årsakene til disse flommene er lite kartlagt.

Det forsikringsbransjen definerer som vannskader er: Plutselig og uforutsett utstrømning av vann, og kun vannskader i bygninger, både fra vann og avløp.

Vannskadekontoret ved Norges byggforskningsinstitutt SINTEF utarbeider statistikk for antallet vannskader og kostnadene ved vannskader. Kostnader som ofte ikke registreres eller nevnes er egenandeler, skader på kommunale og statlige bygg (selvassurandører) og ikke innrapporterte skader.

Disse utgjør kanskje ett tillegg på ca. NOK 1 milliard kr per år. De totale årlige vannskadene utgjør ca. 4 milliarder kr per år. Det presiseres at dette er alle typer vannskader i følge den ovenfor nevnte definisjon.

Forsikringsselskapene er blant de som merker forandringene i klima raskt. I Aftenposten 2. oktober 2008, kan man lese om Gjensidiges erfaringer, utredninger og tanker om dette. Gjensidige har ansatt en egen klimaforsker og fått utredet konsekvenser av klimaendringer på flomskader i byene. Beregningene tyder på at boligforsikringene kan bli mye dyrere enn i dag. Gjensidige sier at kommunenes avløpsnett må bygges kraftig ut for å kunne ta imot mer nedbør. Utbetalingene som skyldes dårlig avløpsnett har økt kraftig. Direktør Elisabeth Nyeggen sier til Aftenposten at vannskadene kan øke med minst 40 % de neste tiårene. Gjensidige sier videre at man kan komme til å si nei til å forsikre hus i kommuner og områder hvor det ikke tas gode nok forholdsregler. Videre at det er tvilsomt om større nedbørskader i fremtiden kan kalles ”plutselig og uforutsette skader”, noe som er selve basisen for alle utbetalinger fra forsikringsselskaper.

Fra 1992 til 2007 utbetalte norske forsikringsselskaper 22 milliarder kroner i erstatning for vannskader. Utbetalingene steg hvert år i perioden, og direktør Nyeggen i Gjensidige sier det høyst sannsynlig skyldes hyppigere styrtregn og mer nedbør generelt. Gjensidige anslår at ca. 25 % av disse utbetalingene (dvs. drøyt 5 milliarder kr) skyldes inntrengning av vann i

boliger. Det er denne andelen Gjensidige mener kan øke med 40 % eller mer de neste ti-årene. Disse summene omfatter ikke det som defineres som naturskade.
De fleste nye fortettingsprosjekter i byer bygges etter hvert med svært høy urbaniseringsgrad. Dette er gunstig ut i fra ønsket om å skape en kompakt by og flere boliger sentralt. Bare i Oslo kan det bygges ut i nye boliger for i størrelsesorden 100 000 personer ved fortetting. Samtidig kreves det også i fortettingsprosjekter mer parkering. I byers sentrale områder er det ofte nødvendig å bebygge hele tomtens areal. Regn faller imidlertid som før og vannet finner ikke lenger vegen ned i grunnen via vegetasjonsområder eller blir dempet via små dammer og renner på overflaten. Ved slik sterk urbanisering velger man ofte å transportere overvannet via rør under bakken. Dette nettets kapasitet er allerede overbelastet. Dette vil derfor føre til større overløpsutslipp til fjord og byvassdrag, samt til øket fare for oversvømmelser.
Klimaeffektene og fortettingen virker begge i samme gale retning og de forsterker hverandres skadelige virkninger.
De siste 10 årene har vannskadene øket dobbelt så mye som brannskadene.

EU og Norge har vedtatt et flomdirektiv "Om vurdering og forvaltning av oversvømmelser". (2006/0005/(COD). Her settes det krav til å utføre analyse av flomrisiko, fastsetting av, et for samfunnet, akseptabelt flomrisikonivå og tiltaksplaner for å minke flomrisikoen til et akseptabelt nivå. Direktivet har angitt frister for de ulike kravene og direktivet gjelder både for urbane områder og større nedslagsfelt.

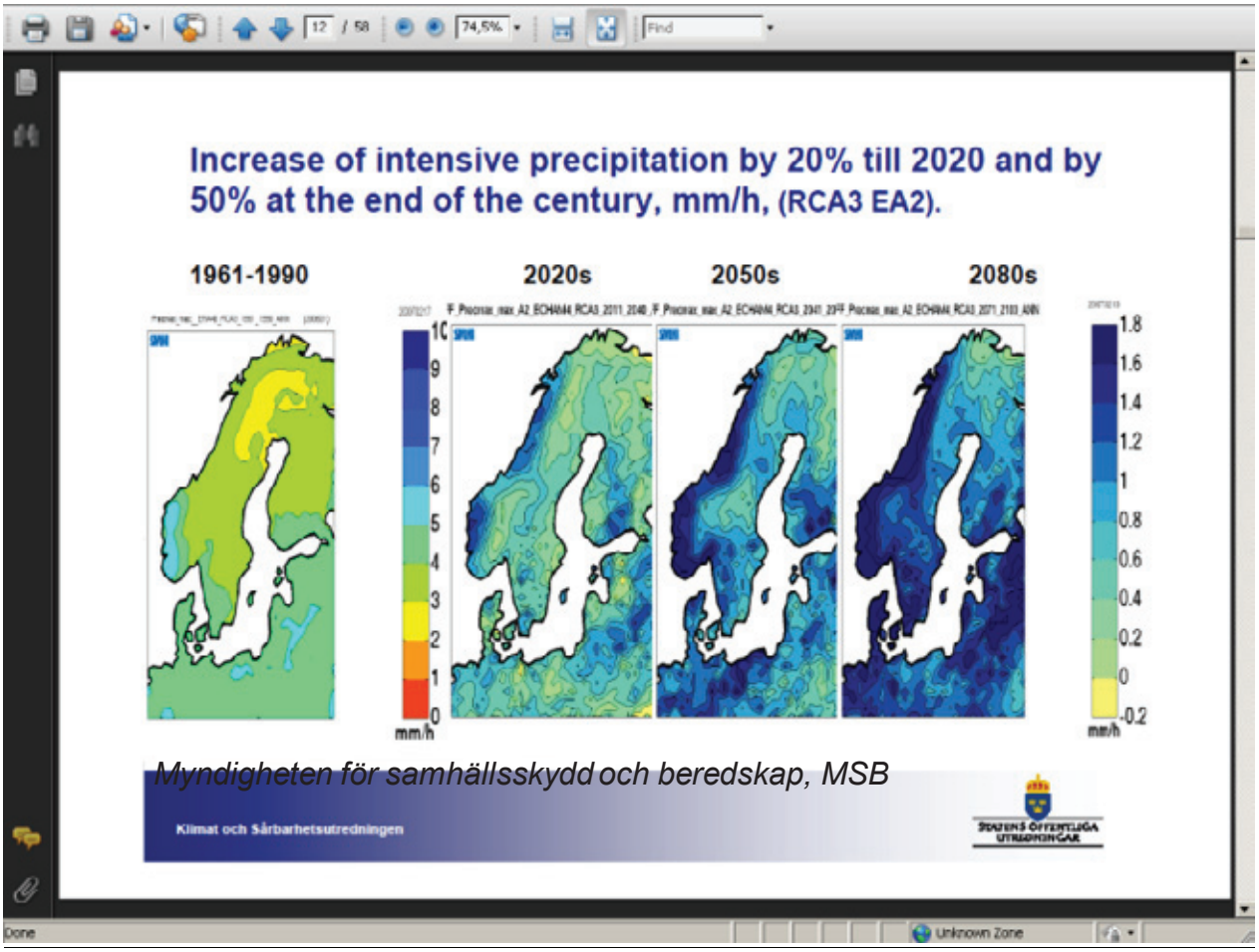
Begrunnelse for direktivet er bl.a. at flomskader som følge av klimaendringer og utvikling i de urbane områdene har økt overraskende mye i Europa. Mellom 1998 og 2002 var Europa utsatt for 100 større ødeleggende flommer, med 700 døde og økonomiske forsikrede tap på minst 25 milliarder Euro.

Det er ikke bare faren for oppstuvninger, flommer og skader som øker ved øket avrenning som følge av klimaendringer og fortetting i byer. Også utslippene fra regnvannsoverløp i fellesavløpssystemer og overvannsutslipp i separatavløpssystemer øker.
Tradisjonelt har flom og flomskader i urbaniserte områder nesten utelukkende vært forsøkt redusert ved hjelp av avløpsledningsnettet. Dette har medført høye kostnader ved etablering av slike anlegg, samt kostnader, forurensing, skader og ulemper ved flommer større enn det anleggene er dimensjonert for. Internasjonalt har det lenge vært diskutert hvordan de urbane områdene kan planlegges og innrettes for at flomtoppene skal reduseres og for at flommer skal gjøre mindre skader når avløpssystemene overbelastes.
Denne diskusjonen handler mye om arealbruksprinsipper, fysisk planlegging og tekniske tiltak; hvordan urbaniserte områder skal planlegges og utformes for å oppnå lokal infiltrasjon, fordrøyning og forsinkelse, hvordan man skal sørge for at flomveier ikke blokkeres og at flom ledes på overflaten og infiltreres steder hvor de gjør liten skade. Diskusjonen omfatter blant annet hvor og hvordan bygninger bygges, tekniske tiltak på bygningene, helning, retning, bredde og utforming av gater og veier, valg av dekke i områder som parkeringsplasser, parker, gangveier, torg, og tilrettelegging for lokal fordrøyning, kildetiltak på den enkelte huseiers bygning og tomt, med mer.
I internasjonal litteratur snakkes det mye om *minor* og *major systems*, der *the minor system* omfatter avløpsledningene og *the major system* de veiene vannet tar når avløpssystemet ikke kan ta unna vannmassene, d.v.s. at vannet da må håndteres på overflatene. Det er mye fokus på at utformingen av *the major system* må være slik at vannet kan velge den rette veien uten å gjøre mer skade enn nødvendig på dekker og på bygninger, men heller infiltreres eller forsinkes.
Ved utviklingen av enkeltområder kan kommunene, med hjemmel i Plan- og bygningsloven, stille krav om alt fra planløsninger og bruk av kjeller, til tilbakeslagsventiler, bruk av permeable dekker, vegetasjon på tomten, andel permeable flater og gress på taket m.m. Reguleringsplaner og bebyggelsesplaner er alltid juridisk bindende.

Ved behandling byggesøknader kan kommunene også kontrollere at det som planlegges bygget, er i henhold til kravene stilt i kommuneplane, kommunedelplaner, reguleringsplaner og bebyggelsesplaner, altså at planene følges opp.

Klimautviklingens betydning

Som følge av drivhuseffekten rundt vår klode er det antatt at vi i mange ti-år fremover vil ytterligere få større og mer intense nedbørmengder inn over Norge. Dette henger sammen med at varmere luft kan inneholde mer luftfuktighet og med at det forventes endringer i atmosfærens sirkulasjonsmønster over våre områder. Ved at flere dager pr. år har regn og ved at marken oftere og i lengre perioder har et høyt innhold av vann vil dette øke sannsynligheten for at avrenningskoeffisientene også øker. Dette vil si at samme regnintensitet som før vil kunne gi større flommer i et nytt klimaregime. Det er derfor flere grunner til at klimaeffektene kan gi oftere og større skadeflommer i avløpsledningsnettene og dermed større skader på kjellere, lagre, infrastruktur, etc.
Klimaforskere forutser at nedbørmengdene over større områder i Norge vil øke betydelig, avhengig av sesong på året og landsdel. Utenlandsk litteratur viser at mange utenlandske klimaforskere mener at regnintensitetene til de kortere regnskyllene og for mindre urbane områder, som er de mest skadelige for tettsteder, vil øke mye mer enn nedbørmengdene over større områder og lengre perioder. Økninger i nedbørintensiteter på opp til 50 % ventes i f.eks. Danmark og Sverige for nedbør på timebasis og med utstrekning som tilsvarer en middels by. Dette forutsettes å kunne skje i løpet av perioden 2071 – 2100.



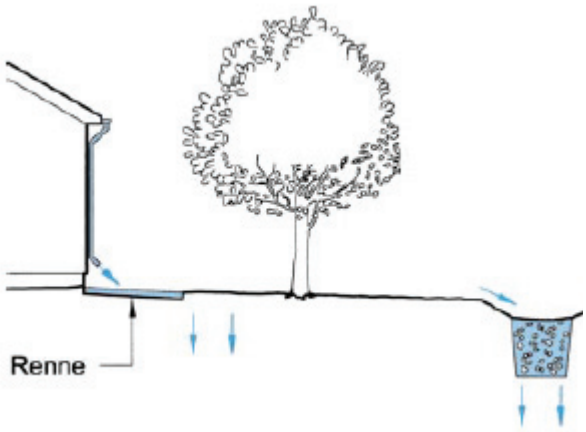
Figur 1. Prognose for økning i nedbørintensiteter. **(**SOU 2007:**60)**

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, i Sverige har utarbeidet en nasjonal rapport om klimaendringer i Sverige. Man regner der med at innen år 2020 vil intensiteten i sterke regn øke 20 % og innen år 2100 med 50 %. Se figur 1.

Videre vil havnivået stige betydelig i løpet av dette århundrede. Det vil også bidra til større flomskader i byene da avløpet vil stuve seg ennå mer opp når hav og fjord reduserer den hydrauliske kapasiteten i avløpssystemene. Stormflo kommer på toppen av havnivåstigningene. Dette er ytterligere en økt risikofaktor for økning av flomskader og forurensningsutslipp.
Prosjekter gjennomført ved Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB og i andre land viser at antall bygninger som flomskades kan komme til å øke med 50 – 100 % dersom ikke tilstrekkelige mottiltak settes inn. (Lindholm et al 2009).

Kompenserende tiltak

Tiltak mot fremtidige økninger i forurensningsutslipp og flomskader i byer og tettsteder på grunn av klimaendringer kan sorteres på følgende hovedprinsipper:
A) Redusering av tilrenning til avløpsledningene ved hjelp av infiltrasjon til grunnen ved frakobling i eksisterende systemer og ikke-tilkobling i nye fortettinger og utbygninger. Dette benevnes normalt som lokal overvannsdisponering (LOD). Bruk av permeable betongdekker faller inn under dette punktet.
B) Forsinkelse og dempning av flomtoppene før vannet tilføres avløpssystemet ved bruk av strupeplater på gatesluk, åpne dammer, åpne renner og andre åpne vannveier, våtmarker etc. Benevnes også som LOD-tiltak.
C) Fordrøyningstiltak i selve avløpsnettet, som fordrøyningsbasseng av rørpakker, eller i plasstøpt betong, heving av overløpskanter opp til et nivå som ikke øker flomskadene for mye, bevegelige overløpskanter som til enhver tid demmer opp mest mulig vann i selve rørsystemet oppstrøms, etc. Fordrøyningsvolum i kombinasjon med selve overløpet kan utformes slik at fraskilling av partikler kan skje før overskuddsvannet går i overløpet når bassenget er fylt opp.
Separering av eksisterende fellesavløpssystemer er også et viktig tiltak.
Det er viktig å oppmuntre eller eventuelt pålegge tiltak for å infiltrere eller forsinke/fordrøye overvannet ved kilden. Kilden er ofte hos private på grunneieres egne tomter. Det vannet som ikke kan tas vare på der må tas hånd om av kommunale tiltak.
Et aktuelt kommunalt tiltak som ikke er et såkalt LOD-tiltak, kan være å føre avløpet fra et nyutbygget felt/fortettingsområder nedstrøms flaskehalser og kritiske overløp, til et sted i nettet som har bedre kapasitet.
<u>Noen konkrete aktuelle LOD-tiltak kan være:</u>
-Flater som må tåle store belastning kan belegges med gjennomtrengelige betongsteiner. Vannet trenger da ned gjennom fugene.
-Eksisterende taknedløp frakobles ledningsnettet og ledes fortrinnsvis ut på permeable flater, som gressflater, til regnbed etc.
-Nye taknedløp bør ikke koples til ledningsnettet.
-Kantstein anlegges ikke langs kjørearealer. Eksisterende kantstein fjernes om mulig.
-Grunne slake gressbevokste grøfter erstatter rennestein, hvis det er hensiktsmessig.
-Sluk kobles ikke direkte til ledningsnettet hvis mulig.
-Antall sluk reduseres.



Figur 2. Utkast fra taknedløp ut på marken via en renne. Byggforsk ”Byggdetaljer 514.114 2005.

Figur 2 viser en illustrasjon hvor takvannet kastes ut på marken og ned i en renne som hindrer erosjon og fordeler takvannet over en større flate.

Figur 3 Gjennomtrengelig fast overflate av betongelementer. (Interpave 2010).

Figur 3 viser en fast flate som tåler betydelig belastning og som slipper overvann lett gjennom. I undergrunnen er det dessuten lagt inn et fordrøyningsmagasin av plastkassetter. I visse situasjoner kan det være hensiktsmessig å fordrøye overvann i kortere perioder i rennesteinen og på overflaten i nærheten. Det skjer ved strupning eller tetting av sluket i rennesteinen. Teknikken brukes helst på lokale gater med liten trafikk.

Ved tetting av sluket må rennesteinen ha helning så overvannet kan strømme forbi sluket og til neste sluk. Fordrøyningen skjer ved at tilrenningstiden øker og overvannet kan ledes til en overvannsledning med god kapasitet. Ved tetting av sluk bør man først tette sluket midlertidig med en tett plate eller lignende. Når man har skaffet erfaringer med hvordan tettingen fungerer, gjøres den permanent for eksempel ved å fjerne sluket.

Strupning av sluk skjer ved at man legger en plate med hull opp på sluket. Ved strupning eller fjerning av sluk bør naboer involveres. De bør informeres om målet med strupningen samt forventede effekter. Se figur 4.

For at teknikken med strupning av sluk skal fungere, kreves en del ekstra gatevedlikehold.

Figur 4. *Eksempel på løsning for struping av gatesluk. Foto: Peter Stahre.(Lindholm et al. 2008)*

Tabell 1 viser en prinsipiell sortering av tiltak mot klimaskader fordelt på offentlig og privat sektor.

Tabell 1. Typer tiltak mot klimaeffekter sortert på sektorer.

Offentlig/privat	Sektor	Tiltak
Offentlig ansvar	Administrasjon og planlegging	Inkludere klimaendringer i langtidsplanleggingen for relevante samfunnssektorer og i arealplaner. Utføre tilleggsutredninger i risikoområder i byplanleggingen og beredskapsplanleggingen med tanke på sterke regn.
	Utredninger og kommunikasjon	Kartlegge oversvømmelsesrisiko og lokale effekter p.g.a. store regn. Utrede behov for sanering av regnvannsavløp og lokal overvannshåndtering. Utvikle systemer for varsel for ekstreme regn. Informere beboere om farer.Kartlegge behov for beskyttelsestiltak.
	Teknisk- og økonomiske tiltak	Forbedre håndteringen av regn- og overflatevann. Vurdere bruk av avgiftslettelser ved nyttige tiltak vedrørende overvannshåndteringen.
	Krav og reglement	Endringer i arealplaner og andre kommunale planer. Retningslinjer for håndtering av overvann på ulike nivåer i byplanleggingen. Endringer i sanitærreglementet og VA-normen.
Privat ansvar		Tegne dekkende forsikringer. Bygge forsvarlig i soner med flomrisiko. Forbedre håndteringen av overvann på egen tomt. Heve elektriske kontakter og verdifulle gjenstander i kjellere. Montere tilbakeslagsventiler.

Punktene under kan være en passende fremgangsmåte for en kommune som frykter virkninger av klimaendringene på avløpsystemene og bebyggelsen denne betjener. For å få data tilpasset lokale forhold må målinger av korttidsnedbør starte hvis man ikke har det. En målekampanje over noen måneder eller helst ett år bør starte også for avrenninger i avløpsnettet, slik at datamodeller kan kalibreres for å gjelde de lokale forholdene.

Hvordan kan kommunene forholde seg til virkningene av klimaendringene?

- Igangsetting av målinger av nedbør og avrenning. Dette dels for å skaffe mere pålitelig nedbørdata, og dels fordi avløpsmodeller må kalibreres mot målinger
- Beregninger av nå-situasjonen for flomskader ved ulike gjentaksintervall og overløpsutslipp

- Valg av fremtidige klimascenarier (Nedbør for ekstreme regn, fremtidige tidsserier for regn, havstigning, stormflo, avrenningsforhold)
- Beregne økning i flomskader og overløpsutslipp som følge av de valgte klimaendringene
- Analysere optimale mottiltak mot klimaendringene. Veie total samfunnsnytte mot kostnad
- Justere kommunale planer (Arealplan, hovedplan avløp, beredskapsplan, etc.)

De fremtidige scenariene må velges i samråd med klimaekspertise. Analysene for nå-situasjonen kontra den fremtidige klimasituasjonen vil vise om man får uakseptable forhold og når de vil oppstå.
Tiltaksberegninger gjennomføres for å finne et optimalt sett med tiltak. Ved planleggingen er det viktig å ta hensyn til de totale samfunnsskadene og ikke bare kommunens egne kostnader og skader. Man vil da kunne foreta et optimalt valg av tiltak sett fra samfunnets synspunkt.
Til slutt er det viktig å oppjustere berørte kommunale planer som kommuneplan, arealplaner, hovedplan avløp og beredskapsplanen.
Tabell 2 viser en sammenstilling og beskrivelse, samt formål med noen LOD-tiltak.
Tabellen er hentet fra Norsk Vanns veileder for håndtering av overvann.

Tabell 2. Oversikt over noen LOD-tiltak som reduserer overløpsutslipp og oversvømmelser . (Lindholm, O.,et. al 2008).

Prinsipp	Type LOD-anlegg	Formål	Beskrivelse
Dammer	”Våte” dammer uten fordrøyningsvolum	Rensing	Rensing skjer ved sedimentering og biologisk aktivitet mens overvannet passerer gjennom anlegget. Tilløpet medfører vannutskiftning.
	”Tørre” dammer	Fordrøyning og rensing	Dammene dimensjoneres for en viss oppholdstid, vanligvis 24 timer. Partikulært materiale sedimenteres.
	”Våte” dammer med fordrøyningsvolum	Fordrøyning og rensing	Rensingen skjer hovedsakelig i det permanente vannvolumet.
Lukkede magasiner	Steinmagasiner. Plastkassetter	Fordrøyning	Vannet fordrøyes i porevolumet i steinmassene eller i plastkassetter
	Rørmagasiner	Fordrøyning	Rørene overdimensjoneres for å gi plass for et fordrøyningsvolum. Utløpet strupes.
Våtmark	Grunt, vanndyp <15 cm, våtmarksområde	Rensing og fordrøyning	Våtmarksområde med betydelig utstrekning
	Dam med etter-følgende våtmark	Rensing og fordrøyning	Våtmarken er vanligvis betydelig mindre enn i foregående alternativ, men vanndybden over våtmarken er større (15 – 45 cm).
	Våtmark med stort fordrøyningsvolum	Rensing og fordrøyning	Permanent vannvolum med overliggende fluktuerende fordrøyningsvolum.

Infiltrasjon	Infiltrasjon fra terreng	Redusere overflateavrenningen. Unngå grunnvannssenkning. Rensing	Overvannet ledes ut på terreng og infiltreres derfra.
	Infiltrasjon fra åpne gressklædde grøfter		Infiltrasjon fra avrundete åpne gressklædde grøfter som ligger med svakt fall.
	Infiltrasjondammer		Infiltrasjon gjennom bunn og sider i åpne dammer.
	Infiltrasjon gjennom porøs asfalt og andre former for porøs overflatebelegning		Infiltrasjon gjennom porøs asfalt eller via fuger mellom gatestein og andre former for belegning til underliggende permeable masser.
	Lukkede infiltrasjonsgrøfter		Infiltrasjon via lukkete infiltrasjonsgrøfter til omkringliggende permeable masser.
Grønne tak	Vannopptak i takets vegetasjon	Minske overflate-avrenningen	Tilbakeholdelse av den første delen av regnskyll.

Litteraturhenvisninger

-Byggforsk. 2005. ”Byggdetaljer 514.114- 2005.

-EEA. 2004. “Impacts of Europe’s changing climate”. ISBN:92-9167-692-6. http://reports.eea.eu.int/climate_report_2_2004/en

-Interpave. 2010. ”Permable Pavements”. Guideline.

-Lindholm, O., Endresen, S. Thorolfsson, S., Sægrov, S. og Jakobsen, G. og Aaby, L. 2008. ”Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering”. NORSK VANN-rapport 162.

-Lindholm, O., Bjerkholt, J. og Nie, L. 2009. ”Klimaeffekters betydning for oppstuvning og forurensningsutslipp fra avløpssystemer i byer”. IMT-rapport nr. 32/2009.

-Nyeggen, E. 2008. Aftenposten 2. oktober 2008.

-SOU (2007:60) ”Klimat og sårbarhetsutredningen. Sverige inför klimatförändringer – hot och möjligheter”. Stockholm.

Reidar Kveine

3 - Økende overvannsmengder - Problemer og utfordringer sett fra ledningseiers ståsted

Overingeniør Bærum kommune Vann og avløp

Økende overvannsmengder – Problemer og utfordringer sett fra en ledningseiers ståsted

Kommunene i Norge har de siste årene merket en tydelig økning i flomskader og kostnader i forbindelse med dette. Dette skyldes dels de siste års økte utbygging med stadig større andel tette flater og rask avledning av overflatevannet via rør. En annen årsak er en utvikling de siste tiårene i nedbør- og temperaturmønsteret som har gitt dels mer nedbør og veksling mellom tine- og smelteperioder. Samtidig øker antallet kraftige lokale regnskyll. Det kommunale avløpsnettet er ikke dimensjonert for å ta hånd om de mest ekstreme nedbørssituasjonene, og det blir derfor stadig viktigere å ha fokus på alternative løsninger for forsvarlig håndtering av overvann.

Klimaforskere har antydet at regnintensitetene enkelte steder i landet vil øke med 20 – 60 % i perioden 2071-2100 i forhold til dagens korttidsregn. Analyser viser at opp mot dobbelt så mange bygninger som i dag vil bli rammet av flomskader og at overløpsutslippene som følge av økt belastning på avløpsnettet kan øke med 50 – 100 % i forhold til ved dagens klima.

14.juli 1999 kom det en svært kraftig nedbørepisode i østre deler av Bærum. På de mest utsatte stedene ble det registrert over 70 mm nedbør i løpet av en 6 timers periode. Trolig kom det enda mer nedbør lokalt som ikke ble fanget opp av våre nedbørsstasjoner. Den ekstremt intensive nedbøren denne dagen gav raskt lokalt stor flom flere steder i Bærum og ledningsnettet fylte seg med nesten 300 kjelleroversvømmelser som resultat. Liknende, men ikke fullt så kraftige nedbørstilfeller hadde vi også i 2000 og 2001.
Etter dette har vi vært forskånet for kraftige nedbørsepisoder av den typen som gir skader i stort omfang. Likevel er overvannshåndtering et stadig mer aktuelt tema. I Bærum kommune er ca 40 % av avløpsnettet fellessystem og på denne delen av nettet er stor overvannstilførsel en utfordring i forhold til at overvannet legger beslag på deler av ledningsnettets kapasitet.

Hovedregelen for kommunal saksbehandling av overvannssaker i Bærum kommune er at overvann må tas hånd om på egen grunn. Dette må gjøres på en slik måte at bygningskonstruksjoner ikke skades, eller at vannet på annen måte skaper ulemper på egen grunn eller hos naboer. Det kan i en del tilfeller være en utfordring å løse dette på en god måte. Samtidig kan det i hvert enkelt tilfelle være flere ulike måter å løse problemstillingen på.

Vann og avløp i Bærum kommune har utarbeidet et informasjonshefte som belyser de mest vanlige måtene å håndtere overvannet på. Heftet retter seg i hovedsak mot den enkelte huseier og mindre prosjekter. I hovedsak kan man velge mellom infiltrasjon eller fordrøyning når man skal finne løsninger for lokal overvannshåndtering. Avhengig av hvordan det offentlige avløpsnettet er bygd ut i området vil kravet til håndtering av overvann variere. Det stilles imidlertid alltid krav om at vann fra tak og andre tette flater fordrøyes før en begrenset mengde tilføres offentlig overvannsledning. I de deler av kommunen hvor det offentlige nettet ikke er bygd ut med egen ledning for overvann, stilles det spesielt strenge krav til lokal overvannshåndtering og normalt er ikke tilførsler til offentlig avløpsledning tillatt.

Grunnforholdene i de fleste områder i Bærum kommune er slik at infiltrasjon i liten grad vil være en egnet metode for overvannshåndtering. På tross av dette kan grunnen likevel ofte benyttes til utjevning av flomtopper. Dette kan gjøres i åpne bassenger eller lukkede magasiner. Konstruerte eller naturlige terrengsøkk, eller arealer som periodevis kan settes

under vann uten at vesentlige ulemper oppstår kan med fordel utnyttes. Lukkede magasiner er en mer kostbar løsning som kan bygges opp på mange måter. Dette kan være oppdimensjonerte overvannsrør, kummer, steinmagasiner eller ulike plasttanker/kassettløsninger. Hvilken løsning som velges er opp til den enkelte utbygger. Kommunen kan komme med anbefalinger eller synspunkter om valgt løsning og dimensjonering men godkjenner ingen løsninger.

Når det gjelder hvor mye overvann som Bærum kommune tillater ført inn til offentlig overvannsledning er utgangspunktet at vi ikke ønsker økte tilførsler av overvann etter en utbygging i forhold til slik situasjonen var før. Vi opplever imidlertid at dette kravet vanskelig lar seg gjennomføre fullt ut ettersom det i nesten alle prosjekter vil være en stor grad av fortetting og økning i tette flater, noe som igjen gir økt avrenning.
I de områdene i kommunen hvor det kommunale avløpsnettet er bygd ut med virksom overvannsledning er vårt utgangspunkt at vi tillater maksimalt 2 l/s per dekar tilført offentlig nett. Overskytende vannmengder må håndteres lokalt på egen grunn, i de fleste tilfeller via fordrøyning. Når det gjelder dimensjoneringsgrunnlag og valg av returperiode for dimensjonering av fordrøyningsanlegg er dette opp til den enkelte utbygger men kommunen anbefaler at det minimum legges et regn med 25-års gjentaksintervall til grunn.

I Norsk Vann rapport 162/2008 ”Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering” er det gitt retningslinjer for anbefalte minimums dimensjonerende gjentaksintervall for separat- og fellesavløpssystemer avhengig av type område som blir berørt av en eventuell flom.
Det er viktig at det i alle prosjekter av en viss størrelse er tenkt igjennom og gjort en vurdering av sekundære flomveier. Risikovurderingen bør bl.a. inneholde en vurdering av trygg avledning av flommer opp til 100 års gjentaksintervall.

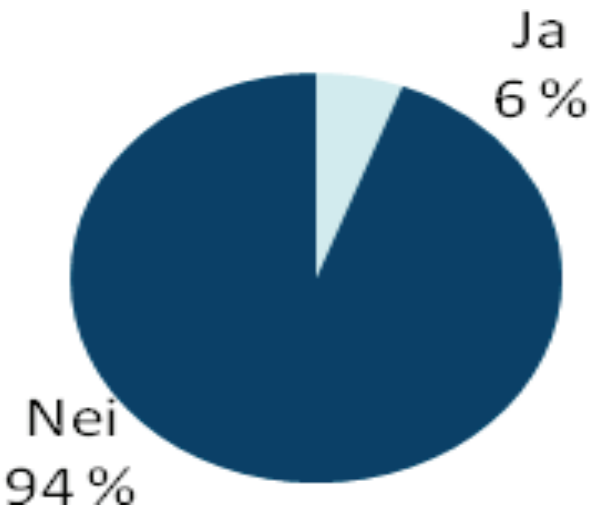
I tillegg til at Bærum kommune stiller krav overfor private utbyggere arbeider også kommunen selv aktivt i forhold til overvannsproblematikk. Dette gjelder både tiltak for å fjerne overvann fra fellesavløpsnettet samt å øke kapasiteten på ledningsnettet for derigjennom å få ned overløpsutslipp til vassdrag og fjord.
Tidligere i år har Vann og avløp gjennomført et prosjekt som blant annet bestod i gjenåpning av deler av en gammel bekk på Stabekk. En av drivkreftene bak et slik prosjekt er ønsket om å la tilnærmet rent vann renne i åpne bekker i stedet for at det skal ta opp kapasitet på avløpsnettet og ledes til VEAS på Slemmestad for rensing.
Før jul vil også to nye fordrøyningsmagasin på avløpsnettet med et samlet volum på ca 250 m^3 stå ferdig. Disse er etablert i et område hvor det er vanskelig å fjerne overvannet fra nettet. Ved hjelp av bygging av fordrøyningsmagasiner ønsker man å redusere overløpsutslipp i nedenforliggende overløp ved å kunne holde tilbake avløpsvann i bassengene.
Et tredje eksempel er et pågående separeringsprosjekt i Storengveien hvor det etableres ny overvannsledning som fjerner mye av overvannet fra avløpsnettet og i stedet leder det direkte ut i Lysakerelva.

For å få gode overvannsløsninger i nye utbyggingsområder er man avhengig av medvirkning fra flere fagmiljøer. Planlegging av flom- og overvannshåndtering bør samordnes med arealplanleggingen i kommunen. Prinsipper og løsninger for overvannshåndtering bør vurderes og fastsettes i kommuneplaner, reguleringsplaner og bebyggelsesplaner. Det er viktig å få satt fokus på overvannshåndtering tidlig i utbyggingsprosessene da lokale overvannsløsninger ofte er arealkrevende.

Audun Lågøyr

4 - Ny spørreundersøkelse:

Kommunene tar ikke klimaendringene på alvor



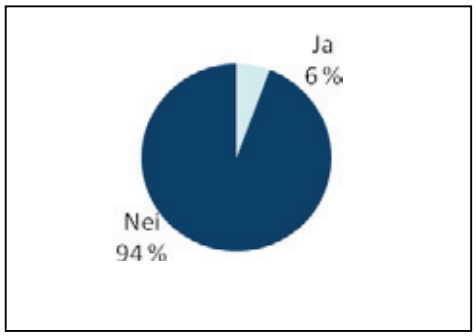
BNL

Ikke krav til miljø i kommunale anskaffelser

Kommunene stiller ikke krav til miljø i sine anskaffelser. Det viser en undersøkelse gjennomført av Byggenæringens landsforening.

Lov om offentlige anskaffelser pålegger oppdragsgivere å ta hensyn til miljømessige konsekvenser av anskaffelsen allerede under planleggingen. Det skal i tillegg så langt det er mulig stilles konkrete miljøkrav til ytelsen, jf forskrift om offentlige anskaffelser §§ 8-3 og 17-3. Svært få kommuner svarer allikevel at de stiller krav til miljø når de kjøper bygg eller vedlikeholdsarbeider. Samtidig er det svært mange kommuner som har miljøplaner som heller ikke tar inn over seg leverandørsiden og potensialet i miljøprioriteringer som finnes der.

Bare 5,7 % svarer at de stiller slike krav. Ingen av variasjonene er utenfor feilmarginen, men det er en tendens til at administrasjonene svarer at de i større grad stiller slike krav enn hva ordførerne svarer.



29 % av kommunene i Vestfold stiller slike krav, mens ingen av de andre fylkene har over 10 %. Lavest i Hedmark og Hordaland med 0 %. Med unntak av Vestfold er svarene fra kommunene i tråd med de erfaringene våre bedrifter har. De melder om at kommunene i Vestfold på ingen måte skiller seg fra andre fylker og at svaret derfor er kunstig og urealistisk høyt.

I en tid med stor oppmerksomhet rundt klima og miljøspørsmål og de konsekvensene det får for både bygging av hus og veier er det overraskende at nesten ingen kommuner stiller slike krav. Når loven i tillegg pålegger de å gjøre det viser undersøkelsen at kunnskapsnivået om lover og regler er svært lavt i kommunenes ledelse.

Svein Skøien

5 - Jorderosjon og erosjonsbeskyttelse

Bioforsk Jord og miljø, Ås

Innledning

I kapittelet gis en oversikt over erosjonsprosesser og hovedgrupper av tiltak for erosjonsbeskyttelse. Eksemplene er særlig fra jordbruket, men det pekes også på aktuelle anvendelser av mekaniske strukturer og permeabel betong. Trenden med økende nedbørmengder gjør at det blir viktig å forsøke å begrense flom og dermed også hurtig avrenning fra tette flater og urbane arealer.

Jorderosjon forekommer nesten over alt på jordoverflaten. Ordet erosjon kommer fra det latinske *erosio* som betyr avgnaging. I geologisk betydning er erosjon avgnaging av fjell og jord forårsaket av is, vann og vind. Erosjonen skjer ved mekanisk slit og ved kjemisk og mekanisk forvitring av grunnen. Løse partikler transporteres vekk, og landskapet vil etter hvert endre seg. Denne naturlige eller "geologiske" erosjonen kan være svært kraftig i områder med aktive isbreer. I lavlandet er den geologiske erosjonen som regel langsom, og det er en balanse mellom fjerning av løsmateriale og nydanning av jord ved forvitring og akkumulering av humus.

Vegetasjonsdekket beskytter jorda effektivt mot erosjon. Når vegetasjonene fjernes, får erosjonskreftene virkning på den ubeskyttede jorda. I jordbruksområder og anleggsområder kan derfor erosjonen øke kraftig i forhold til den naturlige erosjonen.

Det er utviklet mange metoder for erosjonskontroll i jordbruket. Mange av de samme prinsippene kan brukes i urbane arealer. I urbane områder legges det likevel mye vekt på mekaniske tiltak i form av konstruksjoner og strukturer, selv om det også er en økt interesse for å bruke ”grønne” løsninger. Permeabel betong vil ha en funksjon ved å stabilisere grunnen og sørge for infiltrasjon av vann og dermed mindre vannmengder i nedstrømsområdene.

Hydrologi

I vårt fuktige klima spiller vannet en hovedrolle i erosjonsprosessene. Vannet løsriver, og det kan transportere materiale enten i kjemisk oppløsning eller som partikler. Nedbør kommer som regn eller snø. Vannet fanges opp av vegetasjonen eller trenger ned i grunnen. I løpet av et år er det en hydrologisk balanse, og det vil gå omtrent like mye vann ut av landskapet som det som har kommet inn i form av nedbør eller tilsig. En del av vannet finner vegen ut som avrenning gjennom vassdragene. En del går også tilbake til atmosfæren som damp, enten som evaporasjon, som er fordamping fra jord og vannflater, eller som transpirasjon, som er fordampingen fra plantene.

I skogen er landskapet dekket med en trær og en matte med vegetasjon som fanger opp nedbøren. Vi kaller dette intersepsjon. Ved lett regn kan vegetasjonen fange opp alt vannet. Den virker som en svamp som fuktes. Vannet vil fordampe tilbake til atmosfæren igjen. Regner det mer, vil etter hvert vegetasjonen mettes, vannet begynner å trenge gjennom og finner veg ned i jorda.

Infiltrasjon

En del av nedbøren vil infiltrere i grunnen. Hvor raskt det infiltrerer og hvor mye vann som kan infiltrere, avhenger av porevolum og porestørrelse i bakken. Dette gjelder både for fjellgrunn og for jord. Som eksempel på hvordan disse størrelsene varierer, ser vi på jordartene sand og leire. Porevolumet er større i leire enn i sand. Leire kan ha et porevolum på mer enn 50 %, dvs. at under halvparten av jorda består av faste partikler. Porene i leire er imidlertid svært små. De fleste er så små at vannet ikke vil renne gjennom, men i stedet binde seg til jordpartiklene. Vannet adsorberes.

Vi opplever leire som tettere enn sand, selv om sand faktisk har mindre porevolum enn leire. Sand har likevel større porer hvor vannet kan strømme lettere gjennom. Vi uttrykker denne gjennomtrengeligheten som permeabilitet, hvor mye vann som strømmer gjennom et bestemt tverrsnitt av jorda pr. tidsenhet. Ved fri drenering i vannmettet jord, vil vannet kunne synke i størrelsesorden 0,5 meter/time i grov sandjord og mindre enn 1 millimeter/time i tett leire.
I leirjord finner vi også store tørkesprekker, markganger og porer etter røtter. Dyp jordarbeiding etterlater også sprekker. Slike store sprekker og porer kalles makroporer. Disse makroporene gjør at permeabiliteten i leirjord kan øke betraktelig og at infiltrasjonen kan skje relativt raskt på denne jorda også.

Infiltrasjonen er altså avhengig av jordas porevolum og porestørrelse. I tillegg varierer infiltrasjonen med vanninnholdet i jorda. Når jorda er tørr, er infiltrasjonen rask, fordi jorda suger til seg vann som et trekkpapir. Etter hvert som jorda blir fuktet, blir dette suget svakere. Porene fylles gradvis, og til slutt blir infiltrasjonen bestemt av hvor mye vann som kan strømme gjennom jorda. I matjord er det som regel gode forhold for infiltrasjon i det øverste jordlaget, mens undergrunnen kan være mye tettere. Ved langvarig regn er det dette tette laget som hindrer vannstrømmen, og det øverste laget kan bli helt vannmettet. Jordas ledige lagerkapasitet bestemmer derfor også om det blir overflateavrenning. Ved regn om høsten og vinteren på bar mark er det som regel svært liten infiltrasjon i jorda, og det blir raskt overflateavrenning. En tett skorpe på jordoverflaten vil også øke faren for overflateavrenning. Slik skorpedannelse forekommer på leire med høyt siltinnhold og svak struktur.

Grunnvann
Noe av nedbørsvannet siger videre, også forbi drensgrøftene. Det perkolerer ned til et dyp hvor alle porer i jorda eller bergrunnen er mettet med vann. Dette er grunnvannssonen. Grunnvannet er utsatt for trykk av de overliggende masser, og det strømmer sakte i retning av vassdragene. Nederst i hellinger kan vi ha områder som holder seg fuktige på grunn av utstrømmende grunnvann og lateral vannstrøm i jordlaget. Her kan små nedbørsmengder føre til overflateavrenning. Selv om vi ikke alltid kan se at det strømmer ut, ser vi at bekker blir større og større nedstrøms, selv der det ikke er sidebekker eller overflateavrenning.

Utstrømmingsområder forekommer ofte i daldrag og forsenkinger. Disse områdene samler også overflatevann. Det kan ofte oppstå erosjonsskader i slike områder.

Erosjonskrefter i vann

Erosjon med vann foregår i to faser.

- Løsriving av partikler eller deler av jord som kan vaskes vekk.

- Transport av disse partiklene.

Når vi planlegger tiltak mot erosjon, må vi vite hvilken av disse fasene vi ønsker å påvirke. Løsriving skjer særlig ved regn som treffer bakken og ved frysing og tining som findeler jord og forvitrer berggrunn og stein. Transporten skjer ved avrenning.

Virkning av regn
Små partikler transporteres lettere med vann enn store partikler. Regnet sørger for å slå i stykker eller løsne jord til mindre partikler. Regndråpen treffer jorda med en kinetisk energi som er en funksjon av dråpens masse og fallhastighet. Både dråpestørrelsen og hastigheten på dråpene i et regnvær varierer. Dråpene er sjelden større enn 5-6 mm i diameter. Den maksimale hastigheten er ca. 9 m/s. Et lett regnvær her i landet kan ha en intensitet på 1-2

mm/minutt og en middels dråpestørrelse på 0,5-1 mm. I forhold til tropiske styrtregn er det svært liten energi i disse regnskurene.

Når regn faller på bar, tørr jord, skjer følgende: De første dråpene blander seg med jorda. Energien i dråpene tas opp av jordpartikler som fjærer og flytter seg. Etter hvert som jorda blir mer fuktig, oppstår det kohesjonskrefter i jorda. Den blir fastere. Regndråpene blir nå "knust" mot bakken og spretter tilbake som mange små dråper blandet med jordpartikler. Denne jordspruten fortsetter inntil det eventuelt danner seg et lag med vann på jordoverflaten som hindrer effekten av dråpene.
Regnet har en direkte virkning ved at det knuser partikler og spruter jord. Det har også en indirekte virkning ved at jordoverflata slemmes til. Strukturen bryter sammen, og infiltrasjonsevnen blir redusert. Dette øker faren for overflateavrenning.

Regnets støt utløser erosjon, men i terrenget avhenger dette av flere forhold. Ulike jordarter har forskjellig evne til å stå i mot virkningen av regn. Hellingsgraden virker inn. På flat mark vil ikke jordspruten som regnet skaper, føre til noen netto forflytning av jord. I bakker vil imidlertid hoveddelen av jordspruten foregå nedover. Vegetasjonen og annet jorddekke spiller en avgjørende rolle ved å fange opp regnet og bremser det, slik at det treffer jorda med liten energi.

Kraftig erosjon med dannelse av furer på bar åker. Foto Svein Skøien.

Virkning av rennende vann
Materialtransporten i en elv/vannstrøm foregår på tre forskjellige måter:

- Bunntransport, hvor relativt grovkornet materiale transporteres langs bunnen ved rulling, glidning og hopping (saltasjon).
- Suspensjonstransport, hvor faste partikler svever i vannmassene.
- Kjemisk oppløsning. Ioner frigitt ved forvitringsprosesser transporteres som løsning i vannet.

Vann forårsaker kjemisk oppløsning (korrosjon), særlig i kalkbergarter. Vannstrømmen øver også trykk på bergflater og kan slite løs fragmenter ved kavitasjon. Dette forsterkes med støt og sliting fra de partikler som fraktes med vannstrømmen. På denne måten kan vannet grave seg ned i fast fjell.

Skjærspenningen mot bunnen fører til løsriving av partikler. Skjærspenningen øker når hellingsvinkelen øker. Den øker når den hydrologiske radius øker, dvs. den er størst for en u-formet kanal. Skjærspenningen øker også når vannets tetthet øker. Når vannet transporterer materiale i suspensjon, øker tettheten og dermed erosjonsevnen. Når vannets tranportkapasitet er oppfyllt, vil ikke vannstrømmen ta med seg mer materiale. Det vil være en likevekt mellom løsriving og avsetning (bunnfelling).

Friksjonskraften virker på vannhastigheten. Større friksjon gir lavere hastighet. Friksjonen avhenger av bunnens beskaffenhet, om den er glatt eller ru. Overflateavrenning fra jordbruksarealer foregår oftest i riller med turbulent strøm. Turbulensene vil øke erosjonsevnen. Når det er dannes riller og furer kan det transporteres store jordmengder, grus og stein i form av bunntransport. En grasmatte kan gi stor friksjon og bremse vannhastigheten. Dette utnyttes i praksis i grasdekte vannveger.

For silt og leire kreves det større strømhastighet for å få erosjon pga. kohesjonskrefter. Det er likevel forskjell på et fast jordlag i elvebunnen og materiale som er sedimentert nylig. Leire og silt kan være sedimentert ved elvebreddene eller i elva på grunn av erosjonsprosesser i området. Når vannføringen øker, vil dette materialet raskt transporteres i suspensjon. Selv om det skal stor strømhastighet til for å erodere leire med sterk kohesjon, vil den ikke sedimentere tilsvarende når strømmen avtar. Når først kohesjonskreftene er brutt, vil de små partiklene holde seg svevende i vannmassene selv ved langsom strøm.

Regnet har mer energi enn overflateavrenningen og energien fører til løsriving av jord. Den faktiske erosjonen krever likevel en transport av partikler ut av jordet. Når det oppstår riller, er det disse som står for den største transporten.

Snøsmelting
En stor del av avrenningen og erosjonen foregår vanligvis i forbindelse med snøsmeltingen. Snølaget må tilføres energi for å smelte. De viktigste energitilførslene kommer fra stråling, varmetilførsel fra luft og kondensasjonsvarme. Den kortbølgede strålingen fra sola virker mest på gammel, skitten snø. Ren snø reflekterer en stor del av disse strålene. Den langbølgede strålingen, tilbakestrålingen fra skyer, absorberes av snødekket og har stor betydning for smeltingen i overskyet vær. Varmetilførselen fra luft er avhengig av vindhastigheten. Varm vind kan smelte mye snø. Kondensasjonsvarme som frigjøres når fuktig luft kondenseres på snøen, kan spille en stor rolle for smeltingen. Hvert gram kondensert vann frigjør nok varme til å smelte 7,5 gram snø ved 0 °C. Dette forklarer hvorfor det kan smelte så mye snø når det kommer tåke om våren.

Varmetilførsel fra regn og varme fra bakken betyr lite for snøsmeltingen. Oppfatningen om at regn smelter snø skyldes nok at det kan bli stor avrenning dersom det faller regn på smeltemoden snø. Snølaget er mettet med smeltevann, og jorda under har liten mulighet til å infiltrere regnvannet. Slike kombinerte regn- og smeltevannsflommer kan ha et uregelmessig forløp og gi store vannføringer.
Snøsmeltingens intensitet er vanligvis under 10 mm pr. døgn, men den kan komme opp mot 30-40 mm (beregnet som smeltevannshøyde). Hvorvidt det dannes overflateavrenning under snøsmeltingen, avhenger av jordas infiltrasjonsevne. Selv om det er tele, kan alt vannet infiltrere, men infiltrasjonsevnen kan være kraftig redusert på frossen jord, spesielt dersom frosten om høsten kommer etter en periode med mye regn. Erosjonsfaren om våren bestemmes altså delvis av forholdene under teledannelsen om høsten. Nedbør på mettet jord kan føre til erosjon selv om intensiteten er lav.

Jorderosjonen er altså avhengig av klimaforhold som teledannelse, regn, forløp av snøsmelting og jordas evne til å ta imot vann. Avrenningen om våren har stor betydning for det årlige jordtapet. Denne avrenningen kan variere mye fra år til år.

Jordart og erosjonsfare

De forskjellige jordartene blir erodert i forskjellig grad. De har ulik eroderbarhet.

Tekstur
Kohesjons- og friksjonskrefter utgjør jordas fasthet og evne til å motstå erosjon. For små partikler (leir) er kohesjonskreftene viktigst. Vi kan få et uttrykk for bindingsstyrke og friksjonskrefter i jorda ved å måle skjærfastheten. I kohesjonsjord (leire) er løsrivelsen av partiklene vanskelig, mens det i friksjonsjord (sand) er transporten som er begrensende for erosjonen. Vannet har størst transportevne for de minste partiklene. Ulike jordtyper er altså mindre eroderbare jo mindre siltinnholdet er, uavhengig av om det er sand- eller leirfraksjonen som øker.

Andre egenskaper ved jorda
Andre fysiske og kjemiske egenskaper i jorda påvirker også eroderbarheten. I kartlegging og vurdering av erosjonsrisiko benyttes egenskapene struktur, permeabilitet og humusinnhold. Jo høyere verdi for disse egenskapene, jo mindre erosjonsutsatt er jorda.

Topografi

De topografiske forholdene er avgjørende for hvor mye vann som samler seg og hvilken fart avrenningen får.

Hellingsgraden
Økende hellingsgrad fører som regel til økende overflateavrenning, når jordart og plantedekke ellers er tilsvarende. Overflatelagets evne til å holde tilbake vann i furer og fordypninger avtar også med økende hellingsgrad. Økt hellingsgrad fører til økt hastighet på overflatevannet. Vannet vil dermed utøve større skjærkraft på jordoverflata, og mer jord blir revet løs og transportert nedover. Jordtapet er avhengig av både skjærkrafta som virker på partiklene og transportkapasiteten til det rennende vannet. Skjærkrafta er den viktigste faktoren i starten av hellinga, mens transportkapasiteten er viktigst lenger nede.

Jo mer vann som renner av på overflata, jo større tilbøyelighet har det til å konsentrere seg i strømmer. Farten øker da som en følge av dypere overflatestrøm. Den økte erosjonskrafta til overflatevannet kan føre til erosjon av overflateskorpe slik at lettere eroderbart materiale avdekkes.

Hellingslengden
Erosjon forårsaket av regndråper er relativt jevnt fordelt over større arealer. Hellingslengden har derfor liten virkning på spruterosjon. Jordtapet øker med økende hellingslengde fordi det samles mer overflatevann, og fordi overflatevannet får større dybde og fart. Når hellingslengden øker, øker vanligvis også arealet av nedslagsfeltet, og det er størrelsen på arealet og terrengformen som bestemmer mengden av overflatevann, eksempelvis ved en inntakskum.

Erosjonen vil øke med hellingslengden opp til en viss lengde. I lange hellinger vil det som regel begynne å sedimentere jord. Dette kan skyldes at terrenget flater ut, eller at det er andre hindringer som bremser vannet. Det skyldes også at vannet får lenger tid til å infiltrere i bakken. En erosjonsfure vil sjelden øke i størrelse nedover hele bakken. Det vil oppstå en likevekt som gjør at gravingen stopper opp. Furene kan grave seg både forover og bakover. Om den slutter å grave nede i bakken, kan den godt fortsette å grave seg bakover.

Hellingsformen
Hellingsformen betyr trolig mer enn hellingslengden. Formen på hellingen avgjør om farten på vannet øker eller avtar, og om vannstrømmen samler seg eller blir ledet i flere retninger.

- Konveks helling: blir gradvis brattere.
- Konkav helling: blir gradvis slakere.
- Konvergerende helling: samler vannet, trauform.
- Divergerende helling: sprer vannet, kjølform.

I en konveks helling vil hastigheten på overflatevannet øke nedover i hellinga. I konvekse hellinger er det derfor lite avsetning av materiale, mens vannet kan transportere mye materiale. Jordsmonnet i slike hellinger blir derfor gradvis tynnere og fattigere.

Jordvannet vil samles i forsenkinger og dalsøkk. Jorda blir derfor oftere vannmettet der enn ellers, og får dermed dårligere infiltrasjonsevne. Dette sammen med at overflatevannet også samles der, gjør at erosjonsrisikoen er høy i slike landskapsformer.

Når overflatevannet samler seg i drag i terrenget, kan det grave dype furer, selv om det ikke er stort fall. Det er altså ikke nødvendigvis de bratteste arealene som er mest utsatt for erosjon, selv om overflatevannet får større fart der det er bratt.

Hellingsgraden
Økende hellingsgrad fører som regel til økende overflateavrenning, når jordart og plantedekke ellers er tilsvarende. Overflatelagets evne til å holde tilbake vann i furer og fordypninger avtar også med økende hellingsgrad. Økt hellingsgrad fører til økt hastighet på overflatevannet. Vannet vil dermed utøve større skjærkraft på jordoverflata, og mer jord blir revet løs og transportert nedover. Jordtapet er avhengig av både skjærkrafta som virker på partiklene og transportkapasiteten til det rennende vannet. Skjærkrafta er den viktigste faktoren i starten av hellinga, mens transportkapasiteten er viktigst lenger nede.

Jo mer vann som renner av på overflata, jo større tilbøyelighet har det til å konsentrere seg i strømmer. Farten øker da som en følge av dypere overflatestrøm. Den økte erosjonskrafta til overflatevannet kan føre til erosjon av overflateskorpe slik at lettere eroderbart materiale avdekkes.

Hellingslengden
Erosjon forårsaket av regndråper er relativt jevnt fordelt over større arealer. Hellingslengden har derfor liten virkning på spruterosjon. Jordtapet øker med økende hellingslengde fordi det samles mer overflatevann, og fordi overflatevannet får større dybde og fart. Når hellingslengden øker, øker vanligvis også arealet av nedslagsfeltet, og det er størrelsen på arealet og terrengformen som bestemmer mengden av overflatevann, eksempelvis ved en inntakskum.

Erosjonen vil øke med hellingslengden opp til en viss lengde. I lange hellinger vil det som regel begynne å sedimentere jord. Dette kan skyldes at terrenget flater ut, eller at det er andre hindringer som bremser vannet. Det skyldes også at vannet får lenger tid til å infiltrere i bakken. En erosjonsfure vil sjelden øke i størrelse nedover hele bakken. Det vil oppstå en likevekt som gjør at gravingen stopper opp. Furene kan grave seg både forover og bakover. Om den slutter å grave nede i bakken, kan den godt fortsette å grave seg bakover.

Hellingsformen
Hellingsformen betyr trolig mer enn hellingslengden. Formen på hellingen avgjør om farten på vannet øker eller avtar, og om vannstrømmen samler seg eller blir ledet i flere retninger.

- Konveks helling: blir gradvis brattere.
- Konkav helling: blir gradvis slakere.
- Konvergerende helling: samler vannet, trauform.
- Divergerende helling: sprer vannet, kjølform.

I en konveks helling vil hastigheten på overflatevannet øke nedover i hellinga. I konvekse hellinger er det derfor lite avsetning av materiale, mens vannet kan transportere mye materiale. Jordsmonnet i slike hellinger blir derfor gradvis tynnere og fattigere.

Jordvannet vil samles i forsenkinger og dalsøkk. Jorda blir derfor oftere vannmettet der enn ellers, og får dermed dårligere infiltrasjonsevne. Dette sammen med at overflatevannet også samles der, gjør at erosjonsrisikoen er høy i slike landskapsformer.

Når overflatevannet samler seg i drag i terrenget, kan det grave dype furer, selv om det ikke er stort fall. Det er altså ikke nødvendigvis de bratteste arealene som er mest utsatt for erosjon, selv om overflatevannet får større fart der det er bratt.

Skråningsprosesser og massebevegelser

I tillegg til erosjonen foregår det massebevegelser i skråninger som styres av andre prosesser enn graving av vann.

Formen og hellingsvinkelen på skråninger i løsmasser er bestemt av hva slags løsmasser (jord) den består av, vegetasjonsdekket og de prosessene som virker i skråningen. Løsmaterialet kan være av forskjellig opprinnelse. Det kan være materiale som har kommet ned fra en fjellside ved ras og med bekker, det kan være elvemateriale, morene eller marin silt- og leirjord. Skråningen holdes på plass av friksjon og kohesjon i jorda og av vegetasjon. Sand- og steinmateriale holdes på plass av friksjonen mellom kornene. Leirjord holdes sammen ved kohesjon som virker mellom partiklene. Vegetasjonsdekket binder løsmaterialet sammen.

Det er flere krefter og prosesser som gjør skråningen ustabil. Skråningsmaterialet er påvirket av tyngdekraften. Denne fører til massebevegelser, transport av løsmasser nedover i skråningen ved jordsig og ras. En bekk som renner i skråningsfoten vil grave i det tilførte materialet og forsterke massebevegelsene.

Jordsig

Når jorda blir oppbløtt, har den lettere for å sige nedover. I det øverste jordlaget er det stadig fukting og opptørking, frysing og tining. Prosessene fører til bevegelse i jorda. Tyngdekraften gjør at bevegelsene går langsomt nedover skråningen. Årlig kan det dreie seg om noen få centimeter.
Dette jordsiget er særlig tydelig på silt- og leirjord. Disse jordartene blir lett overmettet med vann. Kohesjonen avtar, og jorda siger. Bevegelsen er størst i overflaten og avtar med dybden ned til omlag 1 m. I de bratte ravinedalene i de marine leirområdene vil bekkeløpene få en stadig tilførsel av jord fra sidene på grunn av dette jordsiget.

Ras og utglidninger

På finkornet jord (leir, silt, fin sand) kan det trekkes opp mye vann til overflatelaget når jorda begynner å fryse. Den kapillære ledningsevnen er god. Når vann fryser i overflatelaget, dannes det et sug som trekker vann oppover. Når telen går om våren, kan jorda bli overmettet med vann. Større flak av jord kan skli ut, eller den oppbløtte jorda kan renne nedover som en velling.
Slike utglidninger kan også forekomme på bunnmorene som ligger på fjellgrunn. Ved kraftig regnvær kan de underste delene bli mettet med vann og ustabile, slik at jorda over raser ut.

Tiltak mot erosjon

Det er flere strategier for erosjonskontroll, og vi kan dele dem i to hovedgrupper:

- Agronomiske tiltak
- Mekaniske tiltak

Agronomiske

Det grunnleggende tiltak mot erosjon i jordbruket er å etablere et godt plantedekke. I tillegg er det svært viktig å kontrollere overflatevann. Perioden med bar jord bør innskrenkes, og det benyttes derfor metoder for redusert jordarbeiding.

En god jordkultur tar sikte på å opprettholde jordas fruktbarhet og struktur. En stabil struktur gjør at jorda ikke så lett slemmes igjen av regn. Evnen til å infiltrere vann blir bedre, og det blir dermed mindre overflateavrenning og erosjon. For å skape eller opprettholde en

god struktur og fruktbarhet er det viktig å tilføre organisk materiale til jorda. Jordstrukturen varierer over tid og påvirkes av forandringer i fuktighet, temperatur, biologisk aktivitet og jordarbeiding. Økende innhold av leire og organisk materiale gjør strukturen mer stabile på grunn av kohesjonskrefter og organiske stoffer som binder sammen og sementerer. Humusstoffene som dannes under nedbrytning av det organiske materialet, virker som bindemiddel mellom mineralpartiklene. Humusstoffene er i ulik grad utsatt for videre nedbrytning. Ved stadig tilførsel av organisk materiale i form av planterester eller organisk gjødsel opprettholdes en stabil struktur.

Mekaniske metoder

Jorda kan dekkes av planterester eller av fabrikkerte materialer. Begge deler blir benyttet for erosjonskontroll. Fiberduker framstilt av syntetisk eller naturlig materiale, såkalte geotekstiler, kan gi effektiv erosjonskontroll og benyttes eksempelvis i skråninger langs motorveier og på elvebanker.
Dekke med planterester er billigere og mer aktuelt som erosjonshindrende tiltak i jordbruket. Når om lag 70 % av jorda er dekket med planterester, er den godt beskyttet mot erosjon.

Mekaniske, eller hydrotekniske tiltak for å hindre erosjon krever planlegging. For å dimensjonere anleggene slik at de har nødvendig kapasitet, trenger vi informasjon om sannsynlige vannmengder. Erosjonshindrende tiltak går som regel ut på å lede vannet vekk på en sikker måte. Det er da ikke nok å vite hvor mye vann som kommer. Vi må også vite hvor fort det kommer. Det er avrenningsintensiteten, og særlig den maksimale verdien av denne, flomtoppen, som bestemmer dimensjoneringen av kanaler, kummer og drensrør.
Målinger av avrenningsintensitet i et nedslagsfelt krever spesielt utstyr. Det er sjelden planleggingen kan baseres på faktiske målinger i det aktuelle feltet. Avrenningen må derfor estimeres på bakgrunn av nedbørmengde og intensitet av regn og snøsmelting. I tillegg bestemmes avrenningen av nedslagsfeltets karakter, hvor mye av vannet som kommer som overflatevann.

Det finnes generelle faktorer for avrenning fra NVE, men det kan være nødvendig å gjøre egne lokale vurderinger. Fra målinger av avrenning fra små jordbruksfelter i Ås er det angitt at maksimal intensitet på overflateavrenningen er i størrelsesområdet 8-10 l/sek per ha. Alle tiltak som bedrer infiltrasjon og øker oppholdstiden for vannet i nedslagsfeltet bidrar til å redusere denne maksimale avrenningsintensiteten og kan også bidra til å redusere erosjonsskader.

Forsterkning av bekkekant med steinsetting. Foto Svein Skøien

Kontroll med vann

Med hydrotekniske tiltak vil vi lede overskuddet av vann vekk fra jordbruksarealene uten at det gjør skade. Første betingelse er som regel å lede bort vann som kommer fra skog, veier og andre tilgrensende arealer.

For å kontrollere overflateavrenningen må vi enten bremse vannhastigheten eller sørge for at jordoverflaten er sterk nok til å motstå de eroderende kreftene i vannet. Grasdekte vannveger brukes for å lage en sikker avrenningsrute for overflatevannet. Det er mest aktuelt å legge vannvegene i naturlige terrengformer. Ved planeringsarbeider eller ved nyanlegg av hydrotekniske tiltak kan det være aktuelt å forme vannvegene. I urbane områder kan permeable betong være et aktuelt dekke i slike vannveger.

Vannveg med permanent grasdekke. Foto Svein Skøien

Terrasser/voller

Terrasser eller voller brukes for å dele opp hellingslengdene og for å samle vann og lede det ut til siden. Vannet må samles til et kontrollert avløp. Dette kan være en grasdekt vannveg eller en lukket drenering, eller en kombinasjon av disse.

Forsinking av avrenningen

Avrenningen fra jordbruksarealene har blitt raskere på grunn av fjerning av drenering av små dammer og våtmarker, lukking av bekker og fjerning av vegetasjon i jordekanter. Erosjonen har økt som følge av en raskere avrenning. Et naturlig tiltak mot erosjon er dermed å gjenskape noen av disse opprinnelige delene av landskapet. Overflatevannet, og også grøftevannet, kan ledes til dammer. Her vil det sedimentere jord og næringsstoffer. Dammen kan også brukes til andre formål.

Fangdam som skal bremse avrenning og sedimentere partikler. Vannbassengene er adskilt med permeable steinterskler. Foto Svein Skøien

Stabilisering og forsterking

Grøfteutløpene er utsatt for erosjonsskader. Utløpene sikres med stein.

I forbindelse med vegbygging og annen anleggsvirksomhet brukes forskjellige typer av matter, nettinger eller duker som stabilisering. Matter av naturmaterialer som jute, papir eller halm kan være aktuelle i landbruket. De egner seg til stabilisering av skråninger inntil det er etablert et solid vegetasjonsdekke.

Grøfteutløp med forsterking av stein. Foto Svein Skøien.

Terje Reiersen

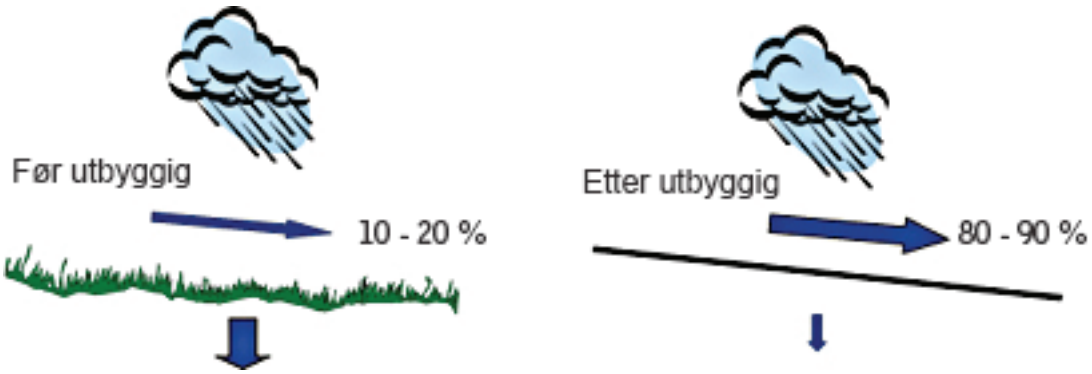
6 - Fordrøyning i betongrør
Dimensjonering, løsninger og erfaringer

Basal AS

Større urbanisering og økt nedbør fører til flere og større flommer. Dette krever nytenking ved prosjektering av nye ledningsanlegg. Utbygging av store arealer med tette flater øker avrenningen betydelig. For å hindre økt vannføring i ledningsnettet blir det mer og mer vanlig at utbygger pålegges å forsinke nedbøren å nå ut på ledningsnettet ved å bygge fordrøyningsanlegg.
Ved å benytte betongrør i store dimensjoner (normalt DN 1000 – 2400), eventuelt i kombinasjon med kummer for inspeksjon eller som sandfang, kan fordrøyningsanlegg bygges på forholdsvis lite areal, men likevel med stort fordrøyningsvolum. Bruk av rør gir også god adkomst for slamsuging og annen drift og vedlikehold.

Hvorfor fordrøye?

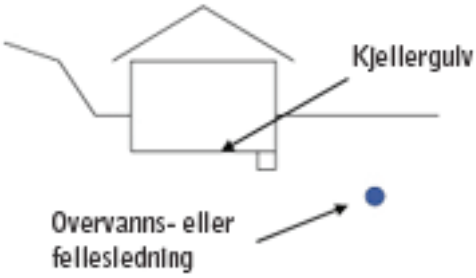
En stor del av nedbøren som faller på ubebygd område vil infiltreres i grunnen og bli til grunnvann. Hvor stor del som infiltreres avhenger blant annet av grunnforholdene. Noe av nedbøren fordamper, og noe opptas av vegetasjonen. Resten, kanskje bare 10 – 20 %, renner av på overflaten til ledningsanlegg eller vassdrag. Grunnvannet vil til slutt havne i åpne vassdrag.
Etter en utbygging kan forholdet være endret. Fra tette flater skjer det ingen infiltrasjon. Avrenningen er mye raskere på tette flater enn gjennom vegetasjon. Så mye som 80 – 90 % av nedbøren vil i løpet av kort tid renne av fra asfalterte og andre typer tette overflater. Dette fører ofte til flom og overbelastning av ledningsnettet.

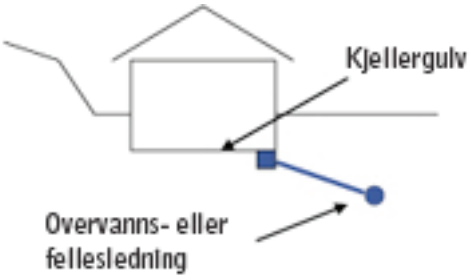


Ved fordrøyning kan flomproblemer som skyldes utbygging reduseres ved at tilløpet til ledninger og vassdrag fordrøyes og dermed fordeles over tid.

Når må vi fordrøye?

I NORVAR's prosjektrapport 144/2005: "Veiledning i overvannshåndtering ", som kom ut i desember 2005, er det gitt minimums dimensjonerende hyppighet for nedbørshendelser. Hyppigheten varierer med områdenes utnyttelse.
I for eksempel boligområder er dimensjonerende gjentaksintervall ved "fullt rør-dimensjonering" satt til minimum 10 år. Minimum dimensjonerende oversvømmelses-hyppighet i boligområder er satt til 20 år. Oversvømmelsesnivået settes normalt til et kjellernivå som ligger minimum 90 cm over topp hovedledning. I forretningsstrøk er tilsvarende gjentaksintervall 20 respektive 30 år.
Flere kommuner foreskriver til dels betydelig lengre gjentaksintervaller enn de minimumsverdiene som er foreslått i NORVAR's veiledning.





Fullt rør- dimensjonering

Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet:

I boligområder: Regn med gjentaksintervall 10 år *I boligområder: 1 gang i løpet av 20 år*

I by senter: Regn med gjentaksintervall 20 år *I by senter: 1 gang i løpet av 30 år*

For å kunne oppfylle NORVAR's minimumskrav og eventuelle strengere krav fra kommunene til gjentaksintervall, vil det svært ofte være nødvendig å fordrøye overvannstilløpet til så vel separate overvannsledninger som til fellesledninger.
Et annet forhold som ofte medfører behov for fordrøyning er at mange kommuner generelt sett ønsker å redusere overvannstilløpet til kommunalt ledningsnett. I forbindelse med utbygginger stilles det da krav som sterkt begrenser adgangen til påslipp av overvann. Et vanlig krav er at overvannstilløpet ikke skal øke som følge av utbyggingen.

Dimensjonering av fordrøyningsmagasiner

Med utgangspunkt i ledningsnettets kapasitet og/eller krav om tillatt påslipp bestemmes nødvendig fordrøyning av overvannsutslippet fra det aktuelle området.

Etterfølgende eksempel illustrerer hvordan nødvendig fordrøyningsvolum kan beregnes om tillatt utslipp er q_{ut} l/s. Nedbørfeltet har størrelsen A (ha). Nedbørens intensitet I i l/s*ha varierer med varigheten.

$$Q_{inn} = \phi * I * A$$

Her er ϕ den andelen av nedbøren som renner av på overflaten.

Tilløpet q_{inn} til fordrøyningsmagasinet blir da:

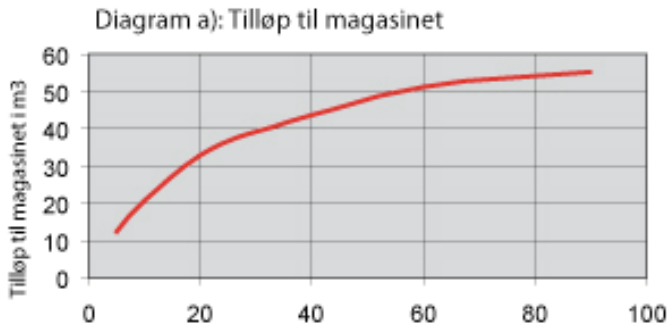
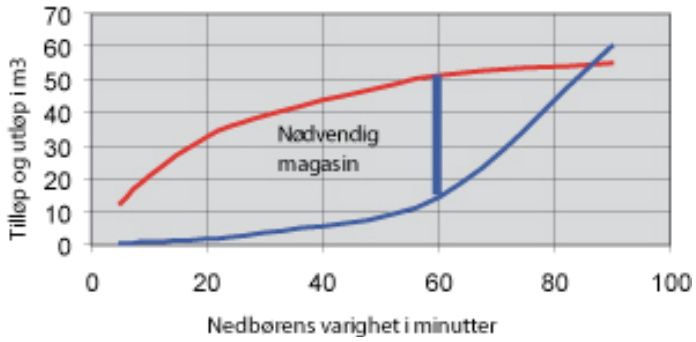


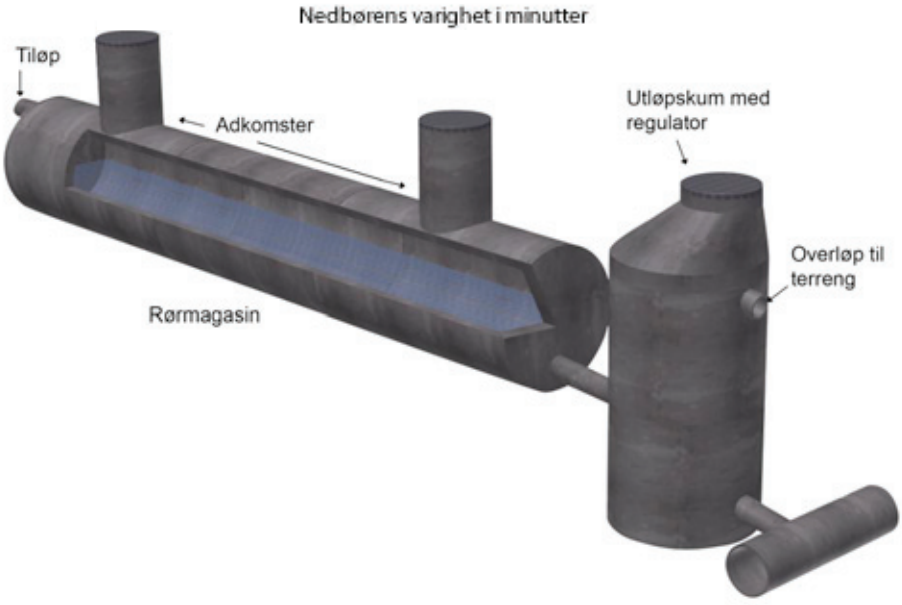
Diagram a)
viser hvor mye vann som tilføres magasinet ved nedbør av forskjellig varighet og intensitet. I eksemplet er tilløpet ved en nedbørhendelse med varighet i

Diagram c) Nødvendig volum i magasinet



Nedbørens varighet i minutter

På diagram c)
er både til- og utløpskurven inntegnet. Den største avstanden mellom kurvene angir nødvendig fordrøyningsvolum.
I dette tilfellet er nødvendig fordrøyningsvolum 37 m^3. Nedbør med varighet i ca 60 minutter vil i dette eksemplet være dimensjonerende.



Bruk av rør som fordrøyningsmagasin

En kombinasjon av grønne lunger og fordrøyning i åpne basseng er en bra løsning der man har tilstrekkelig åpent areal tilgjengelig og forholdene for øvrig ligger til rette for det. Imidlertid er ofte behovet for fordrøyning størst i urbane områder som er fortettet av bygg, parkeringsarealer og andre tekniske installasjoner og hvor arealene er begrenset. Betongrør kan installeres i vei og parkeringsarealer uten begrensning i trafikkbelastning. Dette gir stor fleksibilitet
i hvor magasinene kan etableres. Særlig i tett ubygde områder er dette viktig, og det er jo der behovet for fordrøyning er størst.
Prisen for en ledningsgrøft er sammensatt av flere kostnadselementer. Selve røret utgjør som regel en liten del av totalkostnaden. En dobling av rørdiameteren har svært begrenset betydning for totalkostnadene. Det ekstra volumet man får i ledningsnettet ved å øke rørdimensjonen kan teoretisk benyttes til fordrøyning. I praksis er dette vanskelig å få til på grunn av fallforhold. En bedre løsning er å bygge inn et vesentlig større rør på en kort del av ledningsstrengen hvor fallet er lite.
Det store røret har da strupet utløp mot nedstrøms ledningsnett.
Partikulært materiale som tilføres rørmagasinet, for eksempel ved mangelfull tømming av sandfang, vil bli avsatt i magasinet og kan senere fjernes. I infiltrasjons- og steinmagasiner vil partikulært materiale før eller senere føre til gjentetting og de settes da permanent ut av drift.

Betongrør og kumløsninger

Aktuelle dimensjoner for ledninger til fordrøyningsmagasin er normalt DN 1000 - 2400. Generelt gjelder at fordrøyningstanker / - beholdere bygges opp av standardiserte produkter, tilpasset og modifisert til formålet der dette er nødvendig.

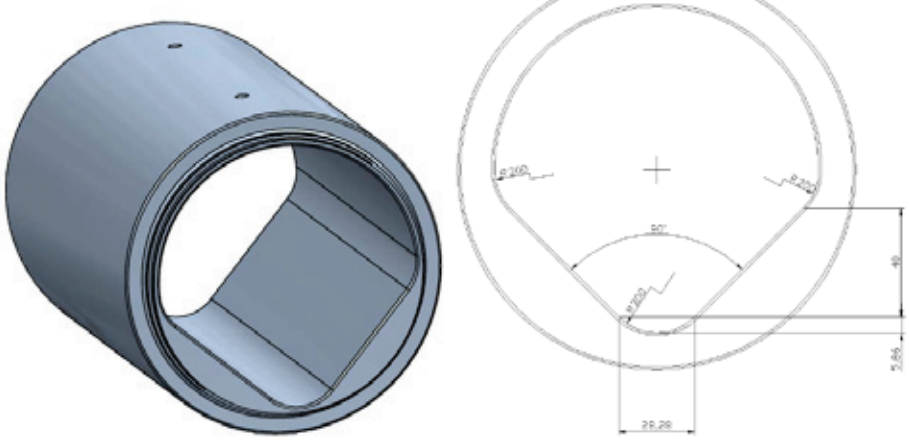
Rør

Det brukes normalt falsrør av type Basal ig. Rørene kan normalt være standard rør med armering bestemt av overdekning og nyttelast på terreng.
Der rørene utføres med hals (kan utføres av produsent) for kumtilslutning på oversiden, må armeringen tilpasses utsparing i godset.
Valget av ig – skjøt gir høy låsekraft. Dette vil redusere behovet for forankring mellom rørene.

Rør med forbedret selvrensing

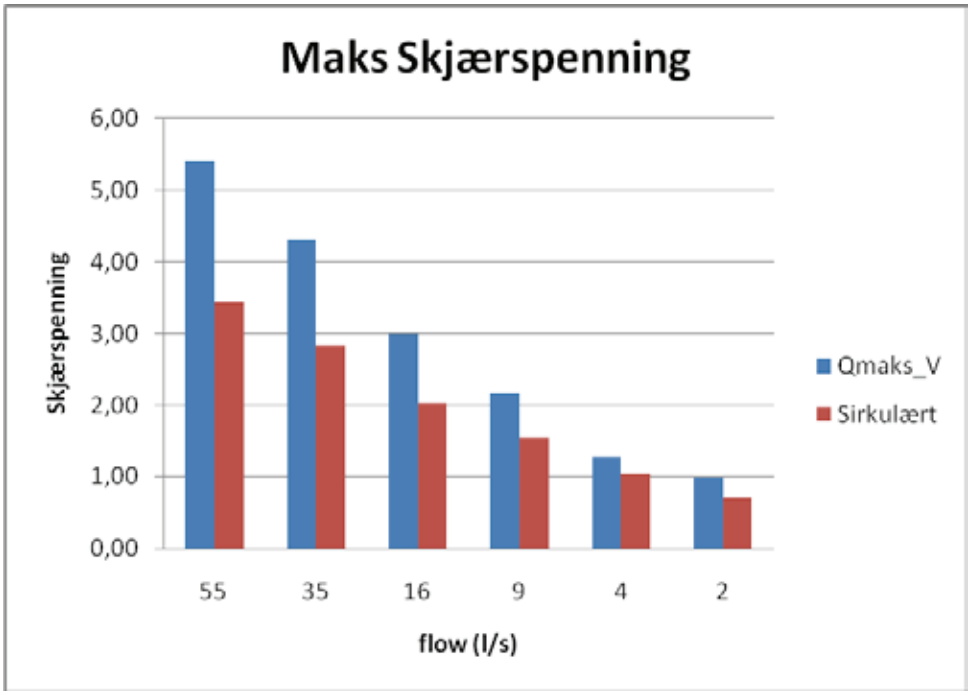
Det er utviklet et nytt rørkonsept med bedre selvrensing som heter Qmax-V. Rørene har samme skjøt som tilsvarende standard rør. Rørene leveres i dimensjon DN800-2000. Rørene er spesielt velegnet til:

* Fellesavløp – overvann/spillvann
* Overvannsledninger med lite fall og varierende vannføring
* Fordrøyningsmagasin



Eksempel DN 1200 med tørrværsrenne r=200. Reduksjon av innvendig areal: Kun 13 %

Som det fremkommer av illustrasjonen nedenfor har Qmax-V betydelig høyere skjærspenning enn tradisjonelle rør. Ved en vannføring på 16 l/s har et tradisjonelt rør DN 1200 en skjærspenning på 2. Qmax-V har en skjærspenning på 3.



En annen variant det har vært forespørsel etter, er store rør med egen tørrværsrenne. Slike rør vil være gunstig å benytte der normalvannføringen er liten (for eksempel spillvann), men som periodevis får stor vannføring (overvann ved store nedbørsmengde)

Endesteng på rørmagasin

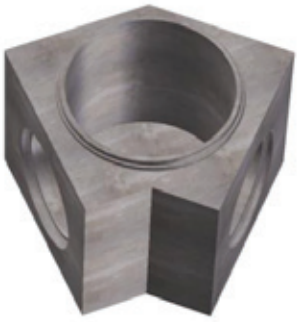
Det brukes fortrinnsvis kortrør l = 1000 mm, med innstøpt plugg med l min = 300 mm som endesteng av rørmagasin.

Forankring mellom rør i rørmagasin

Forankring er normalt bare nødvendig dersom vannfylling skjer uten forutgående komprimert omfylling av rørledning/magasin og endesteng.

Bend

Bend for retningsforandring vil normalt være spesialprodukter tilpasset rørtype Basal ig. Ofte kan retningsavvik anordnes i kum. Det er også nylig utviklet langbend DN≥500. Dette er rør med byggelenge på 1m som er vinklet 5 grader i muffen.



Kummer

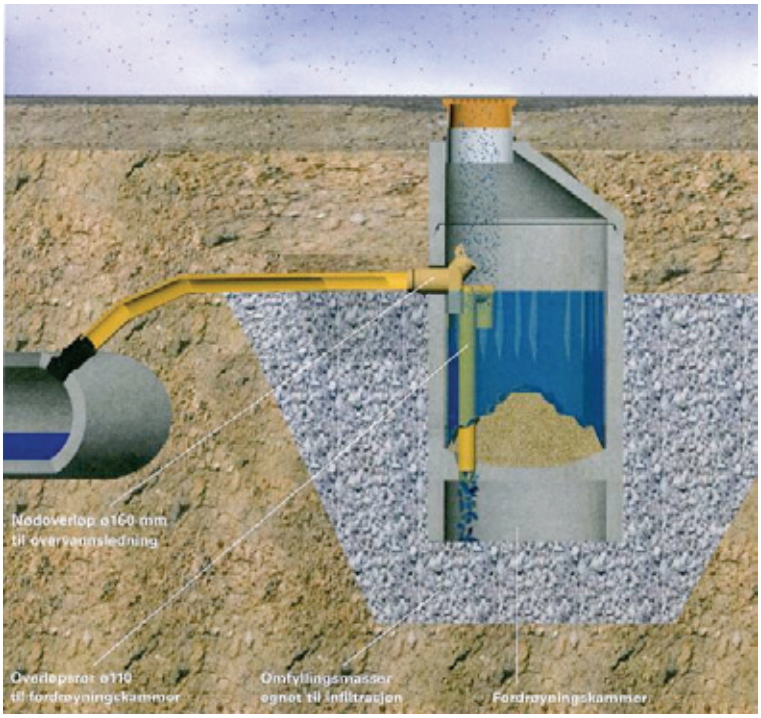
Nødvendige kummer kan utføres som standard elementer for tilkobling til rørdimensjon DN ≤ 1600. Bunnseksjonen kan utføres med sandfang og/eller retningsforandring.

Sandfang med infiltrasjon direkte til grunnen

Selv om
direkte har
nevnes det
å redusere
Prinsippet for
dykket utløp for

under sandfanget
illustrasjon). Man
2). Ytterligere
(merket 3) for å
vannoverflaten er
Partikulært
sandfanget vil bli
innløpet til
gjentettes. IFS-
mest effektive
lokalt. For å sikre
oppstår er det
stor belastning og
av sandfanget.

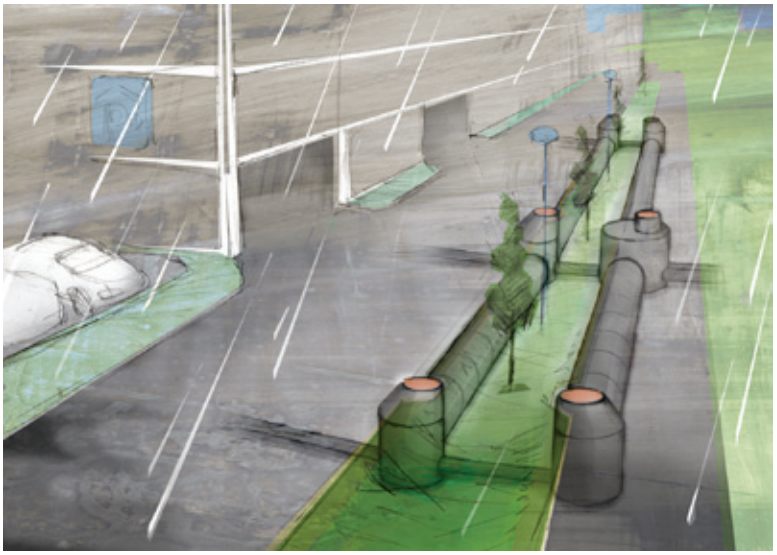
infiltrasjonssandfang (IFS) ikke
sammenheng med fordrøyning,
allikevel her, da IFS kan bidra til
fordrøyningsvolumet.
sandfanget er at man har et
infiltrasjon av overvannet i
omfyllingsmassene og grunnen
(se utløp merket 1 på
har også et nødoverløp (merket
finnes et frostoverløp
sikre funksjon når
frosset.
materiale som tilføres
avsatt i sandfanget slik at
underliggende magasin ikke
sandfang er den enkleste og
metoden å infiltrere overvannet
at gjentetting av magasin ikke
viktig at sandfanget ikke får for
at det foretas hyppig tømming



Store mengder avleiring.

I 2008 anla Gulskogen kjøpesenter et fordrøyningsanlegg etter pålegg fra Drammen kommune. Senteret ligger et lite steinkast fra Drammenselva og i dag omfatter senteret 130 butikker på totalt 55.000 kvadratmeter. Et område som for 20 år siden var uberørt av utbygging er nå et pulserende handelsområde med store bygninger, parkeringshus og enorme flater lagt under asfalt. I tillegg til butikkarealene er det også anlagt 1.200 parkeringsplasser. Det gir stor oppsamling av overvann.

250 liter i sekundet



Drammen kommune mente kommunens overvannsnett ikke kunne tåle mer enn 250 liter overvann i sekundet fra kjøpesenteret. Med 10 års gjentaksintervall for nedbøren ble nødvendig magasinvolum beregnet til 310 kubikkmeter. Det ble derfor bygget et fordrøyningsanlegg bestående av 220 meter DN 1200 betongrør lagt i to rørstrenger, med tilhørende kummer og tilløpssystem.
Rørsystemet ble bygget med god tilrettelegging for direkte tilkopling av slukledninger og taknedløp. Sentrisk i anlegget er det etablert tilkopling til kommunalt overvannsnett ved rørtrykking under jernbanen. I et rørmagasin med adkomstkummer har man god kontroll med det magasinerte vannet, og det er en grei oppgave å foreta rutinemessig rengjøring.

Sandfang

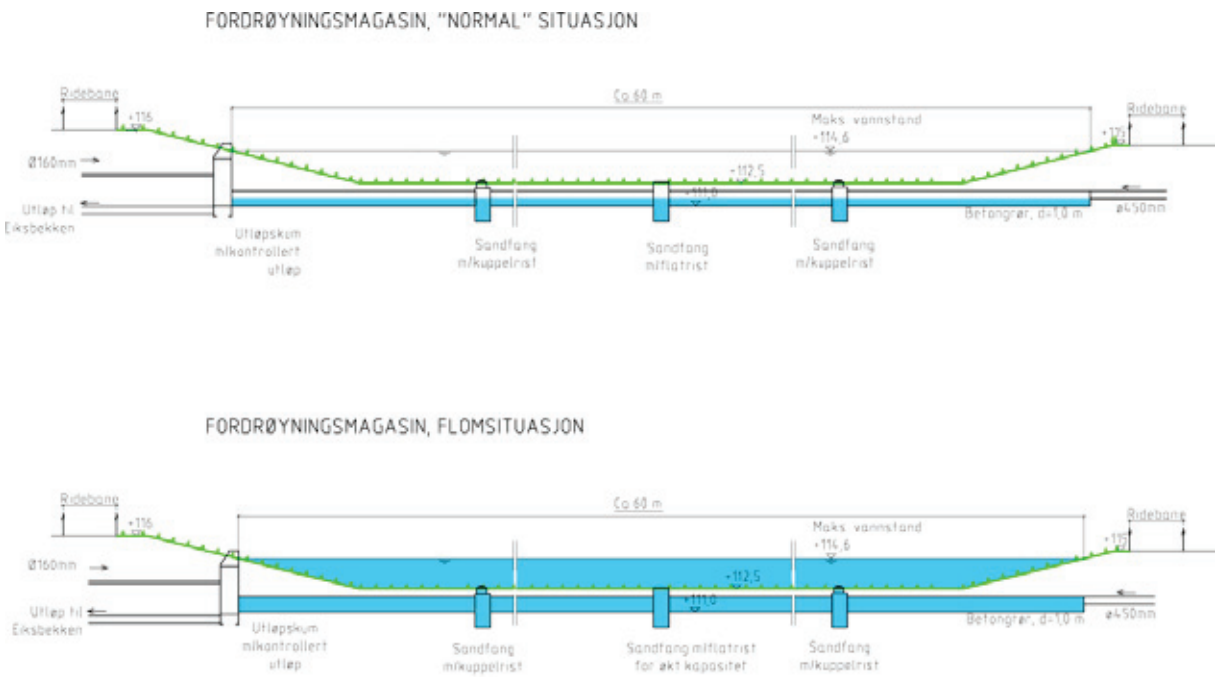
Det er etablert sandfang i forbindelse med parkeringsarealene for kjøpesenteret. Det er naturlig å anta at disse har hatt akseptabel funksjon da de kun har vært i drift i halvannet år. Tømming av sandfang er en driftsoppgave som må prioriteres! Konsekvensen av mangelfull tømming av sandfang er økt tilførsel av slam til fordrøyningsmagasinet. Etter noen års drift blir dermed fordrøyningsmagasin tilført store mengder partikler som slam, sand og løv fra trær.
Derfor bør fordrøyningsmagasin bygges med god tilrettelegging for spyling og rengjøring via nedstigningskummer, slik som her på Gulskogen.
Mange fordrøyningsanlegg er bygd opp som magasin av sprengstein. Erfaringen fra mange av disse er at de er veldig sårbare for tilstopping av sand og slam. I dag er det derfor mest vanlig å benytte fordrøyningsanlegg som er lett tilgjengelige for drift og vedlikehold.

Store slammengder

Fordrøyningsanlegget på Gulskogen ble inspisert etter halvannet års drift. Det hadde da blitt avleiret betydelig mengder med slam, sand og stein.
I rørstrengen nærmest tilløpet besto avleiringen av "partikler" på opp mot 10 centimeter i diameter. I rørstrengen lengst fra tilløpet besto avleiringen av betydelig mengder finpartikler.
Med en forventet driftstid på 50-100 år er det derfor vanskelig å forstille seg at sandfang alene kan hindre at det kommer betydelige mengder sand og slam inn i fordrøyningsanlegget. Derfor er fordrøyningsanlegg som er lett tilgjengelige for drift og vedlikehold den dominerende løsningen i dag. Ut fra observert slammengde i magasinet er det stipulert en mengde på 5 m^3 slam i de to rørstrengene. Hvor mye som har blitt ført i utløp er vanskelig å vurdere. Tar man imidlertid utgangspunkt i 5m^3 slam på halvannet år vil dette utgjøre nær 70 m^3 slam på 20 år!

Eksempler på fordrøyningsanlegg bygd med betongrør

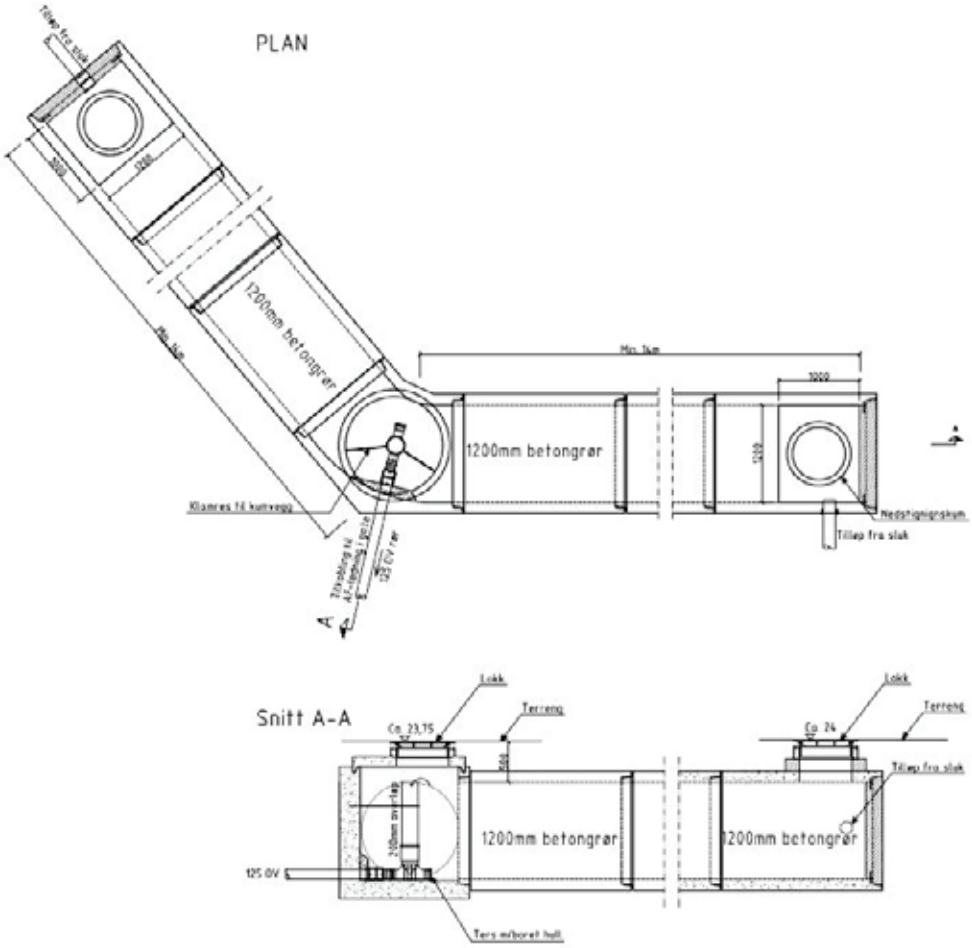
Store betongrør for fordrøyning av overvann er dominerende på lukkede anlegg i dag. For Øvrevoll galoppbane i Bærum er betongrør benyttet i kombinasjon med et såkalt "tørt" magasin for fordrøyning av overvannsavrenningen. Et "tørt" magasin er et areal som normalt er tørt, men som settes under vann ved sterk nedbør. På Øvrevoll er det lagt betongrør med diameter 1 m under et gressdekket areal. Betongledningen har tilstrekkelig volum for fordrøyning av moderat nedbør. Ved sterkere nedbør stiger vannet opp gjennom sluk på betongledningen, og arealet ovenfor settes under vann.
Etter avsluttet nedbør renner vannet tilbake til betongledningen.



Fordrøyningsanlegg for Øvrevoll galoppbane (Konsulent: Rambøll Norge AS)

Fordrøyning for avrenning fra gårdsrom

I bebyggelsen rundt et gårdsrom i Oslo hadde man problem med fukt i kjellerne. Overvannsavrenningen fra gårdsrommet var basert på infiltrasjon. Siden grunnen består av leire, viste det seg ikke mulig å bli kvitt overvannet ved infiltrasjon. For å løse overvannsproblemene ble det anlagt overvannssluk med avløp til et betongrør med diameter 1,2 m. Her ble overvannet fordrøyd tilstrekkelig for tilknytning til kommunalt nett.



Fordrøyningsanlegg for avrenning fra gårdsrom (Konsulent: Rambøll Norge AS)

Fordrøyning Ringvei 2 Tønsberg

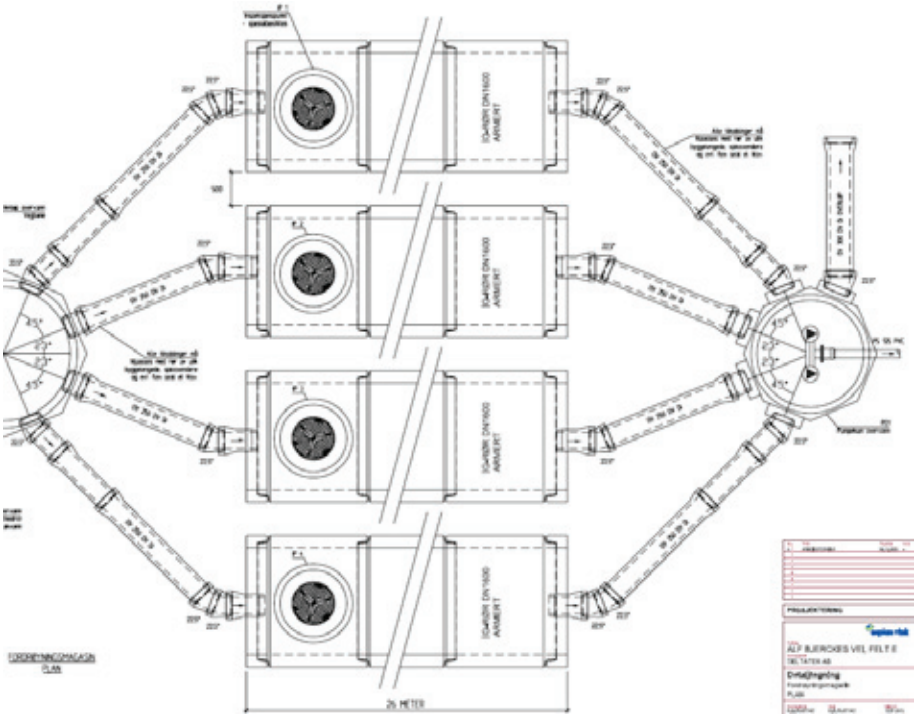
Statens vegvesen har benyttet betongrør for fordrøyning og rensing av avrenningen fra Ringvei nord i Tønsberg. Veien har via Vellebekken avrenning til et naturreservat. Tilløpet til Vellebekken renses og fordrøyes. Dette skjer i betongrør med diameter 1,2 – 1,6 m. Rørene har i tillegg til volum for rensing og fordrøyning også tilstrekkelig volum for oppsamling av olje fra en eventuell tankbilulykke. Total rørlengde er ca. 500 m.

Rektangulært fordrøyningsanlegg Kongsberg

Rørmagasinet har et volum på 286.000 liter, og det er benyttet tre strenger av Basal ig-rør DN2000

Alf Bjerckes vei

Innløps- og utløpskummer til 4-strengs fordrøyningsanlegg prosjektert av Asplan Viak

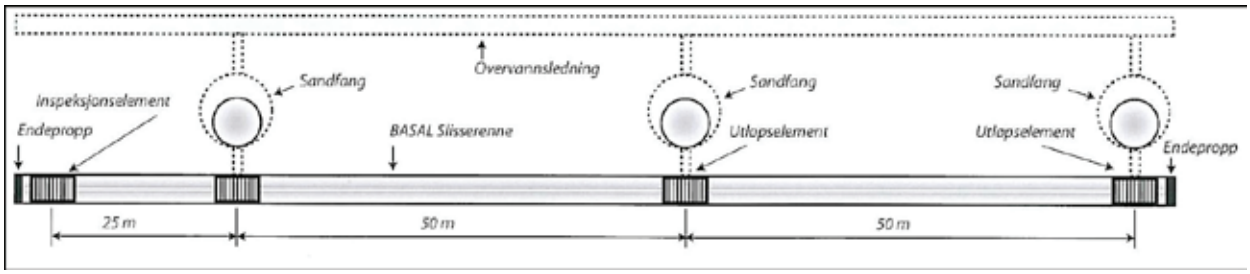


Tillegg

Slisserenner

For å få en pen og hensiktsmessig overflate på plasser og torg med asfalt eller belegningsstein er tilpassing av overvannsavrenning viktig. Bruk av sluk gjør at det må legges et overflatefall mot disse, og det visuelle inntrykk blir ofte ikke optimalt.

I den forbindelse kan bruk av overflaterenner være hensiktsmessig.
Basal har utviklet to rennealternativer til slike formål. En liten renne med innvendig bredde/høyde på 150/200 og styrkeklasse tilsvarende D400 (belastning som normalt legges til grunn på kumlokk i veg), og en stor 200/275 i styrkeklasse F900 (belastning som normalt legges til grunn for kumlokk til flyplasser, kaianlegg med mer). Den lille rennen har en avrenning på 20 l/s ved maks 50 m mellom utløpene. Den store har en avrenning på 35 l/s ved samme avstand mellom utløpene.
Slisserennen tar opp vannet gjennom langsgående slisser. Systemet består av renne-, inspeksjons-, utløpselement, samt endepropper. Utløpselementene er utstyrt med tilslutning til overvannskum/sandfang. Slisserennene leveres med slissebredde 20 eller 30 mm, avhengig av eventuell sykkeltrafikk langs rennene.



Kjell Myhr

7 - Veileder i dimensjonering og bruk av permeable dekker av belegningsstein

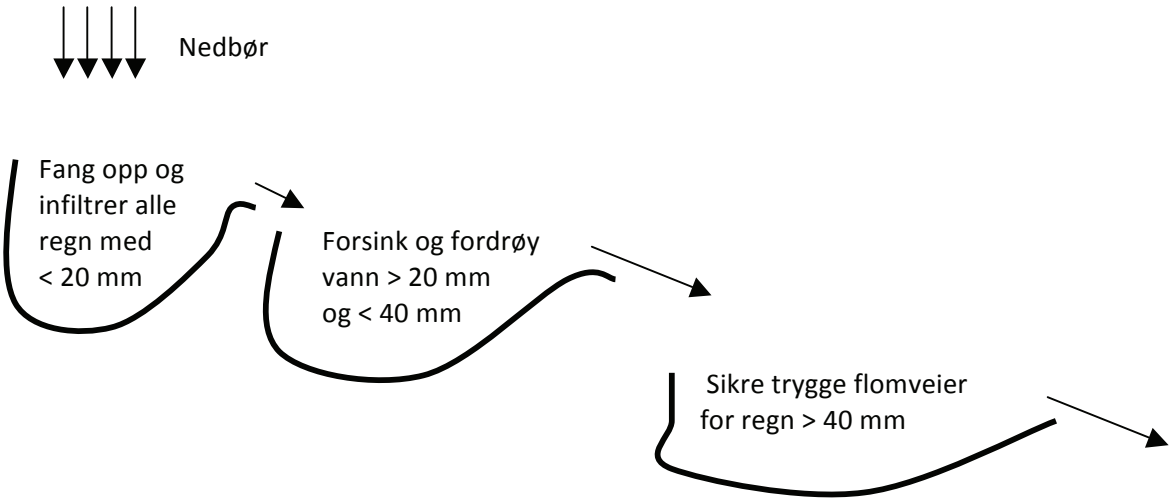
Aaltvedt Betong AS

Bakgrunn

Det har vært en betydelig økning i forsikringsselskapenes utbetalinger for flomskader på bygninger og infrastrukturer de siste årene. Dette fordi kapasiteten til avløpssystemet ikke har kunnet håndtere den økende overvannsmengden som følge av fortetting i eksisterende byområder samt endringer i klimaet. Endringen har de fleste steder i landet vårt betydd mer nedbør med større intensitet.
På urbane flater er tradisjonell overvannshåndtering å føre overvannet ned i sluk og bort i rør. Dette er løsninger som krever store investeringer og som er negative for miljøet.

Lokale overvannsløsninger

De rimeligste og enkleste løsningene for overvann er som regel å få til lokale infiltrasjonsløsninger. Å behandle overvannet lokalt innebærer å la vannet finne naturlige veier via infiltrasjon til grunnen og/eller renne bort via åpne vannveier og dammer. Dette beskrives som LOD- anlegg (lokale overvannsløsninger)



Skissen viser en treleddstrategi for håndtering av nedbør. Tallene er eksempler og må tilpasses lokalt.(Norsk VANN Veiledning i overvannshåndtering 2008)

Første ledd er å håndtere nedbøren lokalt i åpne anlegg nær kilden som for eksempel boliger, parkeringsplasser, torg og lokale veier. Målet er da å infiltrere mest mulig vann slike steder. Belegningsstein med permeable fuger vil være et godt eksempel på et slikt LOD-anlegg. Det som ikke kan infiltreres i første ledd ledes videre i åpne renner eller vannføringer til dammer eller større sentrale anlegg. Ved svært kraftig regn vil ikke LOD-anleggene kunne håndtere de ekstreme vannføringene som oppstår, og da er det åpne trygge flomveier gjennom de urbane områdene som må planlegges og ta hånd om det.

Forurensninger

Forurensing på arealer med lett trafikk vil være normalt være begrenset til drypp av drivstoff og olje, dekkslitasje, støv fra omgivelser og atmosfæren.
Lokal infiltrasjon vil dempe

Veileder

På alle kontinenter pågår det nå forskningsarbeider for å finne gode permeable dekker. SUDS - sustainable drainage systems, har vært et begrep i flere tiår i Storbritannia og i Tyskland er det fram til i dag bygd permeable dekker på mer enn 20 000 000 m2. Mange andre land har nå også fått sine egne veiledere for permeable dekker tilpasset lokalt klima, geoteknikk, vegnormaler, standarder for avløpssystemer mm.

I 2010/ 2011 har en gruppe med representanter fra blant annet Statens vegvesen, UMB, NTNU, Sintef og KS jobbet med første utkast til en veileder for permeable dekker tilpasset norske forhold basert på erfaringer fra utlandet. Veilederen vil bli publisert på nettet høsten 2011.

Mål:

Hensikten med veilederen er å lage et første utkast til en veileder som oppsummerer internasjonalt arbeid innenfor temaet Permeable dekker av belegningsstein. Veilederen vil videre gi et beregningseksempel basert på norske forhold (nedbør, frost, grunnforhold, tilgjengelige masser mm).

Norske forhold er gunstige med tanke på bruk av permeable dekker:

- Gode knuste masser i vegoverbygningen gir stabilitet selv ved vannmetning
- Sprengsteinsfyllinger med naturlig magasin for fordrøyning av overvann.

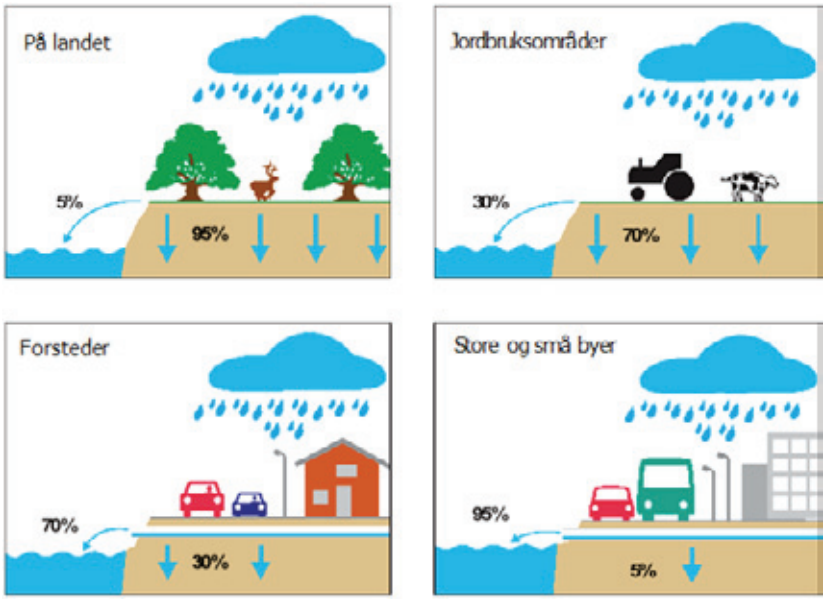
Dekkene er best egnet fast dekke på parkeringsanlegg, torg og plasser for gangtrafikk. Permeabel belegning er ikke egnet på trafikkerte veier og områder med store laster og vridninger.

Ved bruk av permeable dekker vil en kunne spare kostnader til overvannsanlegg, redusere flomtopper og redusere forurensning fra trafikkerte flater.

Utdrag av Veiledning for utforming, bygging og vedlikehold av permeable dekker av betongstein, Interpave

3.2.1 Vannstrømming

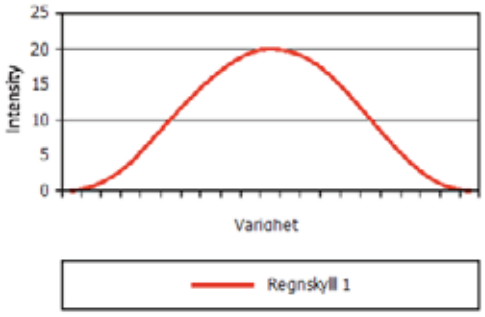
Urbanisering, det økte antall utendørsanlegg, veier, innkjørsler, parkeringsområder med tett overflate, og faktisk også takflater, har dramatisk redusert muligheten for naturlig og bærekraftig drenering. I landlige områder finner kun 5 % av overflatevannet veien direkte til elver, mens i tettbygde byområder blir 95 % av regnet til overflatevann, noe som ytterligere belaster allerede overbelastede dreneringssystemer (Figur 2).



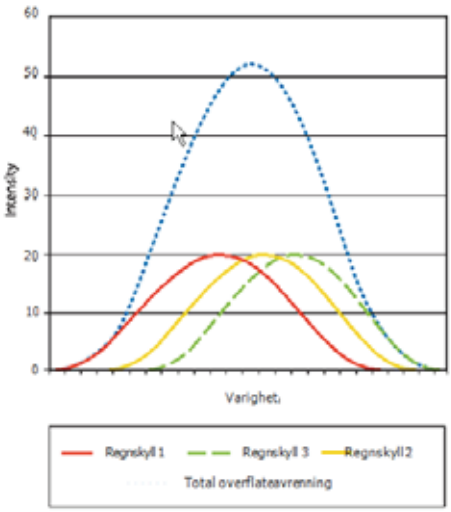
Figur 2. Hvordan urbanisering påvirker naturlig avrenning

Denne urbaniseringen, sammen med det faktum at siden 1960-årene har det vært en 50 % øking i antall kraftige regnværsperioder som varer i tre sammenhengende dager (dvs 3 sammenhengende dager med nedbørsaktivitet), som medfører en fortsatt økning i volumet av overflatevann som må håndteres. I tillegg til at vannvolumet har økt, renner det også av mye raskere, noe som forårsaker plutselig økning av vannstanden i vassdragene.

For å illustrere dette fremstiller Figur 3 mønsteret av et idealisert regnskyll. Her begynner regnet i tidligste stadiene som yr som tiltar i intensitet mot midtpunktet av kurven, som representerer regnskyllets mest intense del. I dette tilfellet er styrken og varigheten ikke relevant for formen, og er kun angitt for illustrasjonsformål. Den kumulative virkningen av tre etterfølgende og delvis overlappende regnskyll med samme varighet og maksimal intensitet er vist i Figur 4. Det mye større avrenningsvolumet, som må håndteres, er angitt av den blå summasjonskurven.



Figur 3 Typisk regnskyllmønster



Figur 4 Kumulativ virkning av overlappende regnskyll

Overflateavrenning fra tette dekker oppstår på følgende måte: først vætes overflaten av regn, og etter hvert som regnet øker, begynner vann å danne pytter i fordypninger på overflaten, til disse fylles opp. Deretter renner overflatevannet mot dreneringspunkter eller ut i vassdrag. Det rennende vannet beskrives som overflateavrenning, mens vannet som dannes i pytter vil bli absorbert eller fordampe. Den tiden det tar for vannet å renne fra det punktet som ligger lengst borte og til stedet hvor vannet føres inn i dreneringssystemet, kalles konsentrasjonstiden. Når det gjelder tradisjonelle tette overflater, er avstanden fra punktet lengst borte til et grøfteinnløp kanskje mellom 20 og 30 m. I motsetning til dette er konsentrasjonstiden for permeable dekker av betongstein kun den tiden det tar fra regndråpen treffer steinen til det renner ned i fugene.

Ettersom denne tiden er kort, er stående vann på dekket og danning av pytter på overflaten mer eller mindre eliminert. Dette er mest tydelig når man sammenligner permeable dekker og tette overflater i liknende situasjoner. Det finnes sjelden vanndammer på en permeabel overflate sammenlignet med flere vanndammer på tette overflater (Figur 5).

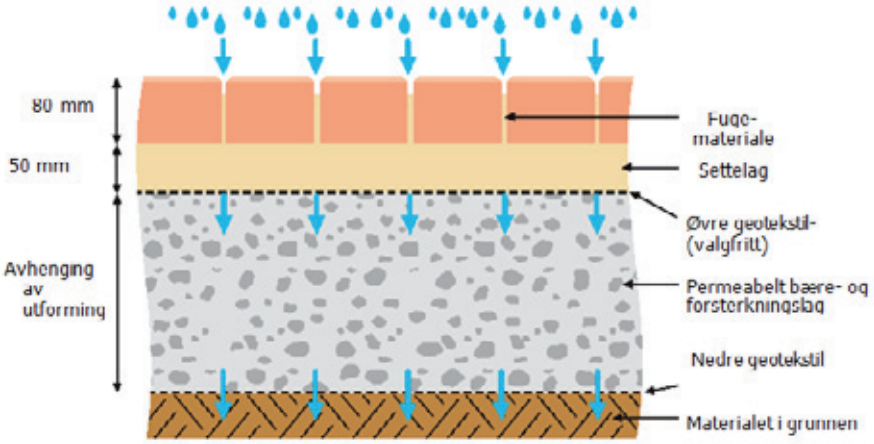
Figur 5: Sammenligning av et tett dekke (til høyre) og et permeabelt dekke (til venstre) under samme regnforhold.

4.2 Ulike typer av permeable dekker

Det finnes tre hovedtyper av systemer som egner seg til permeable dekker. Disse er beskrevet her som System A, B og C som angitt i "SUDS-manualen" (CIRIA 2007). Følgende tegninger er kun veiledende og komplette byggetegninger finnes annetsteds i veiledningen.

4.2.1 System A – Total infiltrasjon

Dette systemet (Figur 9) lar alt vannet som faller på dekket filtrere gjennom fugene eller åpningene mellom betongsteinene, passere gjennom underlaget og til slutt ned i materialet i grunnen. Noe midlertidig vannretensjon i forsterkningslaget vil forekomme, som vil medføre en midlertidig lagring før det etter hvert passerer gjennom.

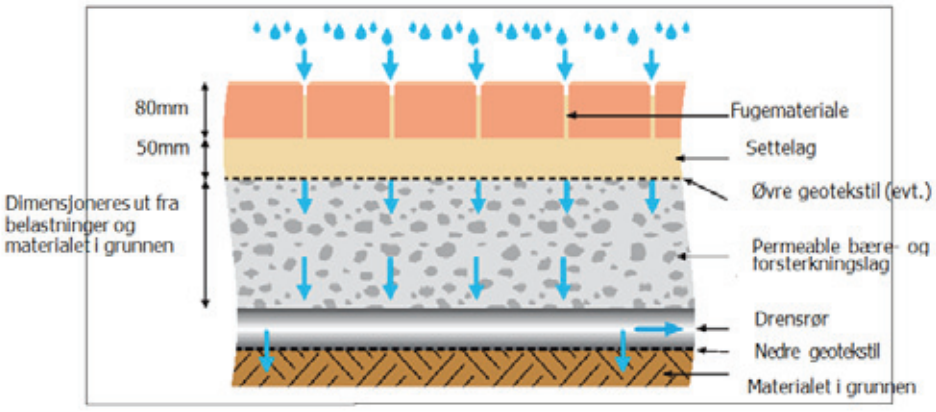


Figur 9: System A – total infiltrasjon

System A kalles også "Null utslipp" ettersom det ikke slippes ut noe vann fra den nye utbyggingen til det tradisjonelle dreneringssystemet, og følgelig elimineres behovet for rør og grøfter, og kostnadene reduseres. I enkelte situasjoner kan det bli behov for overløp som tilleggsdrenering dersom dimensjonert kapasitet overskrides eller som en sekundær drenering i tilfelle systemet skulle bli mindre effektivt på grunn av finstoff i materialet.

4.2.2 System B – delvis infiltrasjon

I likhet med System A, kan System B brukes på steder hvor det eksisterende materialet i grunnen ikke er i stand til å absorbere alt vannet. Følgelig kan dette systemet forebygge at den eksisterende massen taper stabilitet. I System B (Figur 10) er avløpsrør tilkoplet det permeable forsterkningslaget og lar overflødig vann dreneres til andre dreneringssystemer, som for eksempel kloakkledningsnettet, diker eller vassdrag.

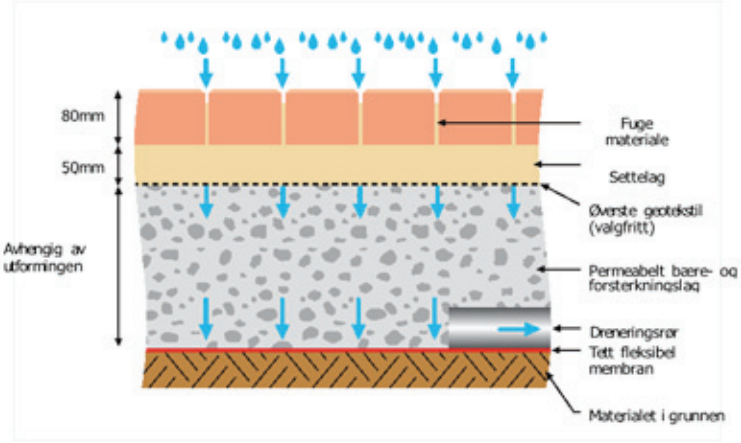


Figur 10 System B – delvis infiltrasjon

En bestemt mengde vann får infiltrere ned gjennom systemet – som i praksis ofte utgjør en stor andel av nedbøren. Det overskytende vannet samles opp og slippes deretter ut i kloakksystemer eller vassdrag, med en maksimum utslippsmengde som avtales med myndighetene (SEPA). Dette oppfyller kravet om å redusere avrenningsvolumet, og vil også mest sannsynlig eliminere behovet for eventuell langsiktig lagring (se senere kapitler i veiledningen).

4.2.3 System C – ingen infiltrasjon

Dette systemet (Figur 11) sørger for fullstendig oppsamling av vannet ved hjelp av en tett, fleksibel membran plassert på materialet i grunnen og opp langs sidene på det permeable forsterkningslaget, slik at det danner et lagringsbasseng. Dette blir gjort dersom det eksisterende materialet i grunnen har lav permeabilitet, eller er svakt og får redusert bæreevnen ved tilførsel av mer vann. Bassenget kan også brukes til å samle opp vann eller til å hindre at vann trekker inn i grunnen i sensitive områder, for eksempel områder med vannuttak. Det legges avløpsrør gjennom den tette membranen på egnede steder for å overføre vannet til kloakkanlegg, vassdrag eller vannbehandlings-systemer. Det er viktig at avløpsrør utformes slik at de begrenser vannmengden ut fra overbygningen, og at vannet derved lagres midlertidig innenfor dekkekonstruksjonen og slippes ut gradvis.



Figur 11 System C – ingen infiltrasjon

System C er spesielt velegnet for forurensede anlegg, ettersom det hindrer forurensende stoffer fra å trekke videre ned i grunnvannet. Det kan også fungere som en underjordisk retensjons-/ oppbevaringssone, og i enkelte tilfeller kan det lagrede eller oppfangede vannet samles opp, renses, lagres eller gjenbrukes til andre formål, som for eksempel til spyling av toaletter (dvs. "gjenbruk av regnvann") eller til irrigasjon (se Oppsamling av regnvann). Omfattende forskning, som er sammenfattet i CIRIA C 609, har vist at permeable dekker kan redusere forurensning betydelig, selv om det tidvis kan være behov for å behandle vannet før det brukes. Som regel kreves ikke dette når vannet brukes til toalettspyling eller irrigasjon

Ragnar Evensen

8 - Veileder i dimensjonering og bruk av permeable dekker av belegningsstein forts.

Dimensjonering for norske forhold

ViaNova Plan og Trafikk AS

Foreleser: Kjell Myhr, Aaltvedt Betong AS

Ragnar Evensen

8 - Veileder i dimensjonering og bruk av permeable dekker av belegningsstein forts.

Dimensjonering for norske forhold

ViaNova Plan og Trafikk AS

Foreleser: Kjell Myhr, Aaltvedt Betong AS

Innledning

Dette notatet bygger på en vurdering av dimensjoneringsreglene i artikkelen av Anne Beeldens et al og veiledningen fra Interpave i forhold til dimensjoneringsreglene i Statens vegvesens Håndbok 018 og praksis i Norge.

Håndbok 018 er en del av de norske veinormaler og skal følges ved alle arbeider på riksveger i Norge. Også avvik fra formuleringer som av folk flest oppfattes som en anbefaling, er underlagt en spesiell godkjenningsprosedyre i Vegdirektoratet. Håndbok 018 brukes som normativ referanse av de fleste kommuner i Norge. Både Statens vegvesens Prosesskode og NS 3420 har i utstrakt grad henvisninger til kravene i Håndbok 018.

Typiske permeabilitetskoeffisienter for materialer

Tabellen nedenfor er hentet fra Kap 5 i Interpaves veiledning

Materiale	**permeabilitetskoeffisient, m/sek**
Velgradert sandig grus	10^{-5} til 10^{-3}
Velgradert sand	$5*10^{-6}$ til 10^{-4}
Dårlig gradert sand	$5*10^{-7}$ til $5*10^{-6}$
Sandig leire	10^{-9} til 10^{-6}
Siltig leire	10^{-9} til 10^{-8}
Feit leire	10^{-10} til 10^{-8}

Ut fra permeabilitetsverdiene betyr "Dårlig gradert sand" sannsynligvis "Sand med en del finstoff", eller "Siltig sand". Ensgradert sand, som er en alternativ forståelse av begrepet, forventes å ha en høyere permeabilitetskoeffisient enn velgradert sand.

Statens vegvesen Håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging, angir følgende verdier for ensgraderte materialer.

Materiale	**permeabilitetskoeffisient, m/sek**
Grus	10^{-5} til 10^{-3}
Sand	10^{-6} til 10^{-4}
Silt	10^{-11} til 10^{-6}
Leire	10^{-13} til 10^{-10}

Interpaves veiledning angir at permeabiliteten bør være minst 10^{-6} m/sek for at System A Total infiltrasjon kan benyttes.

Det er grunn til å anta at grunnforholdene i Norge er slik at System A kan benyttes for arealer på ensgradert sand, steinfylling, dypsprengt fjell o.l. mens system C er aktuell på leire og de fleste morener med en del finstoff. Permeable dekker etter System B må antas, ut fra Tabell 1 i Interpaves veiledning, å være begrenset til noe få områder i Norge.

Nedbørsmengder

Beeldens

Beregningsforutsetningene er basert på 10 minutters regnskur med 30 års returperiode. Belgia: 270 liter per ha per sek. Det kreves en opprinnelig permeabilitet på $5{,}4*10^{-5}$ m/s for materialene i fundamentet.

Interpave

Beregningsforutsetningene er basert på 60 minutters regn 5 års returperiode, samt forholdet mellom 60 minutter og 2 døgns nedbør 5 års returperiode. For hver av parametrene er det tre intervaller, samt angitt ut fra sannsynlighetskriteriene 30 års returperiode, 100 års returperiode og 100 års returperiode + 20 % for å ivareta forventede klimaendringer.

Norge

Grunnlaget for dimensjonering av overvannsystemer består av statistisk bearbeiding av nedbørsdata i Meteorologisk institutts database ved hjelp av webapplikasjonen eklima. To eksempler på resultater fra denne er vist nedenfor.

Stavanger	Regnets varighet								
Retur-periode, år	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	60 min.
5	328,3	278,7	239,6	195,7	137,8	107,3	93,1	72,3	46,3
10	374,9	314,5	267,7	218,5	153,4	119,1	105,0	80,9	52,3
25	433,8	359,7	303,3	247,3	173,1	134,1	120,0	91,7	59,8
50	477,4	393,3	329,7	268,7	187,7	145,3	131,1	99,7	65,4
100	520,8	426,6	355,9	289,9	202,2	156,3	142,2	107,7	70,9
200	564,1	459,8	382,1	311,0	216,7	167,3	153,3	115,6	76,5

Oslo

Retur-periode,år	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	60 min.
5	308,4	284,1	262,7	217,9	152,1	119,3	102,5	79,4	54,1
10	343,9	318,3	297,3	247,1	172,2	136,0	118,6	90,8	61,7
25	388,7	361,4	341,0	284,1	197,7	157,3	139,0	105,2	71,4
50	422,0	393,4	373,5	311,6	216,7	173,0	154,1	115,9	78,6
100	455,0	425,2	405,7	338,8	235,4	188,6	169,1	126,5	85,7
200	487,9	456,9	437,8	366,0	254,2	204,2	184,1	137,1	92,8

Man kan i denne sammenheng se at de karakteristiske dataene fra Belgia er høye i forhold til nedbørsdataene for Stavanger og Oslo.

Tykkelse på bærelag/forsterkningslag ut fra nedbør

Beeldens
Fremgår ikke direkte, men Figur 2 i Beeldens artikkel angir et sett av standard overbygninger.

Interpave
Tabell 1 i veiledningen angir krav til forsterkningslagets tykkelse ut fra valgene med hensyn på trafikkbelastningene og materialet i grunnen. Kravene varierer fra 9 cm til 31 cm.

Dimensjoneringsprinsipper

Beeldens
Figur 2 i Beeldens artikkel angir standardoverbygninger ut fra:

- Trafikkbelastningene, tre kategorier
- Grunnens permeabilitet, tre kategorier.
- Granulære materialer eller permeabel Cg i bærelaget (sementstabilisert pukk).

Grunnens bæreevne synes bare å innvirke gjennom dens permeabilitet.

I tillegg dimensjoneres det mot frost. I Belgia er dette, naturlig nok, ikke et vanskelig krav å oppfylle.

Interpave
Dimensjoneringen fokuserer både på det permeable fundamentets vannlagringskapasitet, infiltrasjonen i grunnen og evt. utløpssystemenes dreneringskapasitet, samt på overbygningens bæreevne ut fra CBR-verdiene til materialet i grunnen.

Det synes å være en viktig forskjell mellom dimensjoneringsreglene fra Beedens og fra Interpave på tette materialer i grunnen. Interpave angir tett membran for System C, mens Beedens angir

Norge
I Norge foregår dimensjoneringen normalt på grunnlag i en inndeling av materialet i grunnen i bæreevnegrupper. CBR er ikke i bruk, men det ble for en tid tilbake gjort et forsøk på å knytte CBR-verdier til de forskjellige bæreevnegruppene.

Dette er vist nedenfor. Med "denne analysen" menes grunnlaget for utvikling av dimensjoneringsregler for Dimensjoneringsnivå 2 i 2005-utgaven av Håndbok 018.

Bæreevnegruppe	CBR-verdier		
	DimTo opprinnelig	DimTo revidert	Grunnlag i denne analysen
2		15	30
3	7	9	15
4	3	6	10
5	2	4	6
6	1	2	3

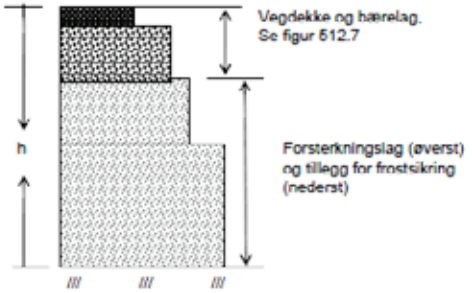
Dimensjonering for frost

I Norge dimensjoneres og bygges veger normalt ikke telefrie. Det dimensjoneres for kritisk bæreevne i teleløsningsperioden. I den seinere tid er imidlertid kravene om å vurdere behovet for telefri veg skjerpet (Dette ble gjort før "skandaleoppslagene" i media sommeren 2011 basert på problemer med ujevnt telehiv på viktige veger bygget i de seinere år).

Tabellen nedenfor er hentet fra Vedlegg 1 Frostsikring av veger i Håndbok 018.

V1.3 Frostsikring med sand, grus og stein

Frostmengde F (h°C)	Tykkelse h (cm)	Frostmengde F (h°C)	Tykkelse h (cm)
2 000	70	22 000	200
4 000	85	24 000	210
6 000	100	26 000	220
8 000	110	28 000	230
10 000	125	30 000	240
12 000	140	32 000	250
14 000	155	34 000	255
16 000	165	36 000	265
18 000	180	38 000	270
20 000	190	40 000	275



Figur V1.1 Frostteknisk dimensjonering (total tykkelse, h) av overbygning med frostsikringslag av sand, grus eller steinmaterialer

Noen eksempler basert på F10:

	F10	Tykkelse
Oslo, bykjernen	17 000	170 cm
Lillehammer	36 000	265 cm
Tønsberg	14 000	155 cm
Stavanger	3 000	80 cm
Trondheim	14 000	155 cm

Med Tykkelse menes her total overbygningstykkelse på telefarlig underlag. Det er i tillegg gitt et sett av maksimalverdier fra 120 cm til 180 cm avhengig av trafikkmengde og grunnforhold. Tykkelsene forutsetter tette materialer i overbygningen. Ved åpne materialer skal tykkelsene økes med en faktor. (opp til 1,4 for helt åpne materialer).

En dimensjonering basert på Beeldens vil medføre at vann trenger gjennom overbygningen og ned i de vannømfindtlige lagene i overbygningen. Noen vil antagelig se på dette som en ekstra usikkerhet i vurderingene. Det er ikke sikkert det betyr noe for dimensjonering av

overbygningen. I dimensjonering av veg på telefarlig grunn har man forutsatt et betydelig overskudd av vann i materialene når islinsene smelter om våren. Således kan en åpen, drenerende overbygning være gunstig og forkorte tiden som vegen har en kritisk lav bæreevne om våren.

Ved dimensjonering basert på Interpaves løsninger, vil det antagelig være enklere å overbevise mottakerne om at vannproblemene er ivaretatt på en god måte. Telefarlige materialer vil normalt bety at materialene er så tette at System C må benyttes. En tett membran sikrer mot vannoverskudd pga. tilførsel ovenfra.

En tett membran på traubunn vil være ugunstig for dreneringen av vann i teleløsningsperioden. Av den grunn bør man sannsynligvis kreve at etableres et 10 cm tykt drenslag under membranen dersom overbygningen ikke er dimensjonert med frostsikring, slik at vann slipper ut når islinsene tiner ovenfra om våren.

Beregningseksempler

Eksempel 1

Det forutsettes at det skal etableres et parkeringsanlegg for personbiler i Oslo-området. Arealets størrelse er ca. 5.000 m^2 og er horisontalt. Materialet i grunnen består dels av steinfylling og dels av dypsprengt fjell.

Dimensjonerende trafikkmengde forutsettes å være mindre enn 20 tunge kjøretøy per dag og mindre enn 500 lette kjøretøy per dag.

Dimensjonerende nedbørsmengde baseres på 10 minutters regnvær og 100 års returperiode. Dette gir en nedbørsintensitet på 235,4 liter per ha og sek.

Dimensjonerende vannmengde blir etter dette:

Q= 235,4*(5.000/10.000)*10*60/1000= 70,6 m^3 vann

Dimensjonering etter Anne Beeldens artikkel, figur 2, gir følgende overbygning:

Permeabelt dekke av belegningsstein, tykkelse 80 mm
Settelag av finpukk 2/8, tykkelse 30 mm
Bærelag av pukk 4/32, tykkelse 250 mm
Fiberduk klasse 4

Settelaget antas å ha et hulrom på 20 % og bærelaget et hulrom på 17 %. Dette gir en vannlagringskapasitet i størrelsesorden:

5.000*(0,03*0,20+0,250*0,17)=242,5 m^3 vann

Ut fra dette vil et 10 minutters regnvær innebære at ca. 30 % av hulrommet i overbygningen er vannfylte. Tilsvarende vil 20 minutters og 1 times regnvær (100 års returperiode for Oslo) gi hhv. 42% og 64% vannmetning av overbygningen. I praksis vil vannmetningen bli langt lavere fordi beregningene over ikke har tatt hensyn til de vannmengder som under regnværet strømmer ned i steinfyllingen.

Anne Beeldens dimensjonering mot frost må antas å være oppfylt forutsatt steinfylling av tilfredsstillende tykkelse, resp. tilfredsstillende dypsprengning.

Dimensjonering basert på kravene i **Håndbok 018** gir følgende overbygningstykkelser

Permeabelt dekke av belegningsstein, tykkelse 80 mm (Figur 514.1: angir 60 mm stein)
Settelag av finpukk 2/8, tykkelse 30 mm
Bærelag av pukk 4/32, tykkelse 100 mm
Forsterkningslag av kult 20/120, tykkelse 200 mm
Fiberduk

Dimensjonering basert på **Interpaves veiledning** gir følgende:

Regnvær med 60 minutters varighet gir 54,1 liter per ha og sek vannmengde. Dette tilsvarer 19,5 mm nedbør, som tilsvarer kategorien 20 mm. Dataene fra eklima gir ikke informasjon om statistisk for deling over perioder med varighet mer enn 1 døgn, men ut fra de tilgjengelige data synes faktoren r = 0,2 å være anvendbar for nedbøren i Oslo.

Dersom overbygningen skal dimensjoneres for en returperiode på 100 år, blir nødvendig tykkelse av permeabelt bærelag på 250 mm ut fra veiledningens Tabell 5.

Eksempel 2

Et parkeringsareal ved et kjøpesenter i Tønsberg-området skal dimensjoneres med et drenerende dekke av belegningsstein i parkeringsområdene og et tett dekke av belegningsstein i kjøreområdene.

Parkeringsområdene er totalt på 7.000 m^2 og kjørearealene på 4.000 m^2. Det totale arealet er med dette 11.000 m^2.

Grunnen består av fast leire, udrenert skjærfasthet 60 kPa. Det opprinnelige terreng var noe skrånende og med en viss lagdeling i leiren. Risikoen for ujevnt telehiv er til stede. Arealet bør dimensjoneres mot telehiv. Infiltrasjon i grunnen er ikke aktuell, system C må benyttes.

Plassen skal brukes til parkering av lette biler, men det er ingen sperre som hindrer tyngre kjøretøy å komme inn på området. Arealet dimensjoneres for belastningsklasse 4 i veiledningen fra Interpave.

Statistisk nedbørsmengde for 10 minutters nedbør med 50 års returperiode er for Meteorologisk institutts stasjon 27470 Torp, på 308,3 l/sek*ha. Nedbøren over 60 minutter med returperiode 5 år er for samme stasjon 56,5 l/sek*ha. Dette tilsvarer en nedbørsmengde på 20,3 mm. Som for Oslo, kan man med rimelig grad av nøyaktighet anslå at forholdet mellom 60 minutters nedbør og 2 døgns nedbør gir en faktor r = 0,2 for nedbøren i Vestfold.

Forholdet mellom tett og permeabelt dekke er 4000/7000 = 0,57 som er mindre enn 2:1. Tabell 6 i veiledningen fra Interpave kan derfor benyttes.

Ut fra et krav om å dimensjonere den permeable overbygningen for 100 års returperiode, får man av Figur 6 at den permeable overbygningen må ha en tykkelse på minimum 40 cm.

Dimensjoneringsklasse 4 gir følgende overbygning (figur 24):

Permeabelt dekke av belegningsstein	8 cm
Settelag av finpukk 2/8	5 cm
Bærelag av sementstabilistert pukk	15 cm
Øvre forsterkningslag av pukk 8/63	15 cm
Nedre forsterkningslag av sams pukk 0/63	15 cm

For å kunne oppfylle kravet om minst 40 cm med permeabelt fundament, bør tykkelsen på øvre forsterkningslag økes med 5 cm. Tykkelsen på nedre forsterkningslag kan da teoretisk reduseres med de samme 5 cm.

Leire med udrenert skjærfasthet 60 kPa antas å ha en CBR-verdi på 2%, tykkelsen på nedre forsterkningslag må derfor økes med 35 cm, jfr. tabell 8 i veiledningen fra Interpave.

Dette gir følgende overbygning:

Permeabelt dekke av belegningsstein	8 cm
Settelag av finpukk 2/8	5 cm
Bærelag av sementstabilistert pukk	15 cm
Øvre forsterkningslag av pukk 8/63	20 cm
Nedre forsterkningslag av sams pukk 0/63	35 cm
Membran	
Dreneringslag av finpukk 4/16	10 cm

Total ovebygningstykkelse er etter dette 93 cm. Siden både settelag, sementstabilisert pukk, øvre forsterkningslag av pukk 8/63 og dreneringslag av finpukk er åpne materialer, bør en frostnedtreng-ningsfaktor på 1,2 benyttes for disse materialer. Frostmessig ekvivalent overbygnings-tykkelse er etter dette 85 cm. Dersom overbygningen skal dimensjoneres for F10, vil den totale ovebygningstykkelse være 155 cm, dvs. et frostsikringslag på 70 cm på tas med i tillegg til overbygningen over, ut fra reglene i Håndbok 018. Drensrør legges inn i skillet mellom øvre og nedre bærelag.

Denne dimensjoneringen er også i henhold til Beeldens anbefalinger med hensyn til å dimensjonere mot frost. Figur 2 i Beeldens angir at tykkelsen på de permeable lagene i overbygningen bør minst være 25 + 3 = 28 cm. (Ikke permeable materialer i grunnen, mindre enn 20 tunge kjøretøy per dag). Total overbygningstykkelse er minimum 56 cm før man tar hensyn til kravet om frostsikker overbygning.

Jon H. Tingstveit[1], Knut O. Kjellsen[2] og Mette R. Geiker[3]

9 - Permeabel betong

1) Skanska Norge AS 2) Norcem AS 3) NTNU

Sammendrag

Permeabel betong er en type betong med høy gjennomtrengelighet for vann. Vann som tilføres på overflaten av en permeabel betong vil renne rett gjennom, uten å samles på overflaten. Denne egenskapen er en grunn til at permeabel betong har blitt populært som dekkemateriale i drenerende dekkekonstruksjoner i bla. USA. Drenerende dekkekonstruksjoner slipper overflatevann ned i grunnen i stedet for til avløpssystemer, og belastning på kommunale avløpssystemer blir dermed redusert, særlig i forbindelse med kraftig regnvær. Permeabel betong brukes på parkeringsplasser, lite trafikkerte sideveier, gangveier, fortau, plasser, erosjonssikring i skråninger ect. Det er nylig gjennomført en MSc oppgave ved NTNU bla. for å kartlegge materialtekniske egenskaper til permeabel betong med norske betongmaterialer. Denne artikkelen gir en oversikt over bruken og erfaringene med bruk av permeabel betong, særlig i fra USA, samt noen resultater fra de materialtekniske undersøkelsene.

Permeabel betong har ennå ikke vært brukt i Norge. Vi mener konseptet er såpass interessant at det bør testes ut i fullskala, ved at det støpes ut prøvefelter som følges opp over tid med tanke på funksjonalitet og holdbarhet.

Hvorfor har Permeabel Betong blitt så populært i USA?

Det er flere grunner til at Permeabel betong har blitt populært i USA. Den fordelen som er lettest å se er at det ikke danner seg stående vann på overflaten til dekket, vann forsvinner raskt gjennom dekket. Dette gir igjen en jevn drenering av regnvannet utover hele dekkearealet. Regnvannet ledes ikke vekk og samles opp som tradisjonelt vhja kummer og rør. Behovet for kostbare systemer for å samle opp og lede vekk regnvann forsvinner. Bruk av permeable betongdekker vil kunne avlaste eksisterende kommunale avløpssystemer.

I tillegg til å avlaste avløpssystemet vil også den permeable betongen ta opp forurensende stoffer. Det er vist at tungmetaller, hydrokarboner og spillolje blir tatt opp i strukturen til den permeable betongen og fører til et renere grunnvann. Dette var motivasjonen for et av de større prosjektene i USA. I Shorview rett utenfor Minneapolis er det brukt permeabel betong i et helt nabolag (1), for å forbedre en stadig dårligere vannkvalitet i en innsjø i nærheten (Figur 1).

Det er også flere andre fordeler ved bruk av permeabel betong. Snø vil smelte raskere og det vil ikke dannes is på overflaten da regn eller smeltet snø hele tiden vil drenere igjennom dekket. Dette kan være en vesentlig fordel i Norge ved at en i stor grad vil slippe glatte gangarealer der det brukes permeabel betong. Det er også mulig å plante trær helt inntil en dekkekonstruksjon siden trærne kan oppta vann gjennom det permeable dekket.

Figur 1: Vei med permeabel betong i Shoreview, Minneapolis

U.S. Green Building Council har laget et poengsystem for å evaluere den miljømessige ytelsen til et byggverk (LEED). Bruk av permeabel betong gir ikke LEED poeng i seg selv, men virkningen av permeabel betong kan gi poeng. Permeabel betong kan gis poeng med bakgrunn av regnvannskontroll. Dette går både på økt naturlig infiltrasjon, og dermed avlastning av avløpssystemer samt den rensende effekten permeabel betong har på gjennomtrengende vann som er forurenset. Siden permeabel betong kan plantes helt inntil trær, kan dette gi poeng ved at mindre springvann brukes til vanning. Som i vanlig betong kan det brukes resirkulerte materialer (for eksempel flygeaske, slagg eller silikastøv). Dette kan også gi poeng. Permeabel betong vil typisk inneholde en stor andel lokale delmaterialer, dette kan også gi LEED poeng (2).

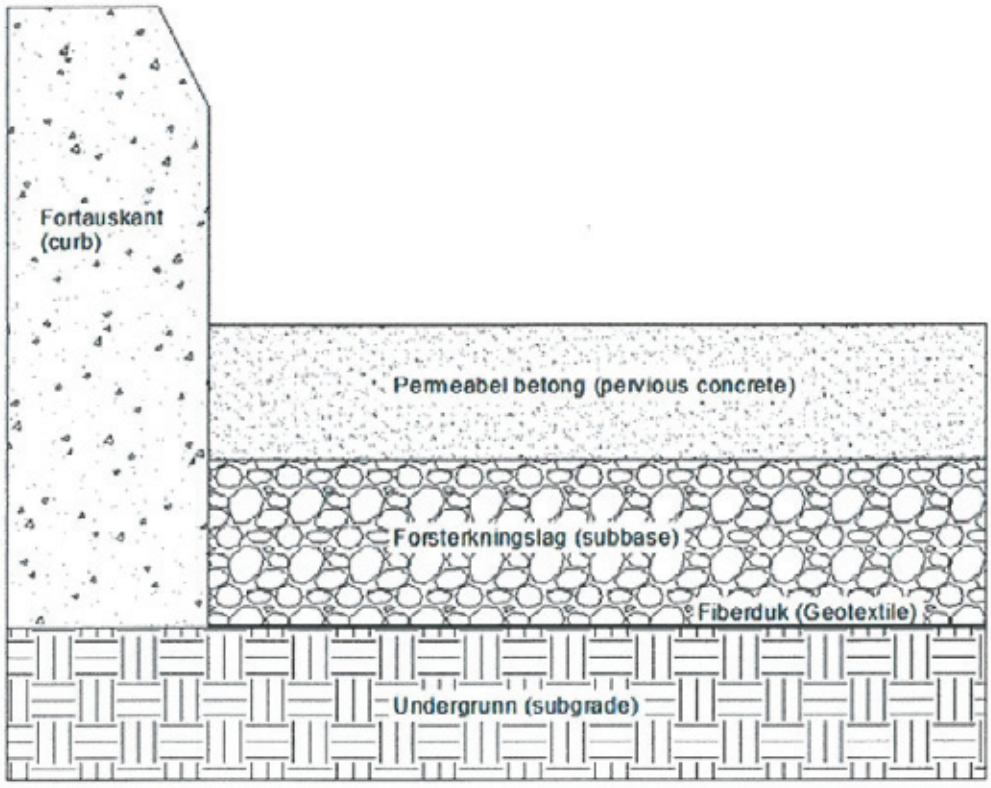
Permeabel betong har i USA, Japan og noen steder i Europa vært brukt gjennom flere år, da fortrinnsvis i varmere klima. Det er først i de senere år at permeabel betong har blitt brukt i frostutsatte klima. De spesielle utfordringene dette medfører diskuteres senere i artikkelen.

Oppbygging og produksjon av permeabelt dekke med permeabel betong

Permeabel betong har flere bruksområder, men er i hovedsak blitt brukt som en dekkekonstruksjon. Vanngjennomtregningen oppnås ved bruk av et grovt og ensgradert tilslag i betongen. Permeabel betong må videre sees på som en del av et permeabelt dekkesystem, se Figur 2.

Oppbygningen av et permeabelt dekke med permeabel betong starter med undergrunnen. Undergrunnen er det sjiktet som det permeable dekkesystemet legges på. Undergrunnen kan enten bestå av stedlige masser, eller masser som er tiltransportert. Permeabiliteten til undergrunnen er avgjørende for prosjekteringen av det permeable dekkesystemet. Neste lag er

forsterkningslaget som skal ha høy permeabilitet, og skal også brukes til lagring av regnvann dersom vannet ikke dreneres raskt nok igjennom undergrunnen. På undergrunnen legges en fiberduk og deretter anlegges forsterkningslaget som består av grovkornet grus/pukk. Den nødvendige tykkelsen av forsterkningslaget kan regnes ut i fra mengde regnvann og permeabiliteten til undergrunnen. Typiske tykkelser på forsterkningslaget kan være 200 – 400 mm. Retningslinjer for prosjektering av dekker med permeabel betong kan finnes i referansene 3 og 4.



Figur 2: Oppbygging av et permeabelt dekkesystem med permeabel betong som dekkemateriale

Når forsterkningslaget er lagt ut monteres sideformen som den permeable betongen skal støpes mot. Som form brukes ofte treformer tilsvarende som for vanlig betong. Før betongen legges ut fuktes forsterkningslaget, slik at nedre del av den permeable betongen ikke tørker ut. Som for vanlig betong er konsistensen på den permeable betongen viktig og bør kontrolleres før utlegging. Det finnes ingen standard metoder for dette, men med litt erfaring kan dette kontrolleres for hånd. Selve utleggingen av permeabel betong er noe mer komplisert enn for vanlig betong da permeabel betong har en såpass stiv konsistens (jordfuktig konsistens) at den ikke kan pumpes. Den enkleste måten er å helle betongen rett fra betongbilen, det kan brukes tobb, eller trillebår dersom det er vanskelig å komme til. Den videre utlegging skjer med håndriver.

Den permeable betongen fordeles ut og støpes med en overhøyde på 15-20mm over kanten på sideforskalingen. Komprimeringen av den permeable betongen er viktig, og skiller seg fra

konvensjonell betong. Det kan ikke brukes stavvibrator, og komprimeringen skjer fra overkant av dekket. Dette kan enten gjøres med en platevibrator, vibrobro, et roterende rør eller en stålrulle. Eksempler er vist i Figur 3. Det er også ønskelig med noe mindre hulrom i toppen av dekket. Dette fører til at sedimenter skylles igjennom betongen og ikke setter seg fast.

Figur 3: Ulike metoder for å komprimere den permeable betongen.

Etter komprimeringen repareres eventuelle ujevnheter, og betong etterfylles der det skulle være nødvendig. Hjørnene blir avrundet, og fuger rulles ut som vist i Figur 4. Fuger kan også sages ut, men dette anbefales ikke da det kan føre til avskalling av fugekanten dersom kuttingen gjøres for sent. Til slutt dekkes betongen til med en plastfolie. Dette bør gjøres innenfor 20 minutter etter at betongen er lagt ut. Plastfolien bør ligge på den permeable betongen i 7 dager for å sikre god herding. Dekket er deretter klart til bruk.

Figur 4: Utførelsesdetaljer

Materialteknikk

Permeabel betong består av sement, vann, grovt tilslag men lite eller ingen sand. Ved at tilslagsdelen består av hovedsakelig grove partikler (ensgradert pukk/singel) fører det til en høy hulromsprosent, før sementpastaen (sement og vann) tilsettes. Det kan i prinsipp brukes mange ulike størrelser på tilslaget, så lenge det har en stor nok hulromsprosent. De fleste tilslag kan brukes, men hver forekomst bør prøves ut, og sement- og vanninnhold må tilpasses tilslaget. Dersom grovtilslaget er for ensgradert kan noe sand tilsettes for å minske hulromsprosenten.

I Tabell 1 er gitt typisk mix design for permeabel betong. Vann/sement forholdet (v/c) bør være akkurat lavt nok til at sementpastaen legger seg som et belegg rundt tilslagskornene, og binder tilslaget sammen. Dette gir store og sammenhengende hulrom som lett drenerer vannet. En vesentlig del av MSc oppgaven (6) gikk ut på å designe permeable betonger med vanlige norske delmaterialer, og så kartlegge fasthet og permeabilitet for ulike kombinasjoner av delmaterialer. Av materialer inngikk Norcem Standard FA sement, Årdal 0-8 mm sand, Årdal 8-16 mm grovtilslag og SIKA SP og L –stoffer. En typisk resept er gitt på siste linje i Tabell 1.

Tabell 1: Typisk mix design for permeabel betong. Siste linje angir eksempel på mix design for permeabel betong testet i MSc oppgaven (6).

	v/c	Sement (kg/m^3)	Tilslag (kg/m^3)
Ref. 5	0,27 – 0,43	175 – 350	1425 – 1600
Ref. 3	0,27 – 0,34	270 – 415	1190 – 1480
Ref. 4	0,27 – 0,34	270 – 415	1190 – 1480
Ref. 6	0,31	300	164 (0-8 mm) 1474 (8-16 mm)

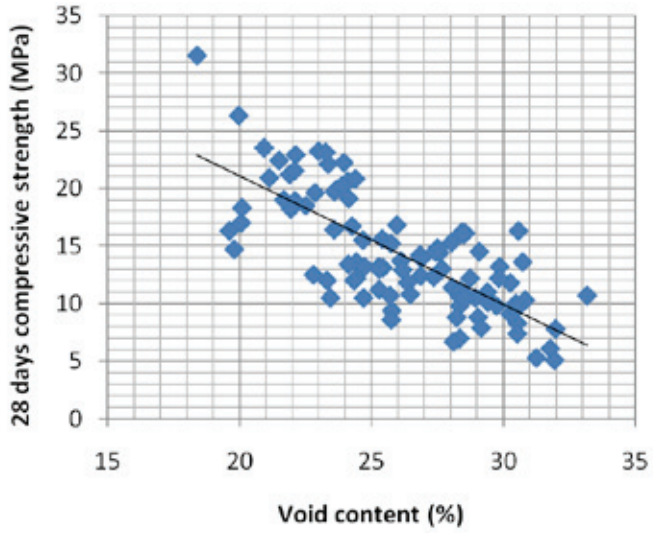
Hulromsprosenten er en viktig parameter for permeabel betong. Hulromsprosenten kan defineres på forskjellige måter, men den vanligste definisjonen er det totale luftinnholdet i betongen. Det anbefales en hulromsprosent på over 15%. Grunnen til dette er at en hulromsprosent på under 15% kan gi liten sammenkobling mellom hulrommene som igjen fører til dårlig vanngjennomtregning. Trykkfastheten er også avhengig av hulromsprosenten, og en høyere hulromsprosent gir en lavere trykkfasthet. Derfor er det beskrevet at hulromsprosenten til permeabel betong ikke bør overstige 35%. I praksis ligger hulromsprosenten ofte mellom 18-22%. I Tabell 1 er vist typiske sammenhenger mellom hulromsprosent, permeabilitet og trykkfasthet.

Tabell 1: Sammenhenger mellom hulromsprosent, permeabilitet og trykkfasthet.

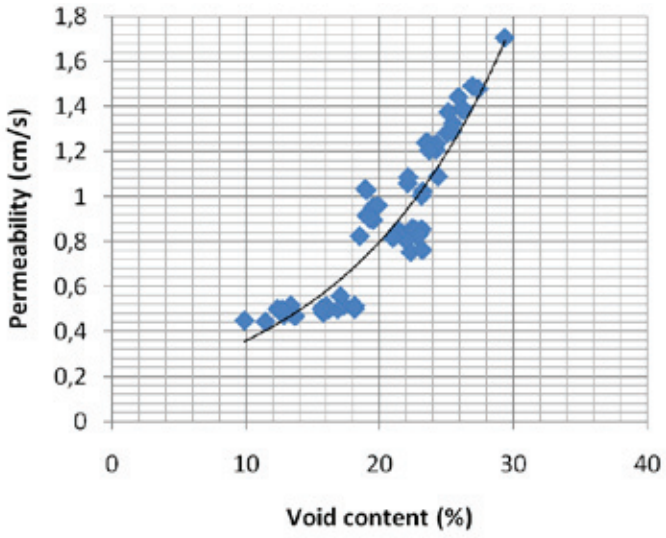
	Hulromsprosent	Permeabilitet (cm/s)	Trykkfasthet (MPa)
Ref. 5	14 – 31	0,0254 - 0,6096	5,5 – 20,7
Ref. 3	15 – 35	0,14 – 1,22	2,8 – 28
Ref. 4	15 – 25	0,2 – 0,54	3,5 – 28

For å oppnå en best mulig permeabel betong gjelder derfor å finne en hulromsprosent som gir en høy nok permeabilitet, og samtidig en høy nok trykkfasthet. Figur 5 og 6 viser sammenheng mellom hulromsprosent og henholdsvis 28 døgns trykkfasthet og permeabilitet fra MSc

oppgaven. Det sees at for en hulromsprosent omkring 20% oppnås en høy permeabilitet (ca 0,9 cm/s) og en god trykkfasthet (ca 20 MPa).



Figur 5: Sammenheng hulromsprosent og trykkfasthet (6).



Figur 6: Sammenheng hulromsprosent og permeabilitet (6).

Et annet viktig punkt som ble studert i MSc oppgaven (6) var frostbestandigheten til permeabel betong. Det ble gjort reseptmessige tiltak som kunne tenkes å forbedre frostbestandigheten, som bruk av noe sand i betongen samt luftinnførende tilsetningsstoff (L-stoff). En forutsetning for at permeabel betong er frostbestandig er at vann som renner gjennom betongen dreneres vekk gjennom forsterkningslaget og undergrunnen som forutsatt. Det ble oppnådd bedre frostbestandighet når det ble brukt L-stoff i betongen. Når det ble brukt ferskvann i fryse/tine

forsøkene indikerte forsøkene (6) at permeabel betong er frostbestandig dersom vannet dreneres vekk som forutsatt. Når det gjelder bruk av saltvann (3% NaCl løsning) er resultatene mer sprikende. Det anbefales å gjøre ytterligere reseptutvikling og dokumentasjon før permeabel betong brukes i byggeprosjekter hvor den vil bli utsatt for tinesalter. Bruk av en noe større andel sand, L-stoff og syntetiske fibre har vist seg å kunne øke frostbestandigheten (3).

Muligheter og Utfordringer med Permeabel betong i Norge

Permeabel betong er et materiale som er blitt svært populært i bla USA. Årsakene er flere som diskutert innledningsvis bla:

- Naturlig infiltrasjon av regnvann i undergrunnen, noe som fører til redusert belastning på kommunale avløpssystemer.

- Rensende effekt på vann som inneholder forurensinger fra biler.

- Forhindrer at vann samles på overflaten av dekker noe som igjen gjør at en unngår isete og glatte dekkearealer.

- Mulighet for å oppnå poeng i LEED systemet.

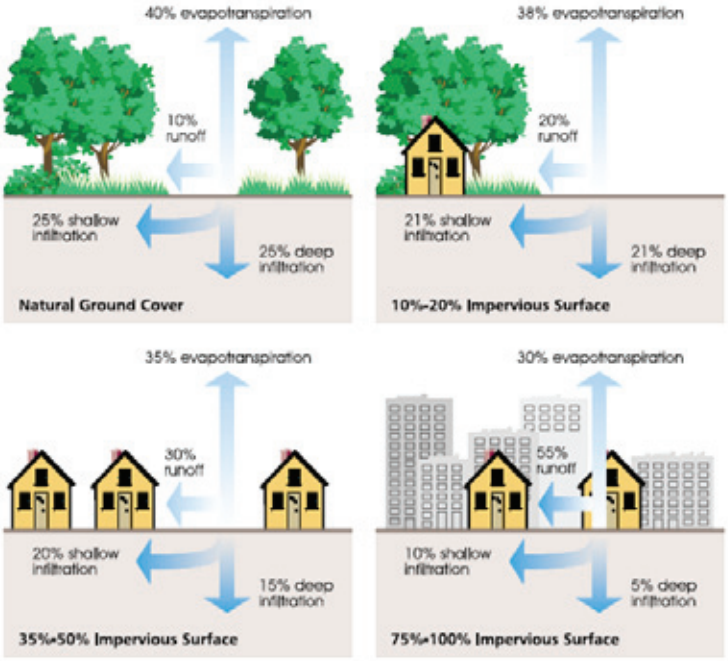
Vi tror at permeabel betong som dekkemateriale og erosjonssikring kan bidra til å løse utfordringer knyttet til de økende nedbørsmengder, de aldrende kommunale avløpssystemene og den fortetning av bebygde områder som pågår. Det er imidlertid et nytt og uprøvd materiale i Norge. MSc oppgaven viser at det går fint å produsere permeabel betong med vanlige norske betongmaterialer. Det ble oppnådd god permeabilitet og gode fastheter.

Det gjenstår imidlertid å prøve materialet i noen byggeprosjekter. Å opparbeide praktiske erfaringer når det gjelder produksjon av permeabel betong samt utlegging av permeabel betong er viktig. Anvisninger for prosjektering av permeable dekkesystemer er gitt i for eksempel (3). Betongstandarden (7) gjelder ikke for betong med åpen struktur, og det må sees nærmere på egnede betongspesifikasjoner, og prøvemetoder som gjør at spesifikasjonene kan etterprøves. Dette for å sikre at ønsket kvalitet av permeabel betong oppnås. Det er ikke minst viktig å opparbeide erfaringer og kunnskap i den senere brukerfasen. Spørsmål som må besvares gjennom praktisk bruk i noen prøveprosjekter er; holdbarhet, frostbestandighet, behov for vedlikehold ect. Vi håper derfor at interesserte byggherrer ønsker å benytte dette materialet i for eksempel noen prøvefelter.

Referanser

1. http://www.cemstone.com/shoreview-pervious-concrete-street-project.cmf
2. Ashley, E. *Using Pervious Concrete to Earn LEED Points*, Concrete in Focus, Winter, 2008, 81-84
3. *Report on Pervious Concrete*, Rapport ACI 522R-10, American Concrete Institute, Farminton Hills, Michigan, 2010. 38 sider.
4. Tennis, P.; Leming, M.L.; Akers, D.J. *Pervious Concrete Pavements*, Rapport EB302, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, 2004. 36 sider.
5. Schaefer, V.; Wang, K.; Suleiman, M; Kevern, J. *Mix Desgn Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates*, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University and Iowa Department of Transportation, Ames, Iowa, 2006. 83 sider.
6. Tingstveit, J. H. *Pervious Concrete*, MSc Thesis, Dept. of Structural Concrete, NTNU, Trondheim, 2011. 62 sider.
7. Norsk Standard NS-EN206-1:200+NA:2007 Betong Del 1: Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar, Standard Norge, Oslo, 2007

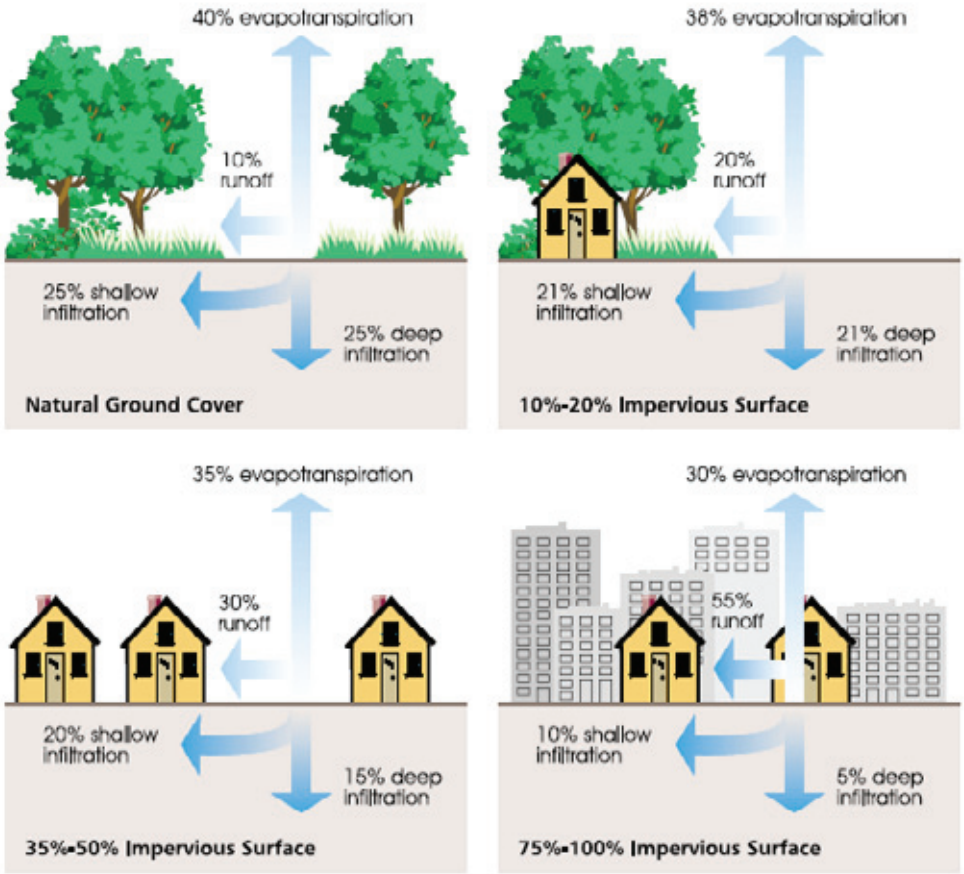
10 - Det koster å ikke gjøre noen ting også



Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA)

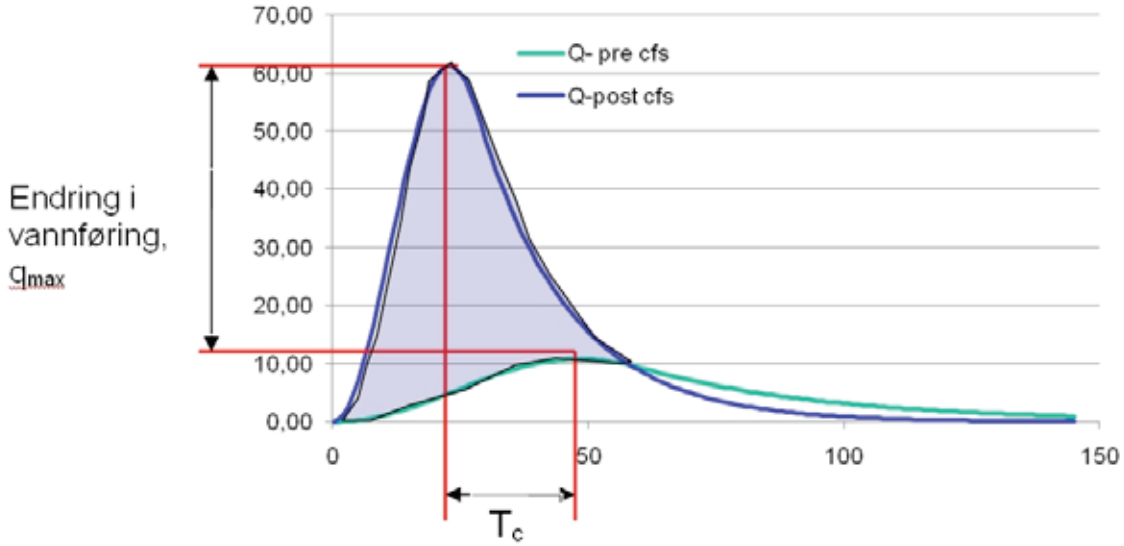
Den hydrologiske effekten av asfalt (ikke gjøre noen ting) mot permeable flater. Avrenningsvolumer for ulike løsninger,

Når vi urbaniserer verden og kler veier, hustak, parkeringsplasser og åpne områder med tette flater som asfalt og betong endrer vi den hydrologiske vannbalansen i nedbørsfeltet. Vi endrer fordelingen av avrenning, infiltrasjon og evapotranspirasjon. Hydrologistudier har vist at så lite som 10 % tette flater i et nedbørsfelt, fører til varige endringer i vannbalansen (FISRWG, 1998). Den delen av nedbøren som ikke er stoppet av vegetasjon, infiltrert, eller lagret i naturlig lavtliggende områder i terrenget blir til overflateavrenning. I naturlige urørte områder vil overflateavrenningen typisk utgjøre 10- 30 % av nedbøren, avhengig av om det er skog eller åpen mark. Når vi urbaniserer og bygger endrer dette seg til over 50 % overflateavrenning, med reduksjon i infiltrasjon, fordampning, og vann lagret i vegetasjonen (Figur 1). Utforming av landskapet vårt påvirker hyppigheten av avrenningshendelser, total volum som blir til overflateavrenning, hastigheten på avrenningen, som igjen bidrar til økt flomfare og erosjon og degradering av vannkvaliteten og økologiske tilstanden i nærliggende bekker og vassdrag.



Figur 1: Endring i avrenningsvolum som en funksjon av urbanisering (FISRWG, 1998)

Avrenningen endres når nedbørsfelt bygges ut. Vannføringen øker, det totale avrenningsvolumet øker og konsentrasjonstiden i feltet går ned (Figur 2). I denne prosessen er det tre ting som er viktig for å lage overvannsløsninger som minimalisere effekten av utbyggingen; volum, konsentrasjonstid, og endring i høyeste vannføring. Permeabelt overflatebelegg sammen med vegetasjon er de viktigste elementene vi har for å lage gode overvannshåndteringssystemer i urbane områder.



Figur 2: Endring av avrenningsvolum (skravert lyseblått felt), vannføring (q_{max}) og konsentrasjonstid (T_c) fra naturlig til utbygget nedbørsfelt. Grønn kurve viser avrenning før utbygging, mens blåkurve viser avrenning etter utbygging.

Permeabelt overflatebelegg sammen med vegetasjon er også de viktigste ikke tekniske elementene vi har for vannkvalitetskontroll og minimalisering av transport av forurensing med avrenning til urbane vassdrag og resipienter.

Avrenningsvolumer for ulikeløsninger, hydrologiskeffekt på et nedbørsfeltsplan. Sammenligningsstuder fra områder med asfalt og belegningsstein f. eks.

Det er gjort flere studier som sammenligner den effekten av ulike typer permeable betongdekker på avrenningsvolum og kvalitet. Bean m.fl. (2005) sammenlignet flere permeable betongdekker i North Carolina. En langtidsstudie sammenlignet avrenning og vannkvalitet fra asfalt og fire permeable betongdekker (Brattebo og Booth, 2003). Disse studiene viser en volumreduksjon på 50-90% avhengig av nedbørsintensitet og varighet. En maksimums vannføringsreduksjon på 44 til 81 % (q_{max}). Dette viser at for små og mellomstore nedbørshendelser er permeable betongdekker gode løsninger for å minske volum og flomtopp på avrenningen. Sammenlignet med asfalt vil dette gi en betydelig flomtoppsreduksjon og avrenningsvolumreduksjon (Figur 3).
Hvis man gjør et eksperiment med en vannbalanse modell og tre scenarioer:

1) ”Asphalt” - Bysentrum slik det typisk gjøres med tette flater på tak og veier
2) ”Permeable pavers” - Bytter ut mye av asfalt med belegningsstein og permeable betongdekker men beholder tradisjonelle tak og overvannsløsninger ellers
3) ”Blue-green” - Blå-grønt konsept der det brukes grønne tak, permeabel betong og belegningsstein i stor ustrekning og bioretention for lokal infiltrasjon.

Modellen er kjørt over 25 år basert på klimadata fra 1965-1990 i typisk kystklima med hyppige regnhendelser men lavere intensitet. Vannbalansemodellering gir et bedre bilde av oppnåelig effekt enn enkelthendelser som vil være sterk påvirket av grensebetingelsene.

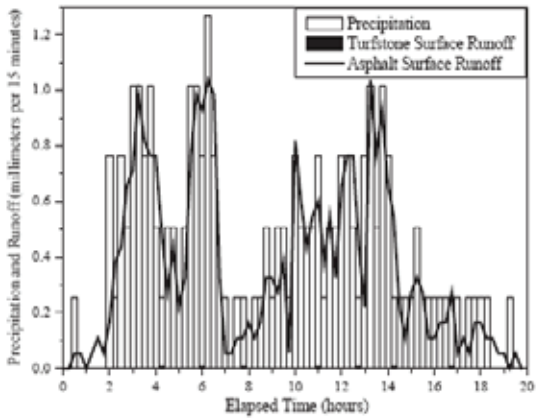
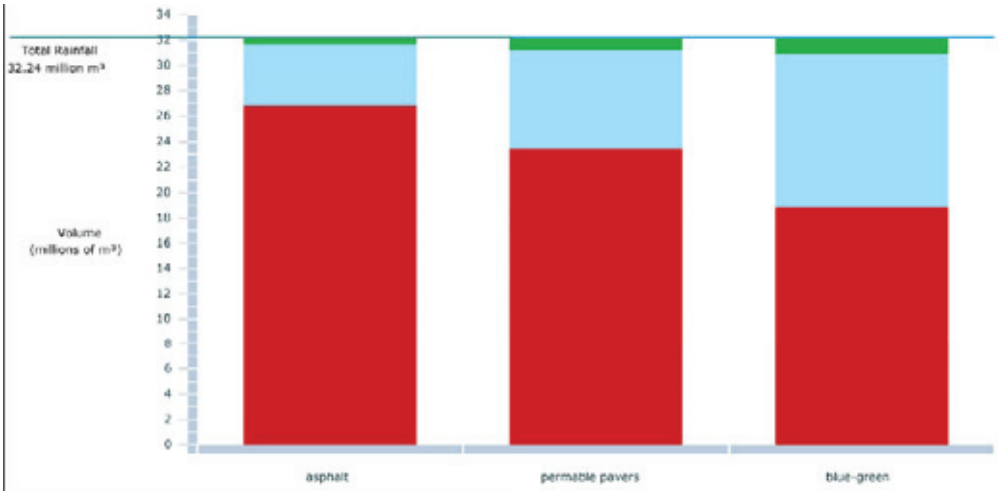


Fig. 2. A comparison of precipitation rates and surface runoff from a permeable pavement stall and the asphalt stall during a storm beginning at 16:00 on 6 January 2002. Minor surface runoff from the permeable Turfstone® stall occurring around 4, 6, 8, 11, 13, 14, and 17 h is attributed to leaks in the piping used to capture water.

Figur 3: Sammenligning av avrenning fra asfalt og permeabelt betongdekke lagt i gress fra studie til Brattebo og Booth (2003).

Total avrenning reduseres fra 83% til 72% ved bruk av belegningstein og permeable betongdekker, og videre ned til 58% ved å introdusere grønnetak og bioretention i samspill med belegningsstein (Figur 4).

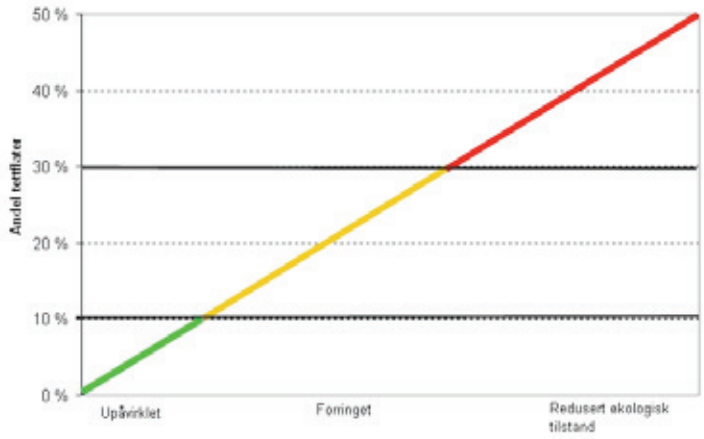


Figur 4: Vannbalansemodellering med tre ulike scenarier ved bruk av permeabel betong og blågrønne konsepter. Simulering over 25 år og fraksjoner for direkte avrenning(rød), infiltrasjon (grønn) og tap i form av evpotranspirasjon, fordampning, og abstraksjon (lyseblå).

Det vil være en høyere investeringskostnad for permeable betongdekker, men dette vil kunne dekkes inn ved besparing på overflatevannsavrenningsstruktur som rørledninger og kummer. Fra eksemeplet over vil det være gjennomsnittlig 130 000 m^3 avrenning som ikke må håndteres, transporteres hvis man implementere scenario 2, for scenario 3 vil dette være 322 000 m^3. Investeringskostnadene er vanskelige å sammenligne, men det er en besparelse i å unngå bruk av rør for transport av overvann, samtidig som det er en merkostnad i materialer ved bruk av belegningsstein og grønnetak. Det er i dag ikke separate overvannsavgiftssystem i Norge, men ved implementering av dette, slik det er gjort i mange andre land vil man også få en årlig avgiftsbesparelse for å ta hånd om overvannet lokalt.

Redusere press på avløpsnettet, redusere transport av forurensning og innvirkningen av dette på lokale urbane vassdrag.

Hvis vi reduserer avrenningsvolumet reduserer vi også transportkapasiteten av forurensing. Dette er viktig i reduksjon av transport av forurensing til urbane vassdrag. Infiltrasjon av nedbør er det enkleste, rimeligste alternativet vi har der for de aller fleste områder. Det er en klar sammenheng mellom andel tetteflater og vannkvalitet i nærliggende urbane vassdrag (Figur 5).



Figur 5: Sammenheng mellom andel tetteflater og vannkvalitet målt urbane vassdrag (USEPA, 2011)

Urbane trær er en annen veldig viktig komponent i det urbane landskapet hvor permeable betongdekker er veldig viktig for tilstrekkelig vann og oksygen tilførsel (Figur 6). Permeabelt betongdekke kan øke vanntilførselen til urbane trær ved å infiltrere avrenning fra tak og omkringliggende områder. Stockholm tree planting manual (2009) er en veldig viktig Skandinavisk ressurs på dette feltet. Det finnes også en norsk referanse her, fra oppgraderingen av Carl Berners plass i Oslo (Håndbok, Bytrær på Carl Berners plass). Sammenkoblingen mellom permeabelt betongdekke, belegningsstein og vegetasjon er viktig, og må inkluderes tidlig i prosjekteringsfasen.

Figur 6: Bilde av urbane trær plantet med infiltrasjonsbed og permeabelt betongdekke (foto: Örjan Stål) fra Stockholm tree planting manual (2009).

Sammenligning av reduksjon i transport av avrenning fra permeable betongdekker mot asfalt har vist en god reduksjon (30-60%) av kobber og sink, to av de vanligste metallene i urbant overvann (Brattebo og Booth, 2003). Infiltrasjon vil typisk gi god reduksjon for partikulær og sedimentbundet forurensning, mens det vil være mer variable resultater for løste metaller og næringsstoffer.

Referanser:

Bean, E. Z., Hunt, W. F., and Bidelspach, D. A. (2004) A Field Survey of Permeable Pavement Surface Infiltration Rates. Under review by Journal of Water Resource Planning and Management, ASCE. January, 2005.

Brattebo, B.O., Booth, D.B. (2003). Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems. Water Research 37 (2003) 4369–4376

Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG). 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, processes, and Practices. PB98-158348LUW.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2011). Green Landscaping: Greenacres (http://www.epa.gov/greenacres/landuse.html).

Cahill Associates. 1993. Stormwater Management Systems: Porous Pavement with Underground Recharge Beds. West Chester, PA

Center for Watershed Protection (CWP). 1997. Stormwater BMP Design Supplement for Cold Climates. Prepared for: US EPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds. Washington, DC.

Schueler, T. 1987. Controlling Urban Runoff: A Practical manual for Planning and Designing Urban BMPs. Metropolitan Washington Council of Governments. Washington, DC

Watershed Management Institute (WMI). 1997. Operation, Maintenance, and Management of Stormwater Management Systems. Prepared for: US EPA Office of Water. Washington, DC.

11 - BREEAM

BREEAM® NOR

- hvordan vil denne ordningen kunne påvirke vår fremtidige byggeskikk?

byggutengrenser.no

HVA ER BREEAM-NOR?

BREEAM NOR er det første helhetlige miljø klassifiseringsverktøyet for bygg i Norge.

BREEAM® NOR

BREEAM-NOR er en norsk tilpasning av BREEAM, og lanseres av Norwegian Green Building Council og BREEAMs internasjonale rettighetshavere BRE Global Ltd.

Verktøyet er tilpasset norske forhold og lov krav, og er en samlende, helhetlig og rettvis kvalitetsreferanse. Sertifikater er tilgjengelig i 5 nivåer, som alle dokumenterer kvaliteter ut over forskriftsminimum.

Beste sertifikat 'Outstanding' er en dokumentasjon av bygg i verdensklasse.

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) er utviklet av BRE, og er et klassifiseringsverktøy som tilpasses nasjonale forhold. ***BRE Global Ltd tilbyr muligheten for lokal tilpasning, samt en internasjonal versjon: BREEAM Europe Commercial. Nasjonal versjon skal tilbys av en godkjent National Scheme Operator (NSO). Norwegian Green Building Council er norsk NSO og norsk rettighetshaver i BREEAM-NOR.***

HVEM STÅR BAK?

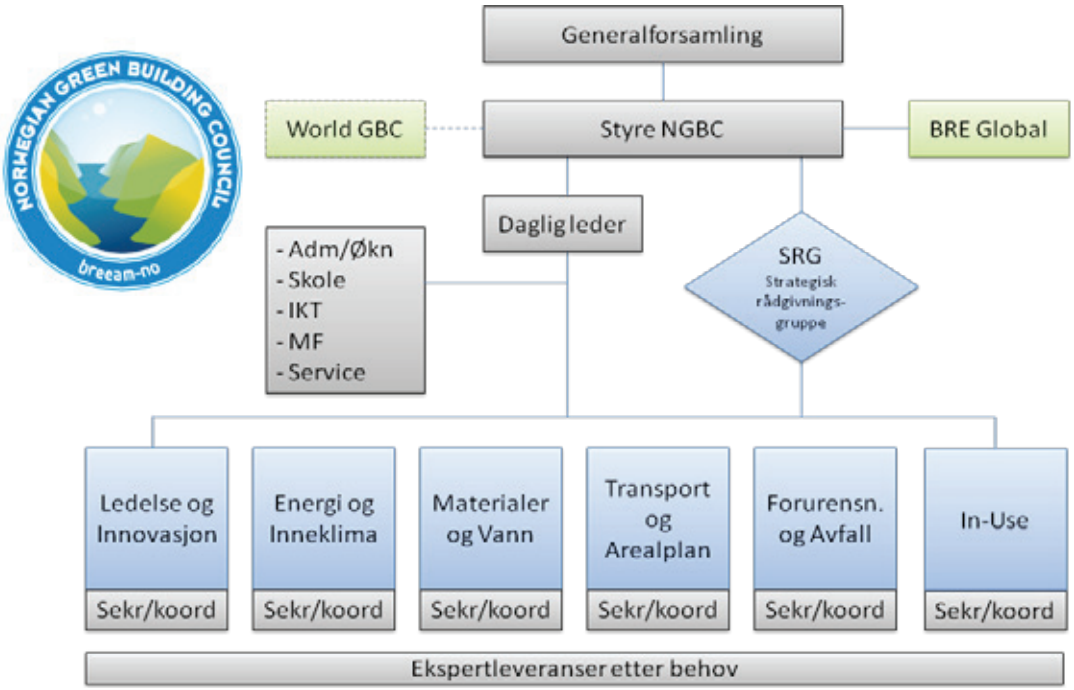
Norwegian Green Building Council (NGBC) er en medlemseid forening, etablert for å høyne miljøstandarden i norske bygg. Foreningen er første og eneste organisasjon som samler hele verdikjeden innen bygg og eiendom.

NGBC er en landsdekkende forening for brukere og leietakere, alle i bygg og eiendomssektoren, byer og kommuner, samt bransjens tilrettelegger og premissgivere.

NGBC tilbyr uavhengig tredjepartssertifikat etter BREEAM-NOR, samt kunnskap om utvikling og forvaltning av bygg med høy miljøstandard. Foreningen jobber for at miljøvennlige bygg blir etterspurt og premiert.

Les mer på **www.ngbc.no**

Norwegian Green Building Council har mer enn 100 medlemmer og er operatør av BREEAM-NOR. Virksomheten er organisert slik:



BREEAM NOR lanseres i oktober 2011 og vurderer et byggs miljøegenskaper ved å gi poeng innen følgende områder:

Innenfor de enkelte områdene gjøres det en vurdering av hvor gode løsninger som velges
og følgende tabell gir stikkord til hvilke hovedpunkter som behandles:

Management • Commissioning • Construction site impacts • Building User Guide	**Waste** • Construction waste • Recycled aggregates • Recycling facilities
Health and Wellbeing • Daylight • Occupant thermal comfort • Acoustics • Indoor air and water quality • Lighting	**Pollution** • Refrigerant use and leakage • Flood risk • NO_x emissions • Watercourse pollution • External light and noise pollution
Energy • CO_2 emissions • Low or zero carbon technologies • Energy sub metering • Energy efficient building systems	**Land Use and Ecology** • Site selection • Protection of ecological features • Mitigation/enhancement of ecological value
Transport • Public transport network connectivity • Pedestrian and Cyclist facilities • Access to amenities • Travel plans and information	**Materials** • Embodied life cycle impact of materials • Materials re-use • Responsible sourcing • Robustness
Water • Water consumption • Leak detection • Water re-use and recycling	**Innovation** • Exemplary performance levels • Use of BREEAM Accredited Professionals

I skrivende stund er ennå ikke endelig versjon 1.0 av BREEAM NOR tilgjengelig men vil sannsynligvis vekte poeng fra de ulike områdene slik:

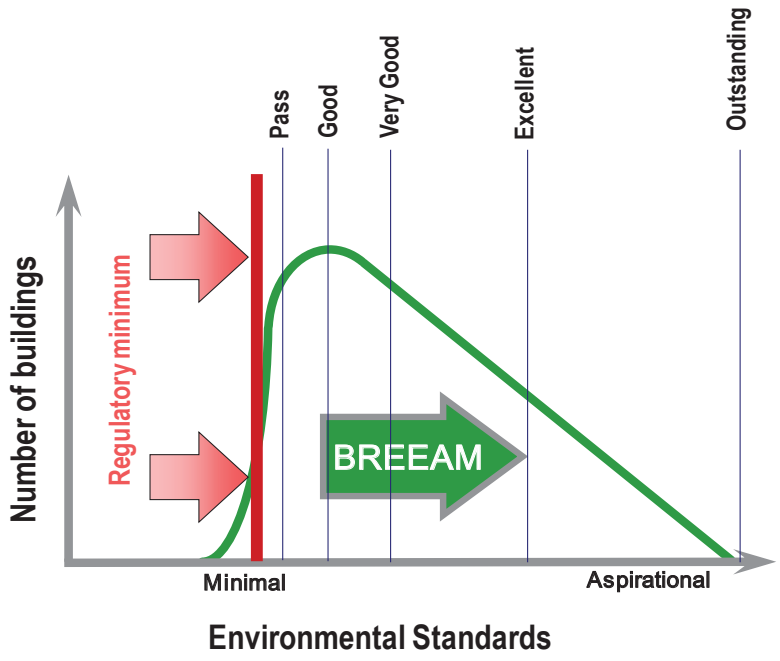
	Weighting (%)	
BREEAM Section	New builds, extensions & major refurbishments	Building fit-out only
Management	12.0	13.5
Health & Wellbeing	15.0	17.0
Energy	19.0	21.0
Transport	10.0	11.0
Water	4.5	5.0
Materials	14.0	15.5
Waste	7.5	8.0
Land Use & Ecology	10	N/A
Pollution	8.0	19.0
Innovation	10	10

Dette gir til slutt en totalvurdering av byggs miljøegenskaper som følger:

BREEAM Rating	% score
UNCLASSIFIED	<30
PASS	≥30
GOOD	≥45
VERY GOOD	≥55
EXCELLENT	≥70
OUTSTANDING*	≥85

* Det er etablert tilleggskriteria for å oppnå "Outstanding".

Minimumskravet for å oppnå en rating i BREEAM NOR er at alle krav ihht norske lover og forskrifter tilfredstilles. Dette symboliseres med den røde loddrette vertikale linjen i følgende figur. Mange bygg vil få karakteren "Good" eller "Very Good" men det kreves særskilt miljøeffektive tiltak for å oppnå de to øverste karakterene



Hvor kommer miljøeffektiv overvannshåndtering inn i BREEAM NOR?
Fra lanseringen av BREEAM NOR versjon 1.0 i oktober 2011 vil sannsynligvis følgende punkter dra nytte av permeable belegninger. Den engelske teksten er

benyttet da denne er grunnlaget for godkjennelsen av systemet hos BRE. BREEAM NOR vil foreligge på norsk straks etter at endelig versjon er godkjent. En norsk publikasjon av lokal overvannshåndtering ved bruk av permeable belegninger vil kunne benyttes som grunnlag for en oppdatert versjon av BREEAM NOR i perioden 2012-2013.
Vi fokuserer på følgende 3 deler av BREEAM NOR:

Water 6- Irrigation systems:

No. of credits available				Issue Title	Minimum Standards				
Retail	**Office**	**Indust.**	**Educat.**		P	G	VG	E	O
1	1	1	1	**Wat 6 - Irrigation Systems**	-	-	-	-	-

Aim

To reduce the consumption of potable water for ornamental planting and landscape irrigation.

Water 8- Sustainable on-site water treatment:

No. of credits available				Issue Title	Minimum Standards				
Retail	**Office**	**Indust.**	**Educat.**		P	G	VG	E	O
2	2	2	2	**Wat 8 - Sustainable on-site water treatment**	-	-	-	-	-

Aim

To encourage the treatment and re-use of grey water and surface water on-site to reduce the need for environmentally-damaging centralised water treatment systems and enable the recycling of water and nutrients in a shorter time and distance.

Polution 5 – Flood risk:

No. of credits available				Issue Title	Minimum Standards				
Retail	**Office**	**Indust.**	**Educat.**		P	G	VG	E	O
3	3	3	3	**Pol 5 - Flood Risk**	-	-	-	-	-

Aim

To encourage development in low flood risk areas or to take measures to reduce the impact of flooding on buildings in areas with a medium or high risk of flooding.

Potential measures to reduce flood risk:
SUDS - sustainable drainage systems or sustainable (urban) drainage systems: a sequence of management practices and control structures designed to drain surface water in a more sustainable fashion than some conventional techniques. SUDS devices include:

- Holding ponds
- Swales
- Reed beds
- Permeable paving - in areas where local geological and hydrological conditions allow this to function, e.g. block paved surface on permeable sub-base over gravel bed to store the water and allow it to seep into the soil. For less permeable soils, the gravel layer might be deeper and the water taken to a soakaway although this is not an option in some areas.
- Local or centralised soakaways either as full systems or as 'overflow' or 'holding' systems, in areas where local geological and hydrological conditions allow them to function.
- Run-off from roofs collected as a part of a rainwater harvesting system.
- Run-off from roofs directed to a local soakaway or other holding facility such as tanks, ponds, swales etc.
- Green roofs.

De angitte tekstene er tatt med som illustrasjon av poengivende tiltak og klippet fra en foreløpig utgave av "BREEAM-NOR Assessor Manual" og det tas forbehold om endringer før lansering av BREEAM NOR versjon 1.0.
Dette dokumentet er på over 400 sider og krever en grundig gjennomgang og forståelse for å kunne benyttes i klassifisering av byggs miljøprestasjoner

norsk betongforening er en forening tilknyttet Tekna

Postboks 2312 Solli, 0201 Oslo • Telefon: 22 94 75 00

Trykk: HELLI - Visuell kommunikasjon - www.helli.no