Svein Endresen

Siv.ing. Svein Endresen AS

Betydningen av lokal/total overvanns-disponering (LOD/TOD) på flommer

HYDRA - et forskningsprogram om flom

HYDRA er et forskningsprogram om flom initiert av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i 1995. Programmet har en tidsramme på 3 år, med avslutning medio 1999, og en kostnadsramme på ca. 18 mill. kroner. HYDRA er i hovedsak finansiert av Olje- og energidepartementet.

Arbeidshypotesen til HYDRA er at summen av alle menneskelige påvirkninger i form av arealbruk, reguleringer, forbygningsarbeider m.m. kan ha økt risikoen for flom.

Målgruppen for HYDRA er statlige og kommunale myndigheter, forsikringsbransjen, utdannings- og forskningsinstitusjoner og andre institusjoner. Nedenfor gis en oversikt over fagfelt/tema som blir berørt i HYDRA:

- **Naturgrunnlag og arealbruk**
- **Skaderisikoanalyse**
- **Tettsteder**
- **Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak**
- **Flomdemping, flomvern og flomhandtering**
- **Databaser og GIS**
- **Modellutvikling**

Sentrale aktører i HYDRA er; Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB), Jordforsk, Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Landbrukshøgskole (NLH), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), SINTEF, Stiftelsen for Naturforskning og Kulturminneforskning (NINA/NIKU) og universitetene i Oslo og Bergen.

HYDRA - a research programme on floods

HYDRA is a research programme on floods initiated by the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) in 1995. The programme has a time frame of 3 years, terminating in 1999, and with an economic framework of NOK 18 million. HYDRA is largely financed by the Ministry of Petroleum and Energy.

The working hypotesis for HYDRA is that the sum of all human impacts in the form of land use, regulation, flood protection etc., can have increased the risk of floods.

HYDRA is aimed at state and municipal authorities, insurance companies, educational and research institutions, and other organization.
An overview of the scientific content in HYDRA is:

- **Natural resources and land use**
- **Risk analysis**
- **Urban areas**
- **Flood reduction, flood protection and flood management**
- **Databases and GIS**
- **Environmental consequences of floods and flood prevention measures**
- **Modelling**

Central institutions in the HYDRA programme are; The Norwegian Meteorological Institute (DNMI), The Glommens and Laagens Water Management Association (GLB), Centre of Soil and Environmental Research (Jordforsk), The Norwegian Geological Survey (NGU), The Agriculture University of Norway (NLH), The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), The Norwegian Institute of Land Inventory (NIJOS), The Norwegian Institute for Water Research (NIVA), The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology (SINTEF), The Norwegian Institute for Nature and Cultural Heritage Research (NINA/NIKU) and the Universities of Oslo and Bergen.

Betydningen av lokal/total overvannsdisponering (LOD/TOD) på flommer

av

Svein Endresen
Sivilingeniør Svein Endresen AS

Forord

Foreliggende rapport er resultat av et av Tettstedsgruppens delprosjekter. Rapporten er den første i en serie på tre som alle vil ta opp tiltak for redusering av skadeflommer og flomskader i tettstedene. Lokal overvannsdisponering er et slikt tiltak, men dette har ennå ikke blitt særlig utbredt i Norge. I de fleste andre vestlige land er lokal overvannsdisponering forholdsvis utbredt og godt kjent.

Rapporten omhandler betydningen av lokal/total overvannsdisponering i tettstedene.

Asker, november 1997

Svein Endresen
prosjektleder

Innhold

Side

Sammendrag 4

Summary 5

1 Innledning 6

2 Lokal og total overvannsdisponering 7
2.1 Begrepene LOD og TOD 7
2.2 Begrunnelser for LOD/TOD- tiltak 7

3 Urbaniseringens betydning for overvannsavrenningen 8
3.1 Betydningen for avrenningskoeffisienten 8
3.2 Betydningen for avrenningsforløpet 10

4 Oversikt over LOD/TOD metoder 11

5 LOD/TOD i utvalgte tettsteder i Norge 13
5.1 Registreringer 13
5.2 Infiltrasjon - dagens bruk og mulig potensiale 13
5.3 Kommunenes erfaringer med LOD 15

6 Effekten av LOD/TOD 16
6.1 Effekten av infiltrasjon 16
6.2 Effekten av fordrøyning 17
6.2.1 Generelt 17
6.2.2 Effekten på flom i hovedvassdrag 18
6.2.3 Effekten for ledningsnett og sidevassdrag 18
6.3 Sammenlikning av metoder 20

7 Eksempel på LOD/TOD-bestemmelser i byggeforskriftene 24

8 Konklusjoner 29

9 Referanser 30

Sammendrag

Urbanisering, såvel i Norge som i andre land, har hittil medført at stadig større arealer har fått tett dekke. Tette flater gir stor og rask overflateavrenning. Dette resulterer i hurtig oppsvulming av bekker og elver i forbindelse med nedbør. Flomtoppene kommer raskt, og de er vesentlig høyere og spissere enn før urbaniseringen. Effekten av dette er blant annet oversvømmelser og erosjonsskader. Videre gir den store og raske avrenningen utspyling av partikulært materiale og stor forurensningstilførsel til bekker og elver.

På grunn av den store overflateavrenningen, som urbanisering vanligvis medfører, blir avrenningen på grunnvannsspeilet tilsvarende mindre. Dette gir lavere og mindre stabil tørrværsvannføring i vassdragene. At mindre vann tilføres grunnen kan også medføre at grunnvannstanden synker.

Med total (TOD) eller lokal (LOD) overvannsdisponering kan de uheldige følgene av urbanisering i viss grad reduseres. I andre land som USA og Canada benyttes TOD i utstrakt grad for blant annet å minske faren for flomskader og redusere forurensningene til vassdrag. I Norge er systematisk bruk av TOD mindre vanlig.

I rapporten er to former for LOD/TOD behandlet:

- infiltrasjon
  og
- fordrøyning

Ved infiltrasjon tilføres overvannet grunnen enten ved at det ledes ut på terrengoverflaten eller det infiltreres via grøfter, steinfyllinger mm. Ved fordrøyning holdes overvannet tilbake i dammer, i bassenger på eller under terreng etc. slik at avrenningen til vassdrag forsinkes.

En undersøkelse utført av Jordforsk i 1997, som omfattet tettsteder som var flomrammet i 1995, viser at bruken av LOD i disse områdene er særdeles begrenset. I hovedsak dreier det seg om en viss infiltrasjon av takvann og vann fra andre tette flater. Potensialet for infiltrasjon er imidlertid betydelig. Fordrøyning er nesten ikke i bruk.

Når det gjelder betydningen av TOD/LOD som flomdempende tiltak, må det skilles mellom :

- flomdemping lokalt, det vil si i bekker og mindre elver mm
  og
- flomdemping i hovedvassdrag som Lågen og Glomma.

Lokalt har LOD/TOD meget god flomdempende effekt. Ledes overvannet bort i rør, kan ledningsnettets kapasitet reduseres betydelig. Utslipp av kloakk via overløp i kloakknettet kan minskes eller helt unngås. Såvel ved infiltrasjon som ved fordrøyning kan avrenningen fordeles over tid slik at flomvannføringen i bekker og mindre elver kraftig reduseres. Det er også mulig å gjenopprette den tørrværsvannføringen man hadde før urbaniseringen.

Den flomdempende effekten av LOD/TOD for hovedvassdrag synes å være liten. Med hovedvassdrag menes i denne forbindelse vassdrag som har vesentlig større nedbørfelt enn tettstedenes areal. Ved fordrøyning kan avrenningen neppe holdes tilbake så lenge at ikke mesteparten likevel blir tilført hovedvassdraget i flomperioden. Infiltreres overvannet, burde avrenningen teoretisk sett kunne fordeles over en lengre tidsperiode enn flommens varighet. Utenlandske undersøkelser viser imidlertid at effekten når det gjelder storflommer er svært begrenset. En medvirkende årsak til dette kan være at ved storflommer vil deler av infiltrasjonsområdet være oversvømmet eller ha så høyt grunnvannsnivå at infiltrasjon ikke er mulig.

Summary

As a watershed develops, the land covered by impervious surfaces increases which prevents rainfall from infiltration into the ground. With reduced infiltration, the surface runoff increases and so do also the rate of flow. This results in higher flow volumes and peak flow rates. Peak flows appear sooner after the start of a rainfall than they did before the development.

Reduced infiltration give less ground water flow. Effects of reduced ground water flow are less stable flow rates in streams and rivers and reduction in dry weather flows. Another common effect is lowering of the ground water table.

By best management practice (BMP) the disadvantages of urbanisation can to some extent be reduced. In this report two systems for storm water management are described:

- TOD, which is storm water management of the whole of an urban watershed, and
- LOD, which is storm water management of a smaller part of an urban watershed.

Either LOD or TOD are systematically practised in Norway today. In other countries like USA and Canada BMP is in common practice to reduce flooding and pollution of storm water receiving waters.

The two systems for LOD/TOD are:

- infiltration and
- detention.

By infiltration storm water is diverted from impervious land to areas where infiltration can take place from the ground surface. It is also common to infiltrate storm water through trenches filled with gravel or via rock fillings. Ponds in parks, parking areas and reservoirs are used for detention of storm water.

The peak flow reduction effect in receiving waters of storm water measures in urban areas is dependent on the relation between area of impervious surfaces and total catchment basin.

For storm water networks, streams and small rivers, for which the urban area itself is the whole or a major part of the watershed, the flow reduction effect is comprehensive. Is the urban area only a minor part of the catchment basin, the flow reduction seems to be insignificant.

Both infiltration and detention are effective ways to minimise pollutant loads to rivers etc. from overflows in combined sewer network.

1. Innledning

I et område med tett vegetasjon vil noe av nedbøren fordampe, en vesentlig del infiltreres og resten, kanskje bare 20 %, renner av på overflaten. En stor del av det infiltrerte vannet opptas i rotsonen. En del trenger dypere ned, perkolerer, og ender som grunnvann.

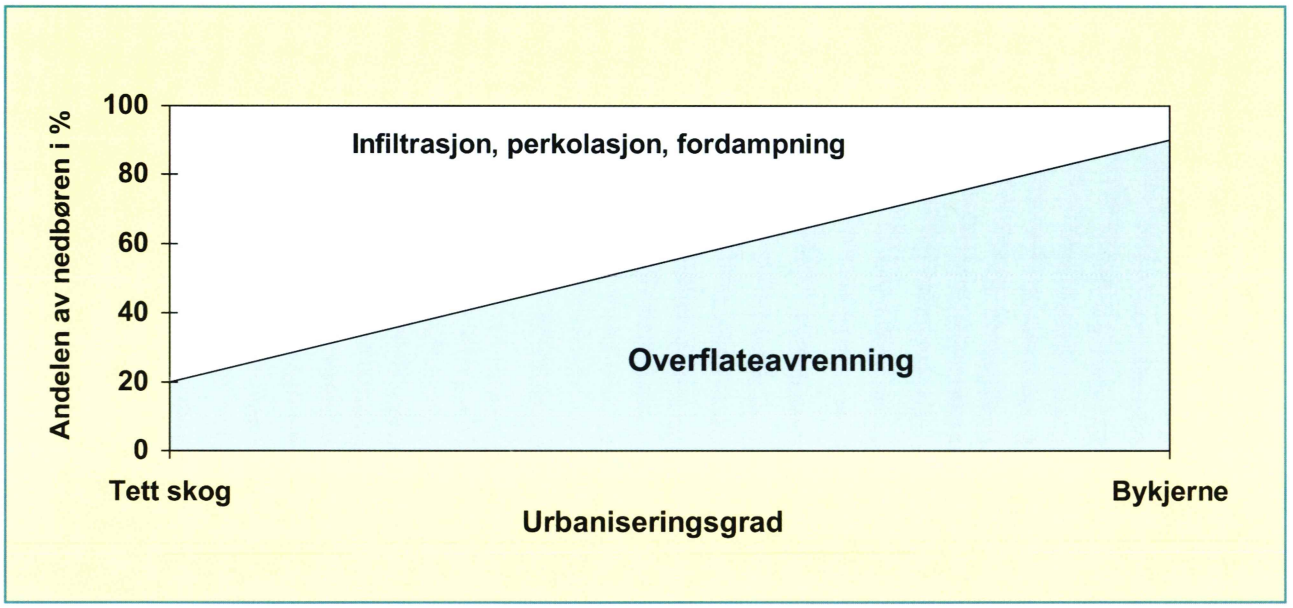
Etter hvert som tettstedene har fått mer bymessig karakter, har det blitt lagt tett dekke på stadig større områder. Dette betegnes ofte som "standardhevning" eller bedring av "komforten" i området.

Ved økende urbanisering øker overflateavrenningen, og den naturlige vannbalansen forrykkes. I sterkt urbaniserte områder og i områder med bart fjell kan opptil 90 % av nedbøren renne av på overflaten.

Figur 1 er en illustrasjon på hvordan urbanisering kan påvirke avrenningsforløpet.

I tillegg til at urbanisering øker overflateavrenningen blir også avrenningen raskere. Begge disse forhold forsterker flommene både i det lokale nedbørfelt og i hovedvassdraget. Samtidig kan stor og rask avrenning også medføre andre negative effekter. Noen av disse er omtalt under punkt 2.2.

Ved tiltak i det lokale nedbørfeltet kan vi påvirke overflateavrenningen og dempe effekten av urbanisering. Denne rapporten behandler primært tiltak som har som hovedmålsetting å dempe flommer.



Figur 1.1 Forholdet urbanisering - overflateavrenning.

Figure 1.1 The effect of urbanization on storm water run off.

2. Lokal og total overvannsdisponering

2.1 Begrepene LOD og TOD

Begrepet LOD, som er en forkortelse for lokal overvannsdisponering, dukket opp på 70-tallet. Med dette menes at overvann fra mindre områder infiltreres/perkoleres eller fordrøyes så nær utgangspunktet som mulig. Andre, og kanskje mer dekkende betegnelser, er lokal overvannshåndtering eller kildekontroll. I denne fremstillingen benyttes både betegnelsene LOD og kildekontroll.

TOD, total overvannsdisponering, er et mer omfattende begrep som ennå ikke har fått sin offisielle definisjon. I denne rapporten brukes betegnelsen TOD om alle former for tiltak i nedbørfeltet som påvirker overvannsavrenningen frem til hovedvassdraget. I tillegg til LOD omfatter TOD tiltak i sidevassdrag, sentral fordrøyning i parker, anleggelse av dammer o.l. Dette betegnes ofte som feltkontroll. TOD inkluderer såvel kildekontroll som feltkontroll av overvannsavrenningen.

2.2 Begrunnelser for LOD/TOD- tiltak

Begrunnelsene for LOD/TOD-tiltak kan variere fra område til område. De forhold man ønsker å påvirke kan grupperes slik:

- Økologiske forhold
Man ønsker å opprettholde vegetasjonen i området. Tette flater reduserer infiltrasjonen, men ved hjelp av LOD/TOD-tiltak kan vanntilførselen økes slik at rotsonen ikke tørker ut.

- Faren for bygningsskader mm
Konvensjonell bortledning av overvann reduserer infiltrasjonen. Dette medfører at grunnvannstanden kan synke og at det oppstår setningsskader.

- Økonomiske forhold
Urbanisering medfører som regel at større vannmengder enn tidligere må ledes bort og at hastigheten på avrenningen øker. Konvensjonell bortledning kan medføre store og kostbare ledningsanlegg, pumpestasjoner, overløp og renseanlegg. Med LOD/TOD-tiltak kan vannmengdene reduseres, og tilløpet til transportsystemet utjevnes. Begge disse forhold reduserer behovet for kapasitet når det gjelder mottakeranleggene, og ikke minst kostnadene for drift og vedlikehold av disse.

- Forurensningsmessige forhold
Ved fellessystem
Nedbør, som ikke infiltreres eller utjevnes, gir vanligvis store utslipp av råkloakk via overløp. Overløpene er i dag en betydelig forurensningskilde som følge av at overvann er tilknyttet fellesledninger.
Overvann til renseanlegg øker utslippene fra disse. Ved godt drevne høygradige renseanlegg er forurensningsutslippet tilnærmet proporsjonalt med vannmengden inn til anlegget.

Ved separatsystem
I enkelte områder er overvannet for forurenset for direkte utslipp til overflateresipient.
Om forholdene ligger til rette for det, kan overvannet infiltreres og renses i grunnen.

- Faren for flomskader
Konvensjonell bortledning av overvann fra urbane områder innebærer gjerne at større vannmengder enn tidligere raskt når frem til bekker, elver og innsjøer. Med LOD/TOD- tiltak kan avrenningen reduseres og/eller utjevnes. I tørrværsperioder kan avrenning opprettholdes over lengre tid enn ved tradisjonell bortledning. Det vil imidlertid ofte være en kombinasjon av begrunnelser for innføring av LOD/TOD.

3. Urbaniseringens betydning for overvannsavrenningen

3.1 Betydningen for avrenningskoeffisienten

Figur 3.1 illustrerer hvorledes midlere avrenningskoeffisient øker som følge av at stadig større arealer får tett dekke. Ved opptegningen er det brukt følgende avrenningskoeffisienter for henholdsvis tette (φ_T) og åpne ($\varphi_Å$) flater:

φ_T = 0.9
$\varphi_Å$ = 0.15, 0.2, og 0.25

Øvre linje : $\varphi_Å$ = 0.25
Midtre linje : $\varphi_Å$ = 0.20
Undre linje : $\varphi_Å$ = 0.15

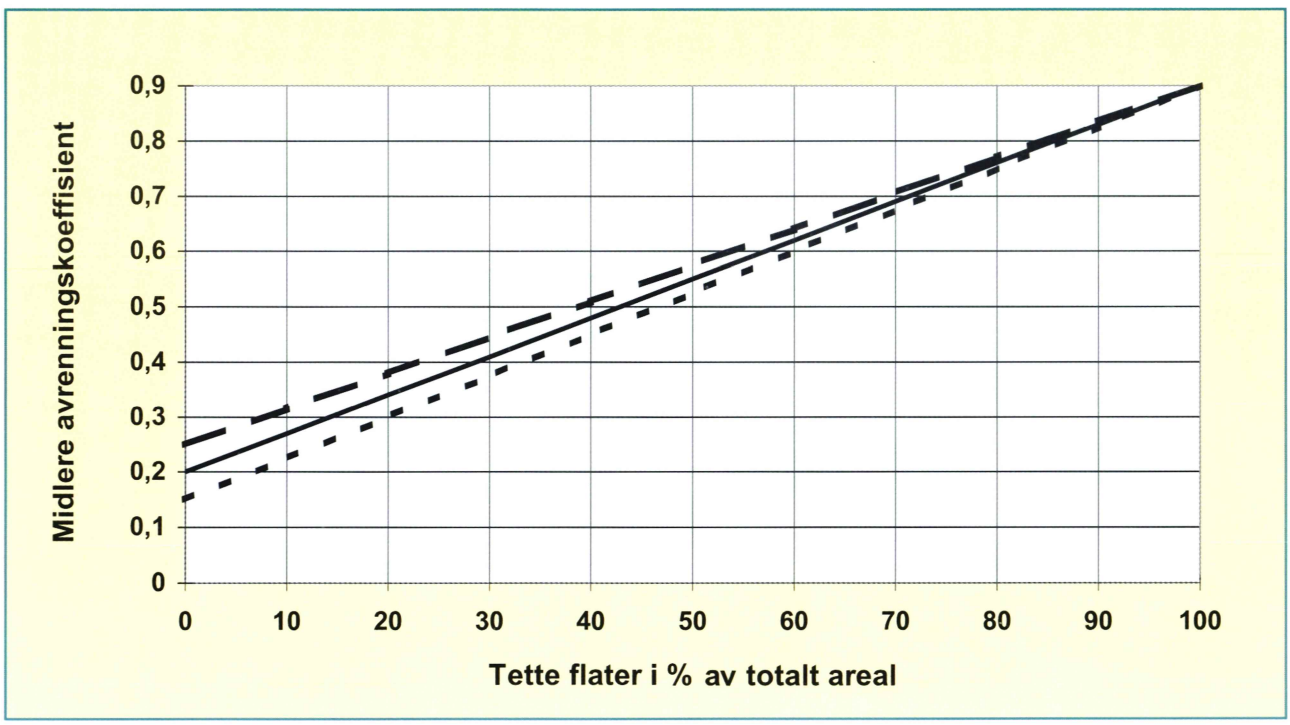
Figur 3.1 viser at midlere avrenningskoeffisient øker sterkt med arealet av de tette flater. For eksempel er økningen ca 25 % om det tette arealet øker fra 20 - 30 %. Siden total avrenning øker i takt med den midlere avrenningskoeffisienten, innebærer dette at relativt sett øker avrenningen langt mer enn økningen av de tette flater.

I en omfattende undersøkelse (Myrabø 1997) har man korrelert nedbør og avløp for tre nedbørfelt i Oslo-området. Noen data om nedbørfeltene og undersøkelsen er sammenstilt i tabell 3.1.

Figur 3.2 er basert på måleresultater fra Oslo-undersøkelsen og viser de totale avrenningskoeffisientene for nedbørepisodene. For Vestli og Vika er det vist midlere avrenningskoeffisient for alle de nedbørtilfellene som analysen omfatter og midlere verdier for henholdsvis de 10 største og de 10 minste. Stolpene for Oppsal viser middelverdien og, siden det er få målinger her, maksimal- og minimalverdiene for avrenningskoeffisienten.

De største avrenningskoeffisientene opptrer når marken er fuktig eller det står vann i alle fordypninger i terrengoverflaten som skyldes tidligere nedbør.

Middelverdiene for de høyeste avrenningskoeffisientene, de midtre stolpene på figur 3.2, viser meget god overensstemmelse med den underste kurven på figur 3.1. Her er φ satt til 0.15 og 0.9 for henholdsvis åpne og tette flater.



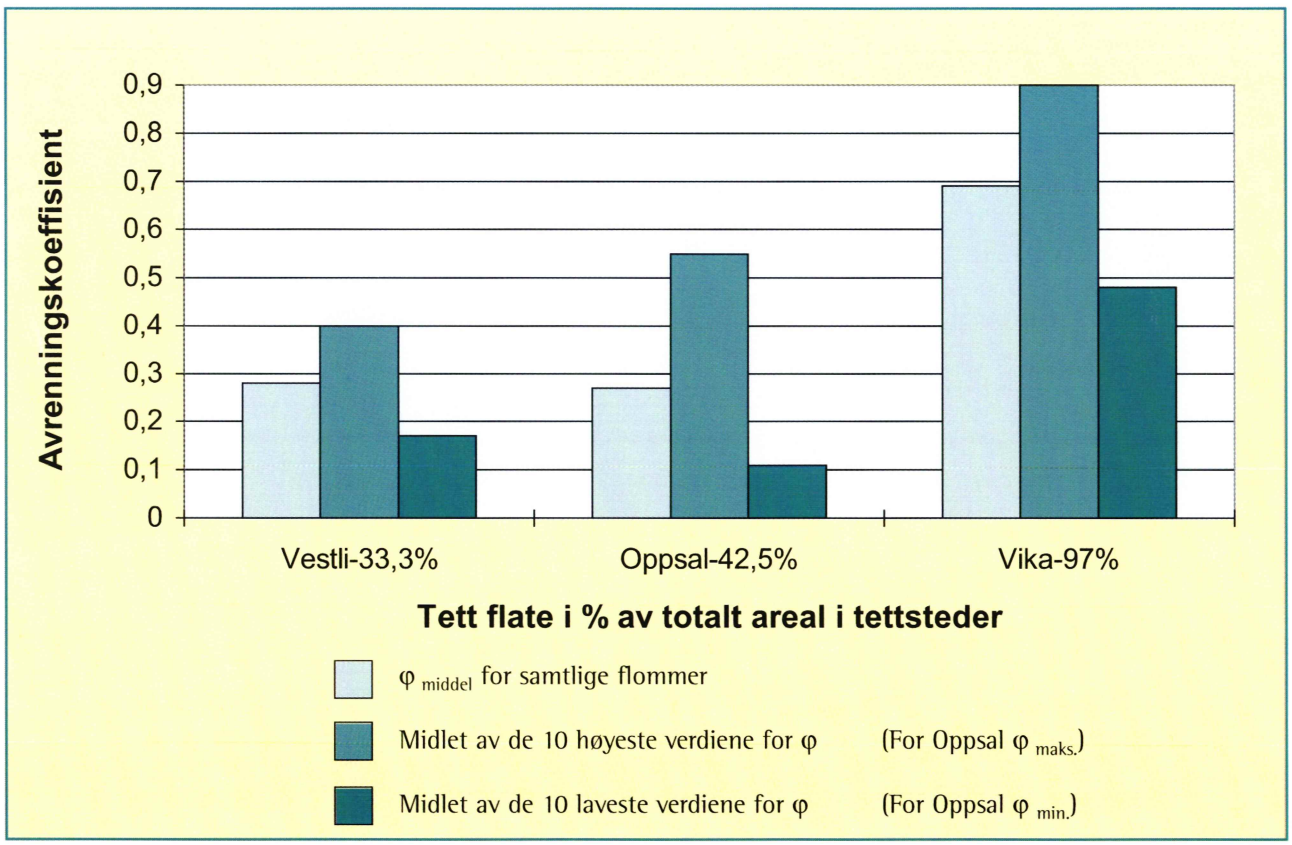
Figur 3.1 Midlere avrenningskoeffisient for urbane områder.

Figure 3.1 Mean storm water run off-values for urban areas.

Tabell 3.1 Data fra nedbør-avløpsundersøkelse i Osloområdet (Myrabø 1997)

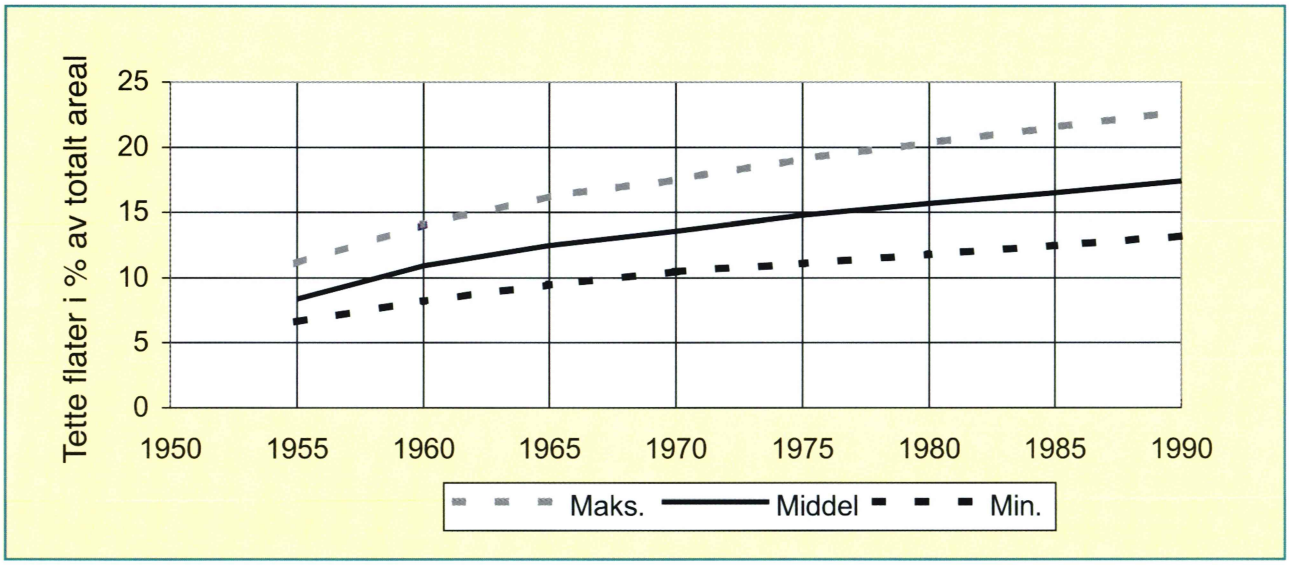
Table 3.1 Rainfall-stormwater runoff-investigation in the Oslo-area (Myrabø 1997)

	Nedbørfelt		
	Vestli	Oppsal	Vika
Areal	36.6 ha	37.1 ha	9.90 ha
Tette flater i % av totalt areal	33.3	42.5	97.0
Undersøkelsesperiode	1974 - 1991	1974 - 1977	1974 - 1991
Antall flommer som omfattes av figur 3.2	42	5	40



Figur 3.2 Resultater fra Oslo-undersøkelsen

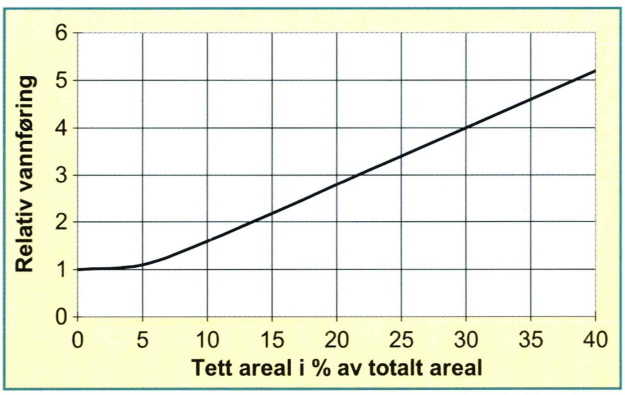
Figure 3.2 Results from the Oslo-investigation



Figur 3.3 Arealet av tette flater i Emschers nedbørfelt.

Figure 3.3 Impervious areas in the catchment area of Emscher.

I Tyskland har man (Londong et al. 1991) registrert utviklingen av tette flater i nedbørfeltet for elven Emscher. Dette er en sideelv til Rhinen. Figur 3.3 illustrerer hvorledes andelen tette flater i tettstedene har øket i perioden 1955 - 1990. Emscher renner gjennom et tett befolket område. Arealet av tette flater i de enkelte tettsteder ligger mellom de stiplede linjene. I middel har arealet av tette flater øket fra 7.5 % i 1955 til 17.5 % i 1990. Brukes avrenningskoeffisientene 0.2 og 0.9 for henholdsvis åpne og tette flater, har midlere avrenningskoeffisient øket fra 0.25 til 0.32. Dette er en økning på 28 %.



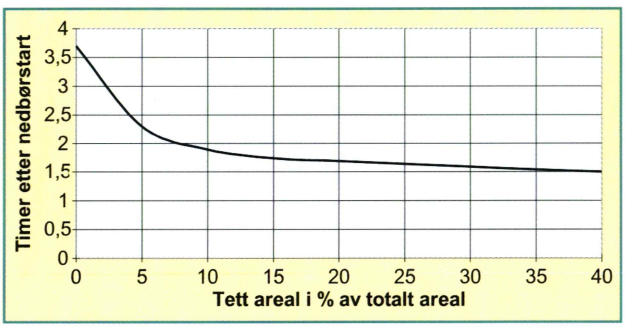
Figur 3.4 Eksempel på at maksimalvannføringen øker som følge av at andelen tette flater øker.

Figure 3.4 An example of max. storm water run off in relation to the portion of impervious area.

3.2 Betydningen for avrenningsforløpet

Vi vet at ikke bare den totale avrenningen øker som følge av tette flater, men at dette også gjelder maksimalverdien for avrenningen og tempoet i avrenningen. En tysk undersøkelse (Londong et al. 1991) har belyst hvordan avrenningsforløpet påvirkes. Resultater fra denne undersøkelsen, som gjelder nedbørfeltet for elven Emscher, er benyttet for opptegning av figurene 3.4 og 3.5.

Av figur 3.4 fremgår det at flomvannføringen øker med nesten 200 % ved innføring av 20 % tette flater. Videre viser figur 3.5 at flomtoppen kommer fra 3.5 til 4 timer etter nedbørstart om man bare har åpne flater. Ved for eksempel 20 % tette flater kommer flomtoppen allerede etter 1.5 til 2 timer. Den tyske undersøkelsen viste dessuten at avrenningen fordeles over lenger tid dess større andel åpne flater det er i nedbørfeltet. Konklusjonen er at en flombølge er spissere, kommer hurtigere og passerer raskere dess større andel tette flater det er i nedbørfeltet.



Figur 3.5 Eksempel på at maksimalvannføringen kommer tidligere dess større andel tette flater det er i nedbørfeltet.

Figure 3.5 Time of max. storm water run off in relation to percentage of impervious area in the catchment basin.

4. Oversikt over LOD/TOD metoder

Det er en rekke metoder som benyttes ved LOD/TOD. De prosessene som metodene bygger på er:

a) Infiltrasjon
og
b) Fordrøyning (forsinkelse)

eller en kombinasjon av fordrøyning og infiltrasjon. Etterfølgende tabeller gir en oversikt over aktuelle LOD/TOD-tiltak. Tabell 4.1 beskriver tiltak som benyttes for kildekontroll (LOD) og tabell 4.2 tiltak for feltkontroll.

Tabell 4.1 Eksempler på tiltak som benyttes for kildekontroll (LOD).

Table 4.1 Examples of local storm water control methods.

Prosess	Tiltak	Beskrivelse
Primært infiltrasjon	Naturlig infiltrasjon på grøntarealer.	Takavløp, overvann fra gårdsplasser etc. frakobles overvannssystemet og slippes ut på terreng.
	Anleggelse av åpne rabatter mellom tette flater.	Vannet ledes ut til de åpne flatene hvor det infiltreres til grunnen.
	Bruk av grøfter for VA-ledninger for infiltrasjon.	Overvann fra takarealer, gårds-plasser og veier ledes til VA-grøfter. Massene i ledningssonen er som regel meget åpne og fordeler vannet langs grøftene. Primært regner man at infiltrasjonen skjer gjennom grøftesidene og i mindre grad gjennom bunnen på grunn av faren for gjenslamming. Partikulært materiale må likevel fjernes i sandfang før vannet infiltreres.
	Bruk av egne grøfter/magasiner for infiltrasjon og perkolasjon.	Det anlegges egne grøfter/magasiner med formål infiltrasjon/perkolasjon. Det benyttes vanligvis steinmasser i disse anleggene. Ofte har anleggene overløp til overvannsledning. Overløpet trer i funksjon om tilløpet skulle bli større enn infiltrasjons-/perkolasjonskapasiteten.
Primært fordrøyning	Fordrøyning i steinfyllinger.	I forbindelse med utbygging av nye områder anlegges det ofte større eller mindre steinfyllinger. Disse kan utnyttes for fordrøyning av lokalt overvann og ev. infiltrasjon.
	Fordrøyning på takarealer.	Dette er en løsning som forekommer i Norge, men som nok er mer vanlig i andre land. Løsningen stiller spesielle krav til taktekkingen og utførelsen av takkonstruksjonen for å unngå is og lekkasjer.
	Fordrøyning i åpne bassenger.	Dette er mer aktuelt i forbindelse med feltkontroll.
	Fordrøyning i lukkede bassenger.	Også dette er mer aktuelt som feltkontrolltiltak.

Tabell 4.2 Eksempler på tiltak som benyttes for feltkontroll.

Table 4.2 Examples of methods for area storm water control.

Prosess	Tiltak	Beskrivelse
Primært fordrøyning	Fordrøyning på parkeringsarealer.	Overvann ledes til parkeringsplasser hvor avløpet skjer via sandfang til overvannssystemet. Utløpet fra sandfangene strupes slik at det skjer en fordrøyning i kummene og på overflaten ved sterk nedbør. Relativt kort tid etter avsluttet nedbør er plassen igjen tørrlagt.
	Fordrøyning i åpne dammer i parker mm. Dammene kan utføres som: a) Gjennomstrømningsdammer b) Overløpsdammer.	Ved type a) passerer alt overvann gjennom dammene og via overløpsterskel til overvannsledning eller resipient. Dammene er alltid vannfylte. Store dammer benyttes i blant i rekreasjonsøyemed. Dammer av type b) er normalt tørre. De fylles opp ved sterk nedbør fra overløp på overvannssystemet og har strupt utløp tilbake til det samme overvannssystemet.
	Fordrøyning i kunstige bassenger i elve- og bekkedaler.	Bassengene etableres ved hjelp av voller. Bassengene kan være tomme ved tørrværsvannføring og fylles opp ved sterk nedbør. De har strupt utløp og har dessuten overløp.
	Fordrøyning i lukkede bassenger.	Dette er vanligvis rørpakker eller store bassenger av betong. De bygges gjerne som overløpsbassenger som tilføres vann ved sterk nedbør og tømmes via strupt utløp.
	Fordrøyning i kombinerte anlegg.	Dette er løsninger med lukkede og åpne bassenger i serie. Først fylles de lukkede bassengene. Gir ikke disse tilstrekkelig fordrøyning, går vann i overløp til åpne bassenger. Disse er kun i drift ved ekstrem nedbør.
	Fordrøyning ved omforming av elveløpet.	Der det er mulig omformes elvedalen slik at elveleiet blir grunnere og vesentlig bredere. I flomsonen etableres vegetasjon, og det kan her anlegges gangveier slik at området får parkmessig karakter. Hensikten med denne løsningen er å senke flomnivået i elva og dempe vannføringen.

5. LOD/TOD i utvalgte tettsteder i Norge

5.1 Registreringer

Jordforsk innhentet data om totalt areal og arealet av tette flater i utvalgte tettsteder langs Gudbrandsdalslågen og Glomma. Man registrerte også arealet av tette flater med infiltrasjon og midlere permeabilitet i tettstedene. Da denne rapporten skrives, foreligger det data fra 20 tettsteder. Disse er:

Alvdal	Røros	Kongsvinger
Lom	Gjøvik	Tretten
Eidsvoll	Sarpsborg	Lillehammer
Minnesund	Hamar	Tynset
Elverum	Skarnes	Lillestrøm
Otta	Kirkenær	Årnes
Fåvang	Tolga	

Samlet for de 20 tettstedene var arealfordelingen:

Areal av åpne flater	:	11 800 ha
Areal av tette flater uten infiltrasjon	:	2 830 ha
Areal av tette flater med infiltrasjon	:	620 ha
Totalt areal	:	15 250 ha

Basert på midlere permeabilitet kan kommunene grupperes i permeabilitetsklasser. Dette er gjort i tabell 5.1.

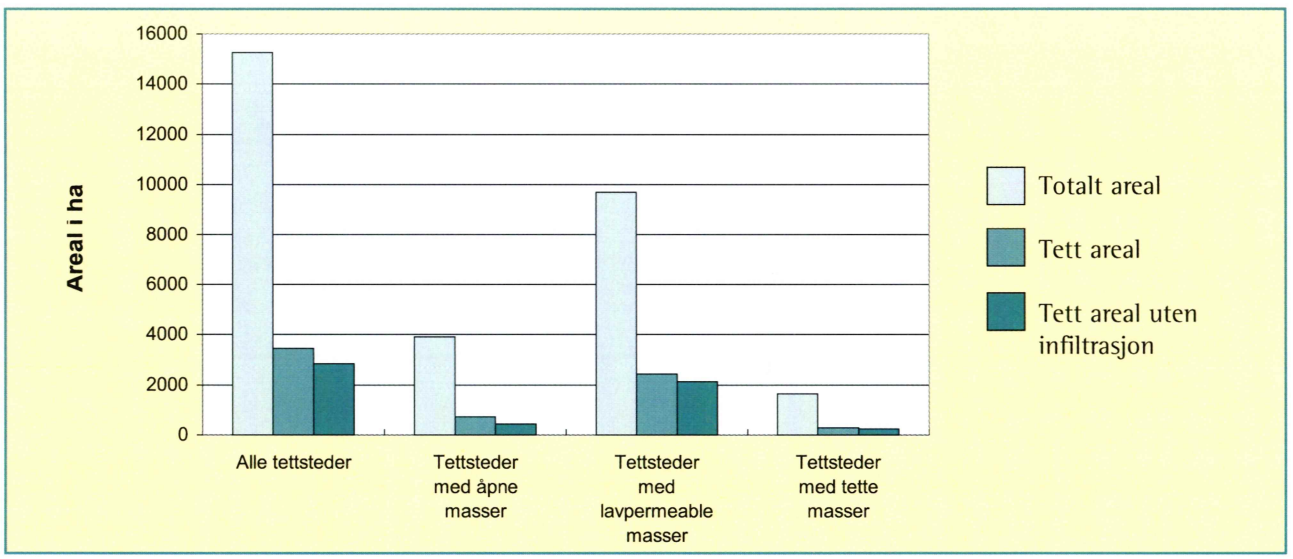
Tabell 5.1 Stipulert midlere permeabilitet for stedlige jordmasser i tettstedene.

Table 5.1 Mean permeability of ground material in selected urban areas.

Permeabilitetsklasser		
Permeabilitets-klasse 1 K=0,1 m/døgn	**Permeabilitets-klasse 2 K=2 m/døgn**	**Permeabilitets-klasse 3 K=10 m/døgn**
Tettsted:	**Tettsted:**	**Tettsted:**
Hamar	Gjøvik	Alvdal
Årnes	Lillehammer	Elverum
Eidsvoll	Lom	Fåvang
	Kongsvinger	Tolga
	Lillestrøm	Tynset
	Sarpsborg	Tretten
		Otta
		Kirkenær
		Skarnes
		Minnesund
		Røros

5.2 Infiltrasjon - dagens bruk og mulig potensiale

Figur 5.1 viser arealfordelingen i tettstedene. Det er skilt mellom tettsteder med i hovedsak åpne masser, lavpermeable masser og tette masser. Med åpne, lavpermeable



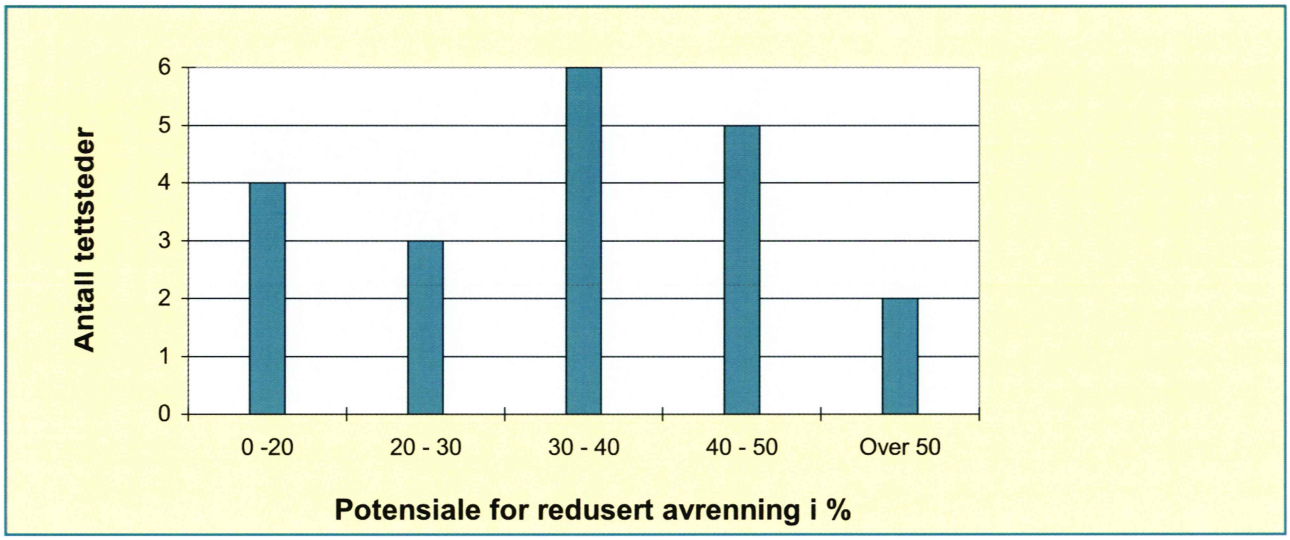
Figur 5.1 Arealfordelingen i utvalgte tettsteder.

Figure 5.1 Permeability of ground material in selected urban areas.

og tette masser menes masser i henholdsvis permeabilitetsklassene 3, 2 og 1. Masser i permeabilitetsklasse 1 er uegnet for infiltrasjon. Best infiltrasjonsegenskaper har masser i permeabilitetsklasse 3. Selv om de stedlige masser i de fleste tettstedene er godt drenerende, er de lavpermeable områdene dominerende arealmessig. Lavpermeable masser er sandige og grusige morenemasser samt elveavsetninger med lav vannledningsevne.

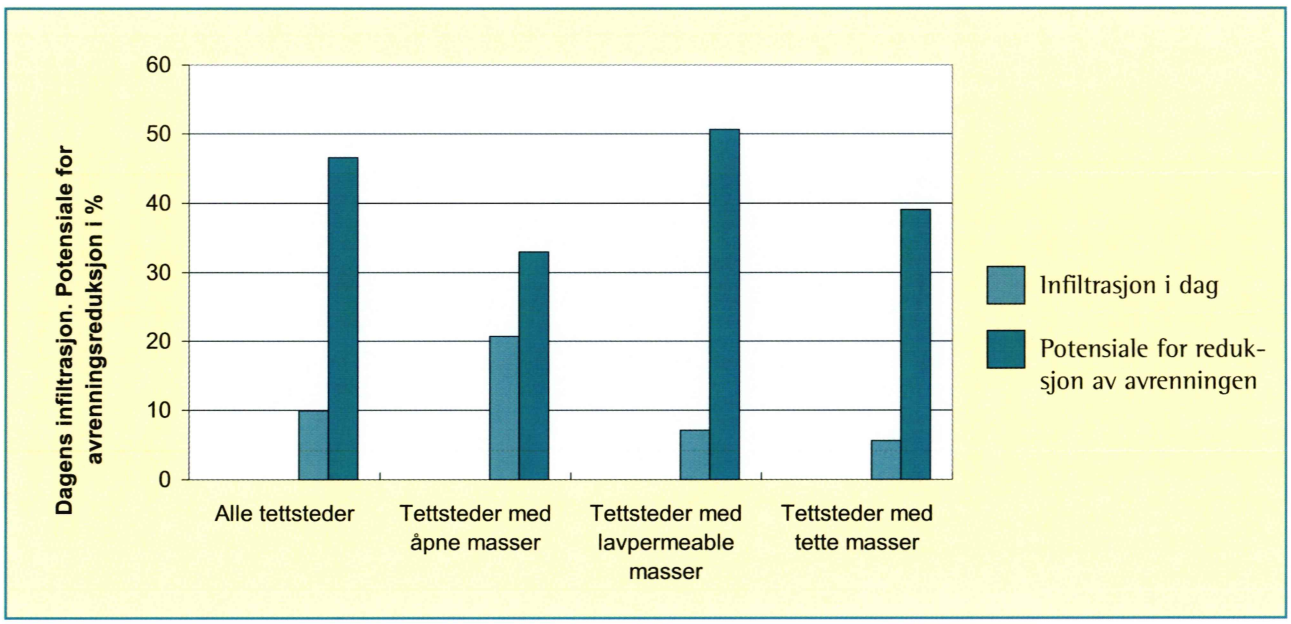
På figur 5.2 er tettstedene inndelt i grupper når det gjelder potensiale for reduksjon av avrenningen. Det er her ikke tatt hensyn til om de stedlige forhold ligger til rette for denne reduksjonen. Vedrørende beregningsforutsetningene vises det til forklaringen for figur 5.3.

Ett av de undersøkte tettstedene har ikke infiltrasjon av overvann fra tette flater. I dette tettstedet utgjør de tette arealene bare 2.5 % av totalt areal. De øvrige tettstedene infiltrerer overvann i større eller mindre grad. Figur 5.3 viser hvor meget overvann som infiltreres i forhold til det avløpet man nå har, det vil si hvor meget høyere avrenningen ville vært uten dagens infiltrasjon. Figuren viser også potensialet for ytterligere reduksjon om alt overvann fra tette flater kan infiltreres. Ved beregning av overvannsreduksjonene er det benyttet avrenningskoeffisienter på 0.2 og 0.7 for henholdsvis åpne og tette flater.



Figur 5.2 Potensiale for redusert avrenning

Figure 5.2 Potential for reduction in storm water runoff



Figur 5.3 Infiltrasjonsomfanget i dag og potensiale for ytterligere reduksjon av avrenningen.

Figure 5.3 Storm water infiltration today and potential for runoff reduction

5.3 Kommunenes erfaringer med LOD

En undersøkelse utført av Jordforsk viser at kommunene langs Gudbrandsdalslågen og Glomma i varierende grad infiltrerer overvannsavrenningen fra tettstedene, kfr. punkt 4.2. Det kom også frem at noen kommuner hadde dårlige erfaringer med infiltrasjon.

Vi har kontaktet mange av kommunene i det aktuelle området for å få en oversikt over hvilke infiltrasjonsmetoder som benyttes, og kommunenes erfaringer med disse. I alle kommunene som ble kontaktet er det kildekontroll (LOD) av overvannsavrenningen som praktiseres. Det er ikke registrert områder med feltkontroll.

De vanligste metodene for infiltrasjon er:

- Takvann fra private bygninger slippes ut på terreng og infiltreres direkte til grunnen.
- Overvann fra tette flater ledes ut til sidene og infiltreres fra terrengoverflaten.

Begge disse metodene har kommunene gode erfaringer med.

Andre metoder som praktiseres er:

- Avrenning fra sentrumsgater ledes via sluk til sandfangkummer uten tett bunn. Vannet infiltreres gjennom bunnflaten i kummene. Ved denne metoden er det påkrevet med regelmessig tømming av sandfangene. Forsømmes dette, tilstoppes bunnflaten og vannet stiger over gatenivå. Dette skjer gjerne etter vintre med mye sandstrøing av gatene. Som regel er det tilstrekkelig å tømme sandfangene en gang pr år.
- Det benyttes tradisjonelle sandfang for avrenningen fra gatene. Avløpet fra flere sandfang samles og ledes til et felles sandfang med etterfølgende infiltrasjonsgrøft. Denne er fylt med pukk. Mellom pukken og de stedlige masser er det filterduk. Grøftene tilstoppes om ikke sandfangene tømmes minst en gang pr år. På grunn av mangelfulle rutiner for tømming av sandfang, er tilstopping et problem.
- I ett tettsted infiltreres/fordrøyes overvann i steinfyllinger. Partikulært materiale avskilles i sandfang foran steinfyllingene. Også her er det påkrevet med regelmessig tømming av sandfangene for å unngå at steinfyllingene etter hvert tettes til.

Det var en forutsetning, ved byggingen av de typer infiltrasjonsanlegg som er beskrevet ovenfor, at sandfangene skulle tømmes regelmessig. Gjøres dette, synes anleggene å oppfylle forventningene.

Generelt sett bør alle sandfang tømmes minst en gang i året om ikke evnen til å avskille partikulært materiale skal bli redusert. Det kan imidlertid gå flere år før manglende tømming gir tilstopping av et tradisjonelt overvannssystem. Det er også andre grunner til at sandfangene bør tømmes. Forurensningene i overvannet er i stor grad bundet til partiklene. Dess lavere avskillingsgrad vi har, dess høyere blir derfor forurensningsmengden i overvannet. Videre vil høyt sandinnhold øke slitasjen i ledninger og, om vannet må pumpes, være skadelig for pumper. Selv om effekten av manglende tømming raskere får synlige konsekvenser når vannet skal infiltreres, tyder erfaringene fra kommunene på at tømmefrekvensen bør være som ved tradisjonelle overvannsanlegg.

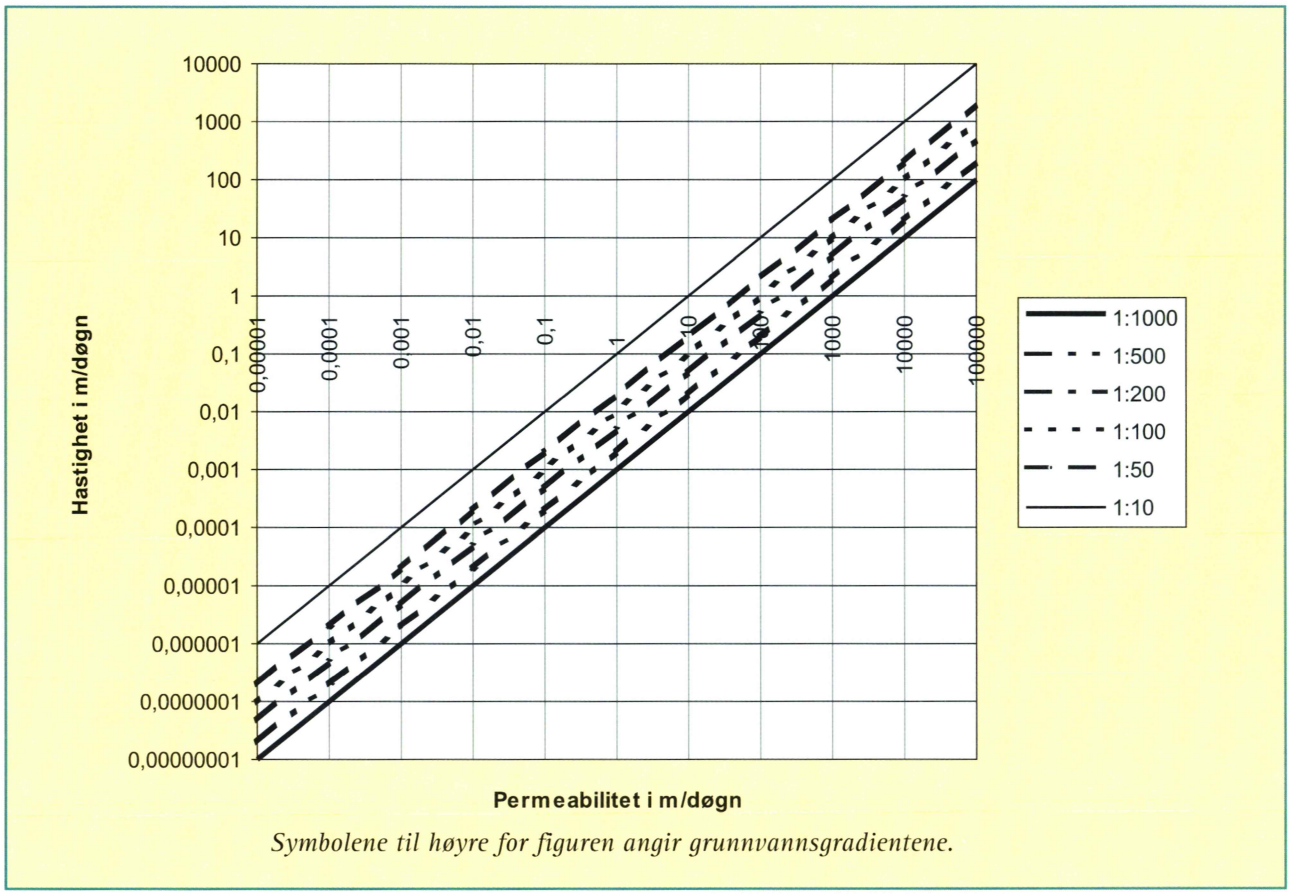
Selv ved forskriftsmessig tømming av sandfangene, kan det være vanskelig å unngå at infiltrasjonslaget etter mange års drift tettes til. Laget må i så fall skiftes ut, og dette vil medføre kostnader man ikke har ved tradisjonell overvannsbortledning. For øvrig synes ikke de infiltrasjonmetodene, som ble brukt i kommunene vi kontaktet, å medføre økte driftskostnader i forhold til de driftskostnader man ellers burde hatt.

6. Effekten av LOD/TOD

6.1 Effekten av infiltrasjon

Ved infiltrasjon vil det vannet som ikke opptas i rotsonen eller fordamper renne av på grunnvannsspeilet. Før eller seinere når dette frem til overflateresipient. Den tiden avrenningen tar vil avhenge av grunnens permeabilitet, grunnvannsgradienten og avstanden til vassdraget. Dette er forsøkt illustrert ved figurene 6.1 og 6.2.

I en åpen masse bestående av grov sand kan permeabiliteten være 1000 m/døgn. Med grunnvannsgradient 1:100 vil avrenningshastigheten i denne massen i følge figur 6.1 kunne være ca 10 m/døgn. Skjer infiltrasjonen 200 m fra vassdraget, ser vi av figur 6.2 at det vil ta 20 døgn før vannet når frem til vassdraget. Eksemplet viser at selv ved infiltrasjon i åpne masser relativt nær vassdrag, vil det ta så lang tid før det infiltrerte vannet når vassdraget at en eventuell flomtopp vil ha passert. En avrenning på grunnvannsspeilet vil også være svært utjevnet. Begge disse forhold gjør at infiltrasjon har god flomdempende effekt.



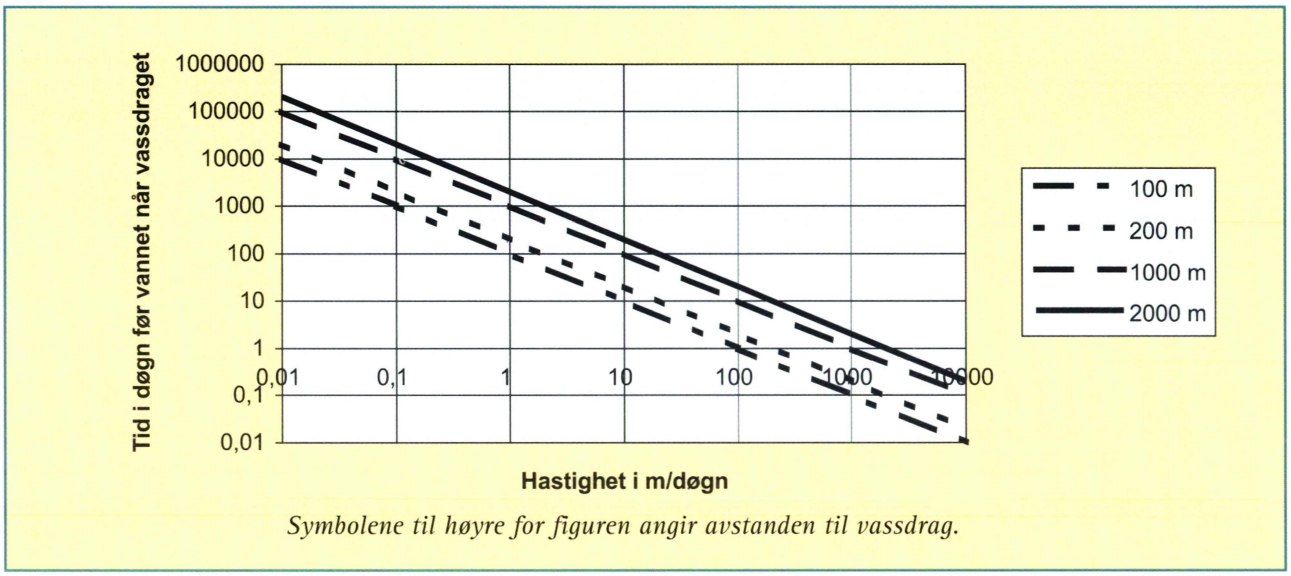
Symbolene til høyre for figuren angir grunnvannsgradientene.

Leire	Meget fin sand. Silt. Lagdelte leirige avsetninger	Sand. Sandig grus uten finstoff	Grus uten finstoff

Tett	Meget liten permeabilitet	Liten permeabilitet	Middels permeabilitet	Åpen masse

Figur 6.1 Grunnvannets hastighet som funksjon av permeabilitet og gradient.

Figure 6.1 Ground water velocity as a function of permeability and ground water gradient.



Figur 6.2 Tiden det tar før infiltrert vann når vassdrag.

Figure 6.2 Time from infiltration to outlet in water course.

6.2 Effekten av fordrøyning

6.2.1 Generelt

Ved fordrøyning samles nedbøren opp og holdes tilbake i magasiner. Utløpet fra disse er strupet slik at vannføringen ut av magasinene blir utjevnet og forsinket i forhold til vannføringen inn.

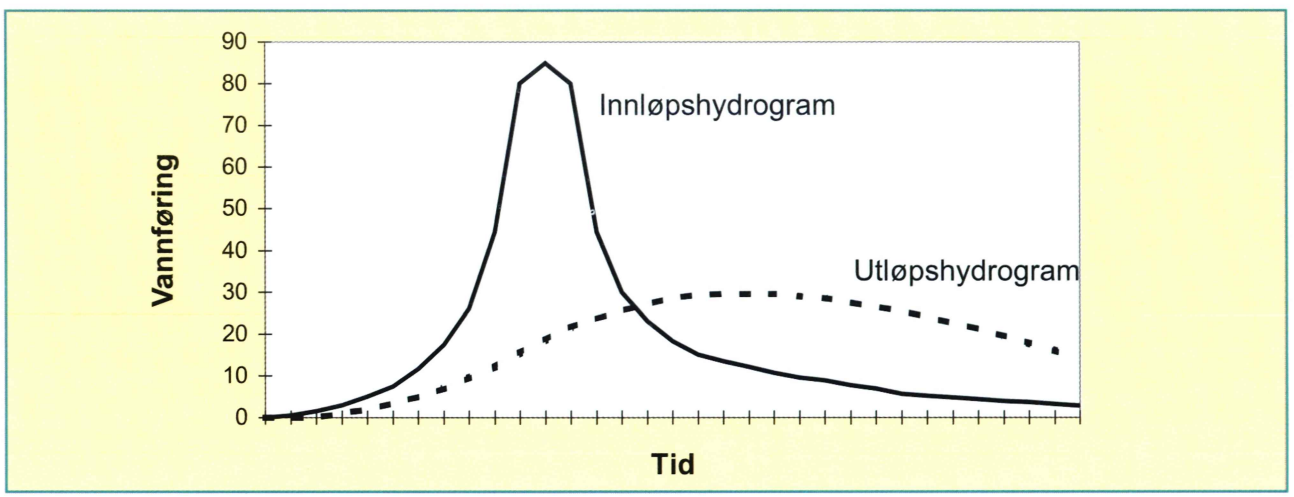
Figur 6.3 viser typiske inn- og utløpshydrogram for et åpent gjennomstrømningsmagasin. Hydrogrammene viser variasjonene i vannføringene inn og ut av magasinet.

Siden magasinet er vannfylt fra starten av, trer utløpet i funksjon kort tid etter at tilløpet begynner å komme. På grunn av magasineringen blir vannføringen ut av magasinet alltid lavere enn maksimaltilløpet. Vannføringen ut øker vanligvis når vannstanden i magasinet stiger. Dess større overflate magasinet har, dess mindre stiger vannspeilet i magasinet. Følgelig blir også magasinets utjevnende effekt større. Det finnes imidlertid utløpsanordninger som gir samme utløpsvannføring uansett hvilken vannstand det er i magasinet.

Figur 6.4 viser de samme hydrogrammer som figur 6.3. Stolpene i figur 6.4 viser middelvannføringen inn og ut i korte tidsavsnitt (t). I tiden t skjer det en magasinering (m_t):

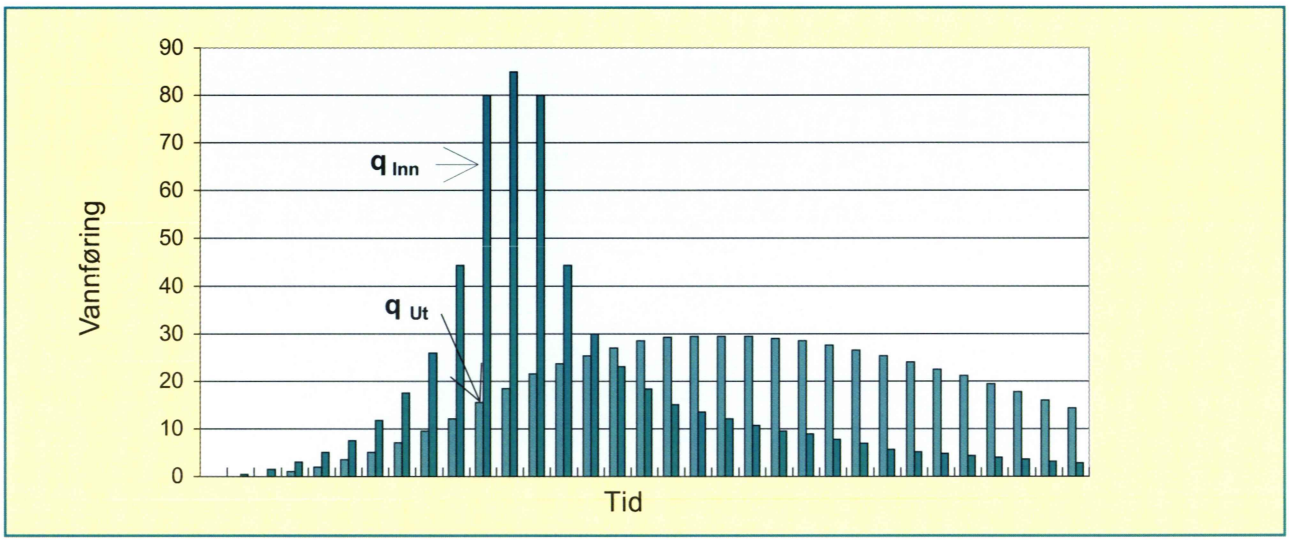
$$m_t = (q_{Inn} - q_{Ut})^* t$$

Ved å summere m_t over den tiden utløpet er i drift, får man magasinkurven. Kurven kulminerer når tilløp og



Figur 6.3 Innløps- og utløpshydrogram for fordrøyningsmagasin.

Figure 6.3 In- and outflow of detention basin.



Figur 6.4 Middelvannføringer i korte tidsavsnitt.

Figure 6.4 Mean water flows in short time periods.

utløp er i balanse.. Ved å prøve seg frem kan man beregne nødvendig magasinstørrelse for ulike fordrøyninger.

Fra overløpsbassenger som normalt er tørre, men som tilføres vann fra overløp på overvannsledning eller overløp i bekk, videreføres det vanligvis ikke vann før bassenget er fylt opp. For denne og andre typer "tørre" bassenger innebærer dette at utløpshydrogrammets start flyttes mot høyre.

6.2.2 Effekten på flom i hovedvassdrag

Det vil være behov for store magasiner for å fordrøye overvannsavrenningen fra tettstedene så mye at det får vesentlig betydning for flomsituasjonen i hovedvassdragene. Best flomdempning ville man fått om overvannsavrenningen kunne fordrøyes til flommen hadde kulminert. Dette er sjelden mulig, da selv en utjevning av avrenningen over et fåtall døgn krever betydelige magasinvolumer.

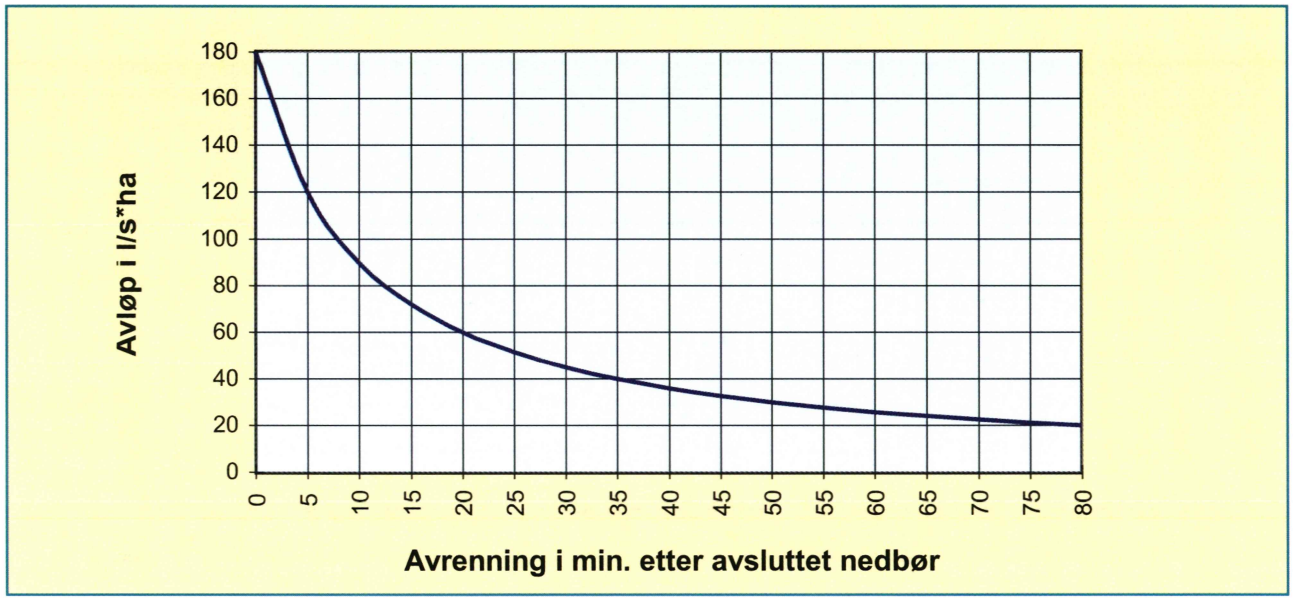
Magasinbehovet kan illustreres med følgende eksempel. I Hamar var nedbørhøyden 124 mm i juni 1927 eller ca. 4 mm/døgn. I løpet av måneden ble det registrert 5 døgn med nedbør i området 14.8 til 21.9 mm. I en 3-døgnperiode var nedbøren 17.4, 14.8 og 16 mm. Døgnene på begge sider hadde nedbør i nærheten av månedsmiddel. Nedbørhøydene i 3-døgnperioden tilsvarer nedbørmengder på 174, 148 og 160 m^3/ha. Middelnedbøren tilsvarer 40 m^3/ha. Vi forutsetter at 3-døgnnedbøren skal utjevnes til middelavrenning ved hjelp av et åpent fordrøyningsmagasin. Med en midlere avrenningskoeffisient på 0.3, kfr. figur 3.1, blir tilløpet til magasinet 0.3*(174+148+160) = 145 m^3/ha i løpet av 3 døgn. Samtidig er avløpet i perioden 3*0.3*40 = 36 m^3/ha. Grovt anslått gir dette et magasinbehov på 145-36 = 109 m^3/ha eller ca 22 000 m^3 totalt om arealet av flater tilknyttet ledningsnettet antas å være ca 200 ha.

Ligger forholdene til rette for det kan man, ved oppdemning av sidevassdrag, bygge så store magasiner at de får flomdempende effekt for hovedvassdraget.

6.2.3 Effekten for ledningsnett og sidevassdrag

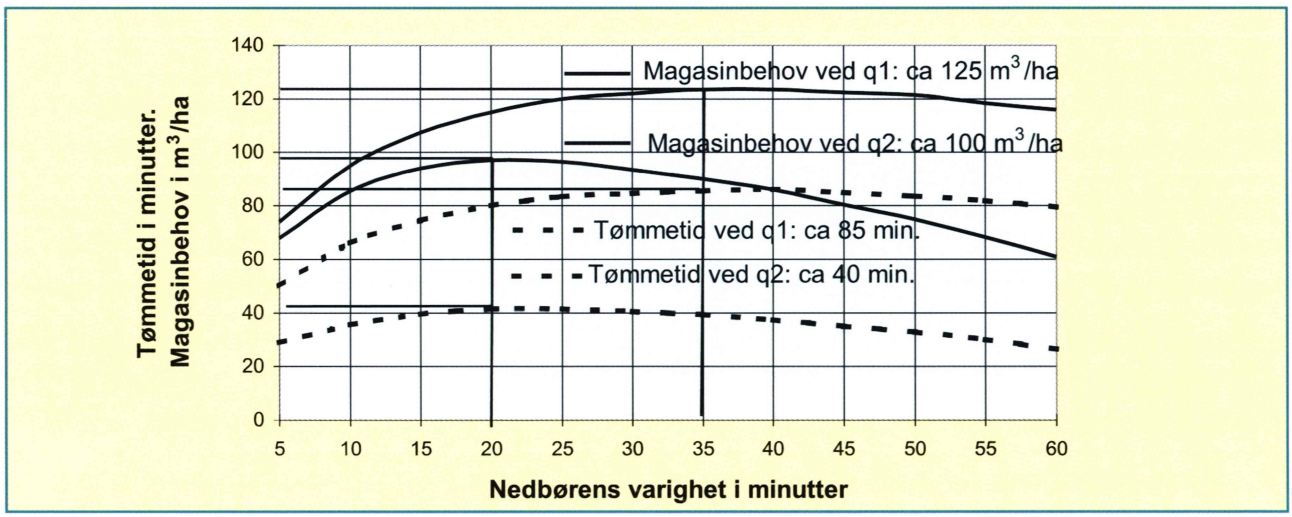
Spissavrenningen er som regel bestemmende for dimensjoneringen av overvannsledninger og for flomforholdene i bekker og mindre elver. Her vil selv en mindre fordrøyning av avrenningen ha betydelig effekt. Figur 6.5 er basert på et kasseregn med nedbørintensitet 200 l/s*ha og varighet 10 minutter. Dette er et 10-års regn i Oslo (Blindern). Avrenningskoeffisienten er satt til 0.9. Uten fordrøyning er avrenningen 180 l/s*ha. Kan vi fordrøye avrenningen i 30 minutter, det vil si at alt vann har rent av 30 minutter etter avsluttet regnskyll, reduseres dimensjonerende avrenning til 45 l/s*ha. Tilsvarende blir dimensjonerende avrenning bare 18 l/s*ha ved en fordrøyning på 80 minutter. Dette er ca 10 % av avrenningen uten fordrøyning.

For regn med gjentaksintervall 1/2 år viser beregninger at dimensjonerende avrenning synker fra 78 l/s*ha til 39 og 24 l/s*ha ved fordrøyninger på henholdsvis 5 og 15 minutter. Det er da forutsatt at regnskyll med varighet 5 minutter er dimensjonerende uten fordrøyning. På figur 6.6 er de samme avrenningene på 39 og 24 l/s*ha benyttet for nedbør med gjentaksintervall 10 år (Blindern). Figuren viser magasinbehovet pr ha og korresponderende tømmetider. Vi ser at ved struping av avløpet til 24 l/s*ha blir maksimalt magasinbehov



Figur 6.5 Dimensjonerende avrenning ved fordrøyning.

Figure 6.5 Design values for storm water runoff in relation to detention.



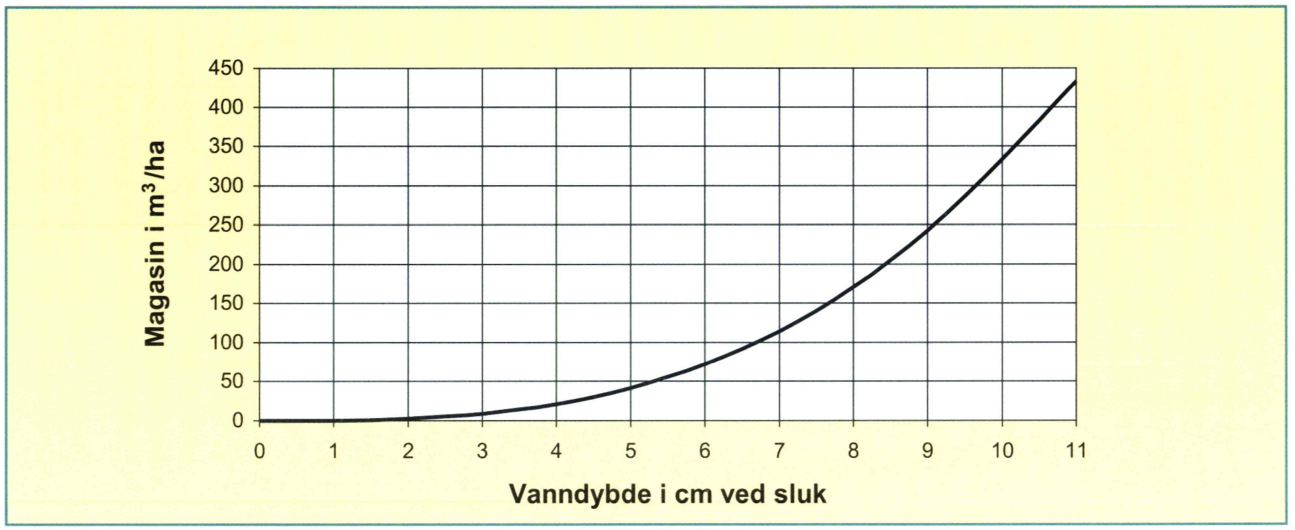
Figur 6.6 Magasinbehov og tømmetider ved 10-års regn.

Figure 6.6 Detention volumes and drain times for reduced outflows.

*q1 og q2 er vannføringene ut av magasinet. På figuren er q1 = 24 l/s*ha og q2 = 39 l/s*ha.*

ca 125 m³/ha og tømmetiden ca 85 minutter. Maksimalt magasinbehov opptrer ved nedbør med varighet ca 35 minutter. Magasinbehovet ved avløp 39 l/s*ha er i underkant av 100 m³/ha. Tømmetiden er på ca 40 minutter. Dimensjonerende regnskyll har varighet ca 20 minutter.

Figur 6.6 viser også at varigheten av dimensjonerende regnskyll øker dess sterkere strupingen er. I eksemplet øker varigheten fra ca 20 til ca 35 minutter når avrenningen reduseres fra 39 til 24 l/s*ha.



Figur 6.7 Fordrøyning på parkeringsarealer.

Figure 6.7 Detention on parking sites.

Figur 6.7 viser hvilke vanndybder man får ved fordrøyning på parkeringsarealer. Det er forutsatt at avstanden mellom slukene er 10 m og at fallet mot sluk er 1 : 50. Vi ser at en vanndybde på 7 - 8 cm ved sluk vil i dette eksemplet gi nødvendig volum for å kunne redusere avrenningen fra 180 l/s*ha til 24 l/s*ha.

Parkeringsplassen vil være mer eller mindre utilgjengelig i korte perioder som er sjelden forekommende. For utnyttelsen av plassen er dette sannsynligvis av liten betydning. Derimot vil reduksjonen av avrenningen bety mye for dimensjoneringen av eventuelt overvannssystem og for vannføringen i bekker som mottar avrenningen. Foregående eksempel viser hvorledes et relativt enkelt fordrøyningstiltak kan redusere spissavrenningen. Ved infiltrasjon kan man under gunstige betingelser nesten eliminere overflateavrenningen, men på steder hvor infiltrasjon ikke er mulig kan man ved utstrakt bruk av fordrøyning i betydelig grad redusere behovet for kapasitet i nye overvannssystem. Omvendt kan man ved å innføre enkle fordrøyningstiltak i eksisterende overvannsnett øke utnyttelsen av disse. Etterfølgende eksempel, som er hentet fra Bærum, illustrerer dette.

Et gammelt villaområde hadde avløp gjennom en 9" fellesledning, se figur 6.8. Ved sterk nedbør ble ledningen overbelastet. Dette resulterte i tilbakestuving inn i kjellere nedstrøms området. Grunnen består av tett leire. Området er innestengt, og det er ikke mulighet for overvannsavrenning på overflaten. Grunneierne ønsket å fortette området med 14 nye bolighus, se figur 6.9. Dette var mer enn fordobling av antallet boliger. Kommunen stilte som betingelse for utbyggingen at tilløpet til 9"-ledningen ikke ble større enn tidligere. Å legge om 9"-ledningen ble av økonomiske grunner ansett for å være uaktuelt.

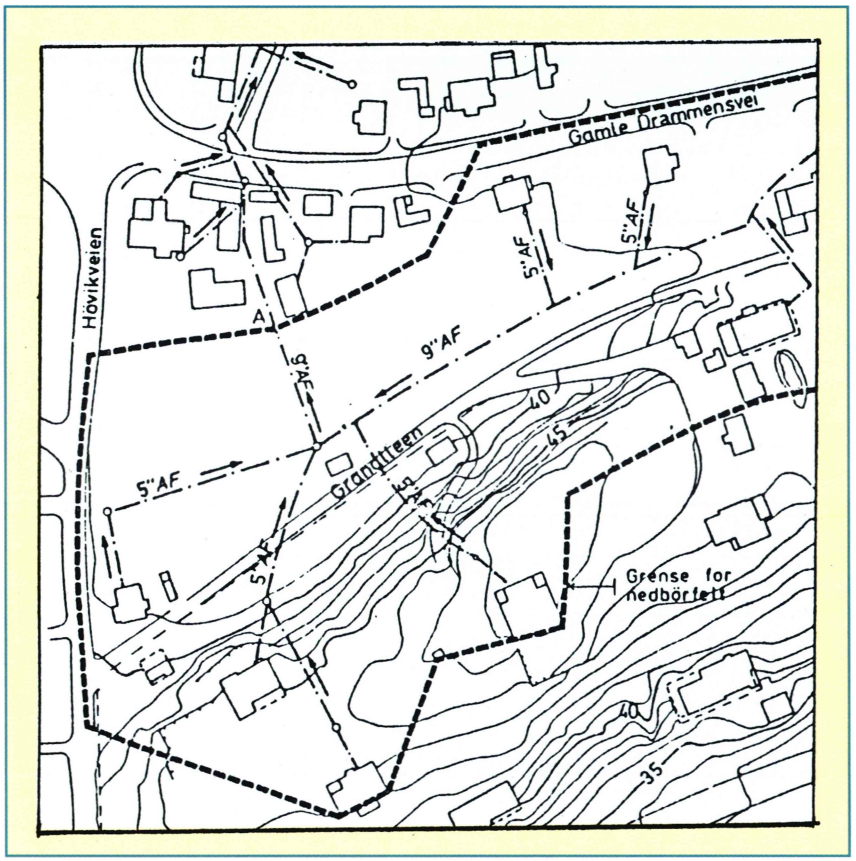
Utbyggingen medførte at avrenningskoeffisienten økte fra 0.17 til ca 0.3 i området for den nye bebyggelsen. Ved å legge om til separatsystemet i dette området, ble det maksimale tilløpet til den nye spillvannsledningen 8.5 l/s lavere enn tilløpet til den gamle fellesledningen hadde vært. Denne vannføringen ble satt som øvre grense for tilløpet fra overvannssystemet til 9"-ledningen. For å klare dette, måtte overvannet fordrøyes. Det ble bygget et grøftemagasin av kulvertrør omfylt med singel. Figur 6.10 viser anlegget i plan og snitt.

Anlegget ble opprinnelig dimensjonert for 2-års regnet, kfr. figur 6.11. Tilløpskurven på figur 6.11 viser tilløpet til grøftemagasinet ved nedbør av forskjellig varighet. Utløpskurven angir hvor meget som har rent ut mens regnskyllet pågikk. Avstanden mellom de to kurvene angir nødvendig fordrøyningsvolum. I dette tilfellet oppgikk det til 35 m^3. Av sikkerhetsgrunner, og på grunn av at man nærmest fikk kulvertrørene gratis, ble det bygget et større magasin enn strengt tatt påkrevet. Anlegget har vært i drift i en årrekke og det fungerer etter forutsetningene.

6.3 Sammenlikning av metoder

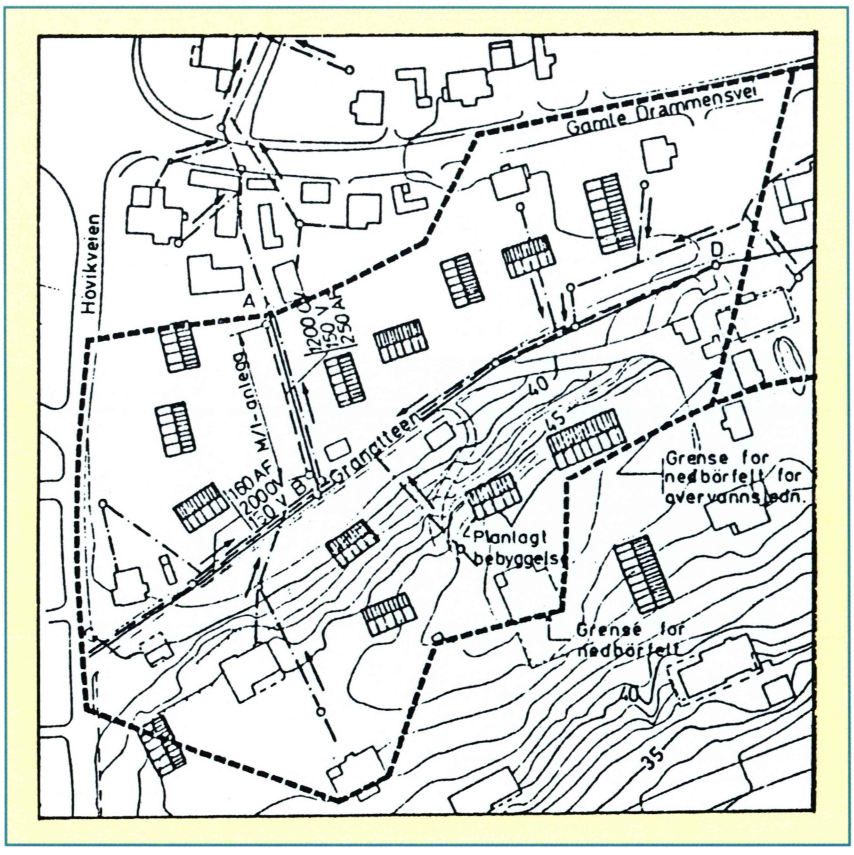
For elven Emscher, kfr. punkt 3.1, er det utført omfattende modellstudier av forskjellige flomreduserende tiltak (Londong et al. 1991). Figur 6.12 viser Emschers nedbørfelt.

Hele Emscher's nedbørfelt er tett befolket og skadevirkningene av flom har vært store. Det har derfor vært påkrevet med omfattende tiltak for å flomskadene såvel langs Emscher som langs sidevassdragene. Flomverkene er inntil 8 m høye. Flomvannføringene har økt i betydelig grad, og man mener at dette skyldes at arealer med tette flater har økt og at overvannsavrenningen



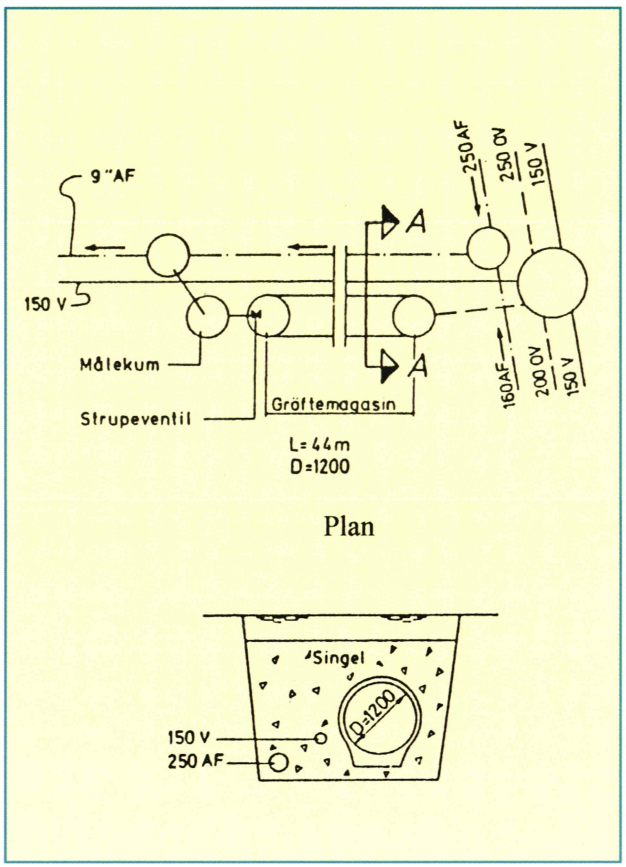
Figur 6.8 Gammelt boligområde.

Figure 6.8 Old residential area.



Figur 6.9 Fortettet område.

Figure 6.9 New developments.



Figur 6.10 Grøftemagasin av kulvertrør.

Figure 6.10 Detention in large pipes.

skjer betydelig raskere enn tidligere. Dimensjonerende flomvannføring i Emscher er økt fra 170 m³/s til mer enn det dobbelte i dag. Bakgrunnen for de studiene som er gjennomført er ønsket om å få vurdert effekten av ulike tiltak i nedbørfeltet med tanke på dempning av flomvannføringene. Riktig nok har man i dag rimelig sikkerhet mot skadeflommer, men til gjengjeld er forbygningene så store at man gjerne ser at enn viss nedbygging er mulig. Dette er en av flere begrunnelser for at tilløpet til Emscher bør begrenses

De tyske analysene omfatter blant annet følgende typer flomdempningstiltak:

Tiltak type 1: LOD - tiltak i de enkelte delområder.

Man foretok en tredeling av avløpet:
- Takvann, avløp fra gårdsplasser og annet ikke forurenset overvann ledes til infiltrasjonsgrøfter. Vannet renner gjennom matjordslaget før det går til infiltrasjon.
- Avrenning fra gater etc. avledes i underjordiske kanaler. Disse legges med lite fall. Skjøtene er åpne slik at man også her har en viss infiltrasjon i grøftene. Videre får man en fordrøyning av avrenningen. Kanalene ender i bassenger nær elven. Tilløpet til elven skjer ved infiltrasjon gjennom bunnen av bassengene. På denne måten oppnår man å få renset overvannet i tillegg til at utslippet blir utjevnet.
- Spillvann, og overvann som ikke kan frakobles, avledes i rørledninger som tidligere.

Ved disse tiltakene oppnådde man å få frakoblet 5 % av de tette flatene. Volumet av infiltrasjons-/perkolasjonsmagasiner ble 50 m³/ha tett flate.

Tiltak type 2: Bruk av fordrøyningsbassenger og overløpsbassenger.

Totalt bassengvolum var satt til 120 m³/ha tett flate med varierende utslippsmengde pr tidsenhet.

Tiltak type 3: Bredding av høyvannstverrsnittet for Emscher.

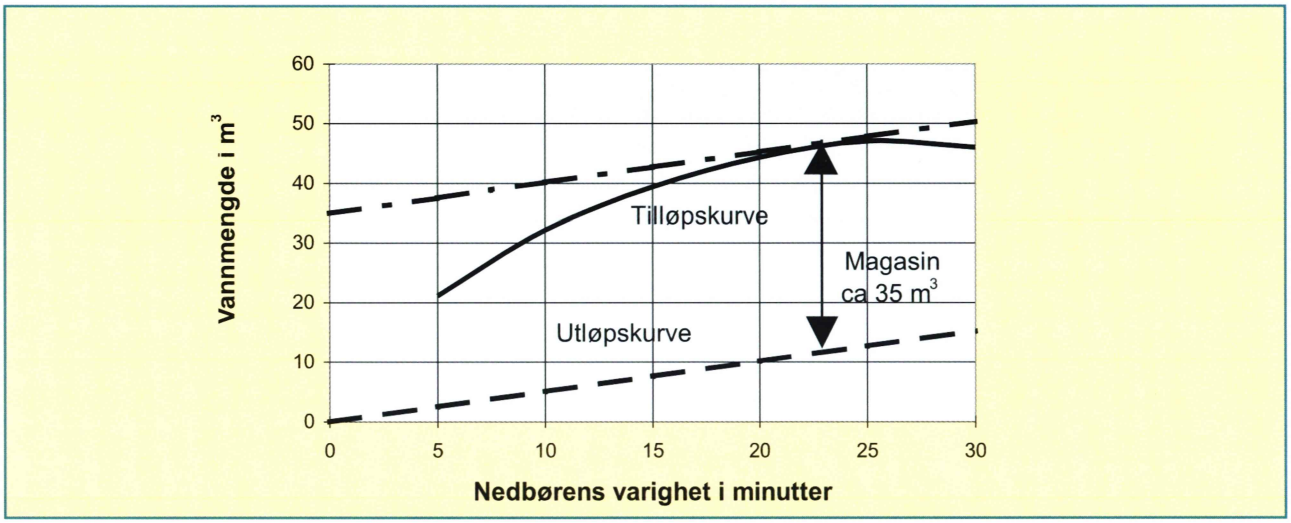
Bredden av høyvannstverrsnittet ble, avhengig av forholdene, satt til 2 til 5 ganger normal elvebredde.

Tiltak type 4: Bruk av elvemagasiner.

I beregningene ble det brukt 56 magasiner med totalt volum 56 millioner m³. Dette tilsvarer ca 400 m³/ha. Se figur 6.12.

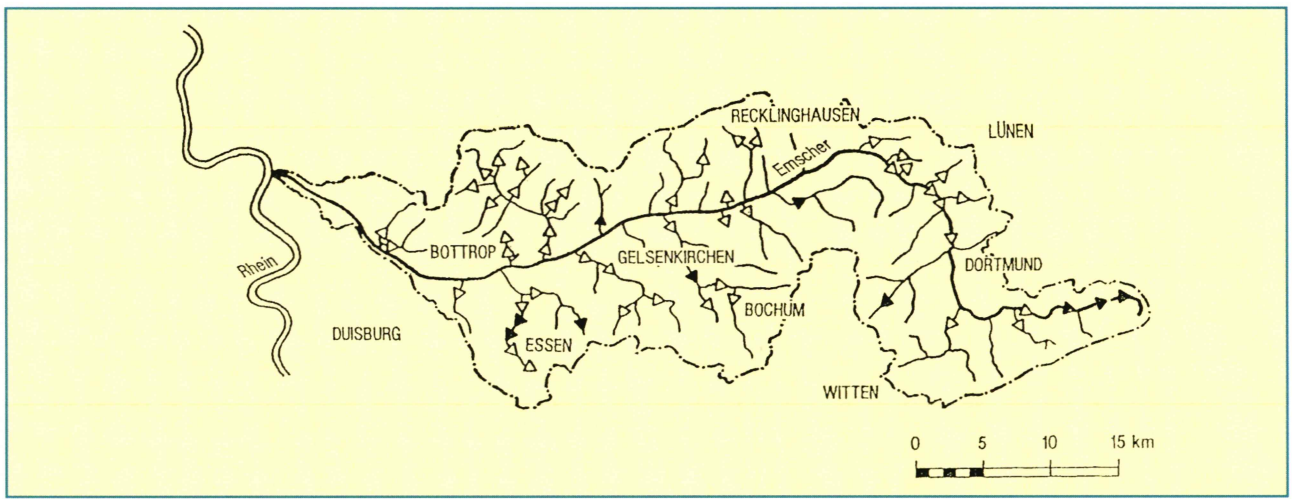
Resultatet av modellstudiene er sammenstilt i figur 6.13. Figuren viser effekten av de vurderte tiltakene på såvel små flommer med gjentaksintervall 2 år som på katastrofeflommene med gjentaksintervall 200 år. Vi ser av figuren at for samtlige LOD-tiltaks vedkommende er den flomdempende effekten for hovedvassdraget størst for de hyppig forekommende småflommene og langt mindre for storflommene. Til sammenlikning synes elvemagasinene å ha størst effekt på storflommene.

Med de forutsetninger som er lagt til grunn i studien av Emscher er den flomdempende effekten av frakobling og infiltrasjon/perkolasjon liten når det gjelder hovedvassdraget. For 2-års flommene kan man redusere flomvannføringen med ca 10 % mens effekten på storflommene er minimal. Fordrøyning har stor effekt på småflommer og kan også redusere storflommene med ca 5 %. Bredding av elveløpet synes å være uinteressant som flomdempende tiltak.



Figur 6.11 Beregning av nødvendig fordrøyningsvolum.

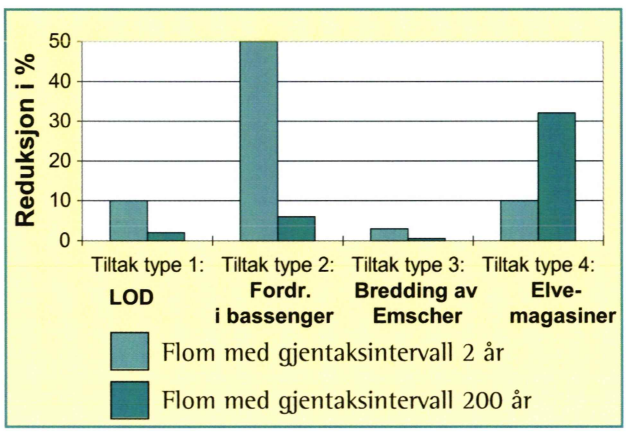
Figure 6.11 Calculation of necessary detention volume.



Figur 6.12 Nedbørfeltet for elven Emscher

Figure 6.12 Catchment basin of river Emscher

Trekantsymbolene markerer eksisterende og planlagte elvemagasiner.



Figur 6.13 Ulike tiltaks effekt på flomvannsføringen i elven Emscher.

Figure 6.13 The effect of local measurements to reduce the peak flow of river Emscher.

7. Eksempel på LOD/TOD - bestemmelser i byggeforskriftene

Flere norske kommuner har bestemmelser om bruk av LOD/TOD. Imidlertid har jeg valgt å bruke bestemmelsene som gjelder for byen Bellvue i staten Washington i USA som eksempel på hvorledes LOD/TOD kan praktiseres. Disse er meget omfattende og detaljerte.

Bellvue er en ny og meget moderne by. Området er kupert, og klimaet likner svært på norsk vestlandsklima. LOD/TOD - bestemmelsene er inntatt i de såkalte Development Standards som gjelder for all utbygging.

Mer detaljert gjelder bestemmelsene:

- Alle nye tomter
- Anleggelse av tette flater større enn 270 m^2
- Større utvidelser og ombygginger
- Utbygginger som endrer overvannets utslippspunkt, hastighet eller som medfører at overvann forurenses
- Nyanlegg eller ombygging av offentlige veier
- Utbygginger nær vassdrag
- Utbygging i flomsonen for 100-års flom

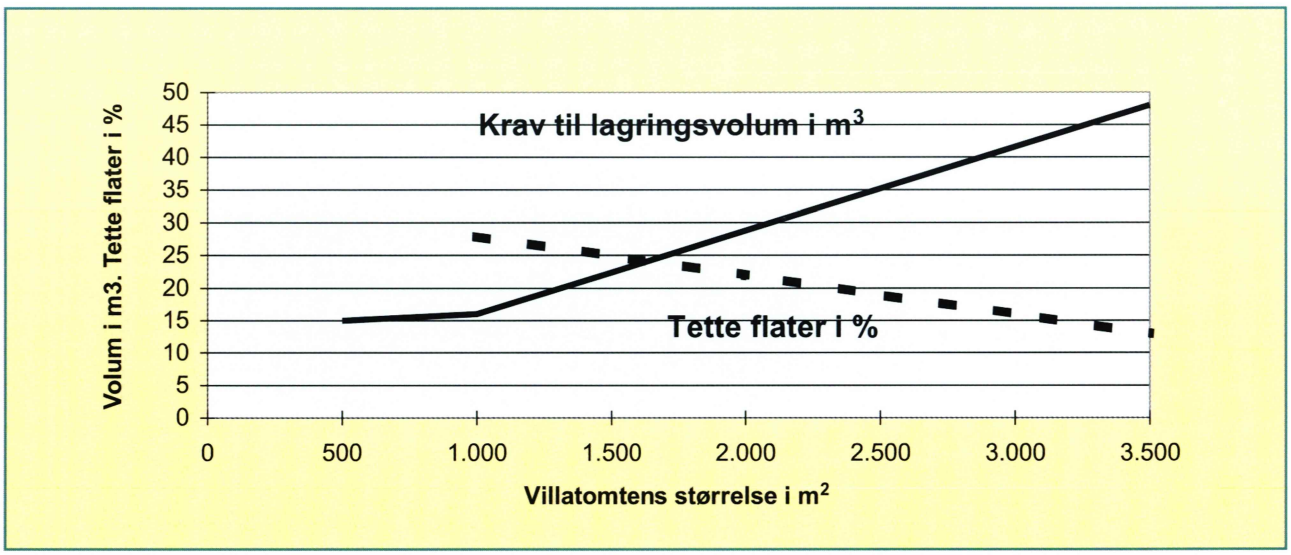
For å få tillatelse til utbygging må det utarbeides meget detaljerte overvannsplaner som ikke bare gjelder selve utbyggingsområdet, men også ovenforliggende områder. Det skal vedlegges hydrauliske beregninger, ledningsprofiler, kumtegninger, beskrivelse av LOD-tiltakene som foreslås etc. Muligheten for at kan oppstå feil skal vurderes, og den risiko eventuelle feil medfører for naboeiendommer og offentlige anlegg skal analyseres. Det tillegges stor vekt at overvannsanleggene er enkle å vedlikeholde.

Forskriftene tillater følgende typer LOD-anlegg:

- Fordrøyning i åpne bassenger og dammer
- Fordrøyning på takflater
- Fordrøyning på parkeringsarealer
- Fordrøyning i underjordiske bassenger
- Fordrøyning i steingrøfter
- Infiltrasjonsgrøfter

eller kombinasjoner av disse anleggstypene.

Maksimalt tillates en avrenning på ca. 14 l/s*ha totalt areal. (I følge oversiktskart er nedbørhøyden i området 2 - 3 m/år.). Kravet til fordrøyningsvolum er 12.5 og 25 l/m^2 for henholdsvis åpne og tette flater. Er infiltasjonshastigheten lavere enn 12.5 mm/time, anses flaten for å være tett. For villabebyggelse angir forskriftene at arealet av tette flater kan antas å være som angitt i figur 7.1. Figuren viser også hvor stort fordrøyningsvolum eller lagringsvolum som kreves for ulike tomtestørrelser. Tomter opp til ca 1000 m^2 skal i henhold til figur 7.1 ha et fordrøyningsvolum på minimum 16 m^3.

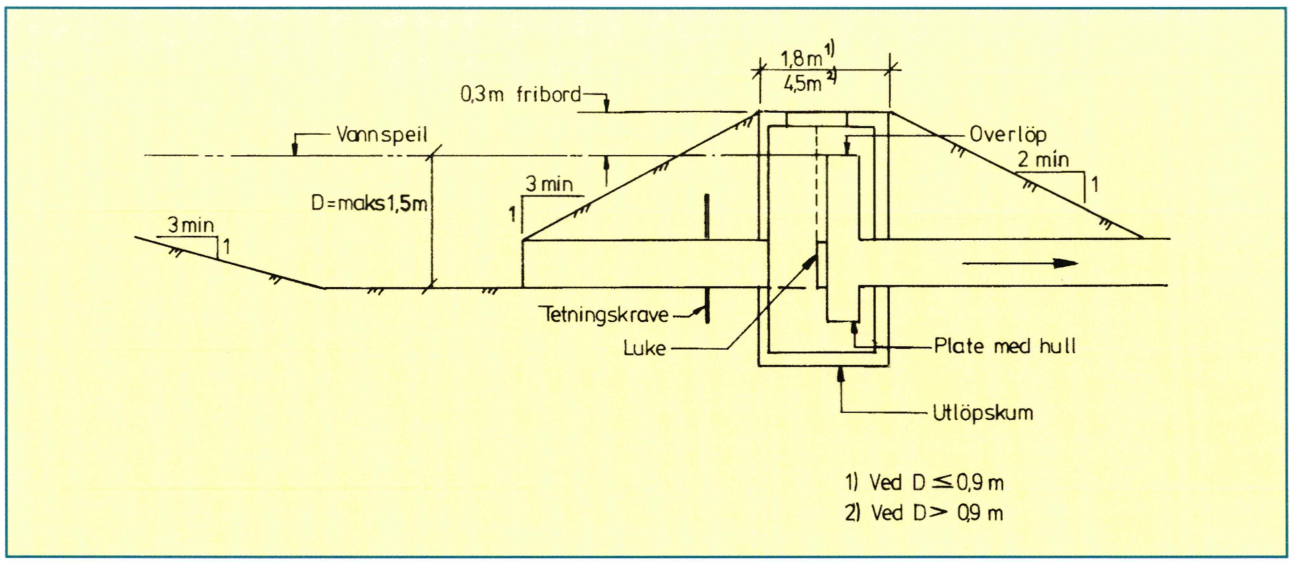


Figur 7.1 Krav til lagringsvolum.

Figure 7.1 Storage requirements for plats.

Figurene 7.2 - 7.9 viser noen av de typene LOD/TOD - anlegg som er godkjent for bruk i Bellvue og fotografier av utførte anlegg.

I Bellevue bruker man parker og parkliknende arealer til fordrøyning og infiltrasjon av overvann. LOD/TOD - anleggene er ikke fremtredende eller skjemmende. De er godt tilpasset omkringliggende terreng og miljø. Alle skråninger er som regel slake, maksimalt fall er 1:3 i parkområder. Gressmattene er gjennomgående. De overløpsdammene jeg så ved en befaring i 1983 var relativt grunne. Maksimal vanndybde var under 1 m. Bassengene sto tomme når det ikke var nedbør. Figur 7.2 viser et snitt gjennom en fordrøyningsdam og figur 7.3 er et fotografi av to fordrøynings-/infitrasjonsdammer i et parkområde.



Figur 7.2 Snitt gjennom fordrøyningsdam.

Figure 7.2 Typical detention pond.

Figur 7.3 Fordrøyningsdammer i park.

Figure 7.3 Detention ponds.

Figur 7.4 Park brukt til gjennomstrømningsbasseng.

Figure 7.4 Park used for detention of storm water.

Figur 7.5 Oppdemning i bekkedal.

Figure 7.5 Detention basin in creek valley.

I parker med bekkeløp bygget man noe større dammer, og følgelig var også vanndybden større. Ved befaringen til et slikt anlegg i 1983, se figur 7.4, var det få synlige tegn på at parken til tider sto under vann. Kun på arealene nærmest bekken var det noe slam. Her hadde man da også hyppige oversvømmelser. Det eneste problemet man i følge kommunen hadde med dette anlegget gjaldt de papirkurvene som man ser midt på bildet. Et par dager før bildet ble tatt hadde det vært kraftig nedbør i området, og hele parken hadde da stått under vann. Vannmassene hadde veltet papirkurvene.

Der forholdene lå til rette for det, bygget man demninger i bekkedaler som lå utenfor allfarvei. Her kunne vanndybden bli betydelig. På bildet, figur 7.5, ser vi en slik demning. Gangbanen øverst på bildet benyttes for regulering av bunnløpet. I forkant ser vi overløpsarrangementet.

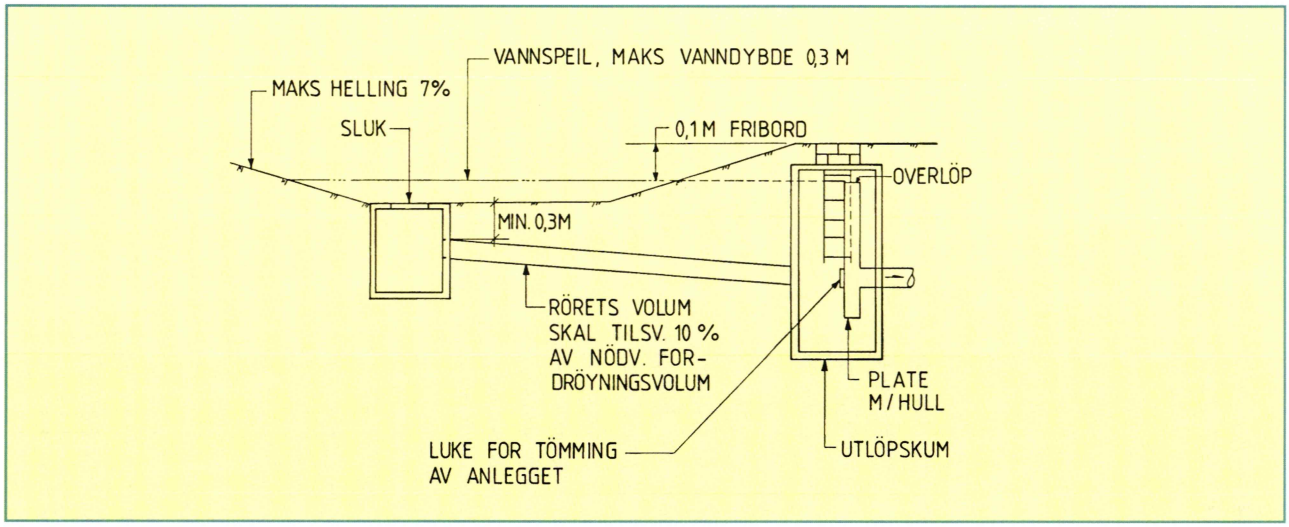
På figur 7.6 er midtdeleren i en hovedgate bygget som fordrøyningsbasseng.

Figur 7.6 Midtdeler benyttet for fordrøyning.

Figure 7.6 Road ditch used for detention.

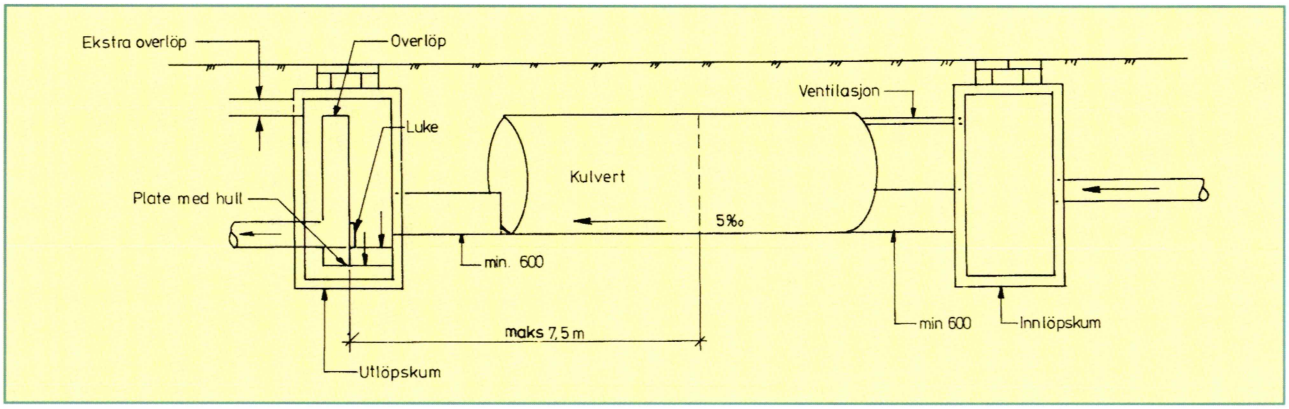
Figur 7.7 viser systemtegning for fordrøyning på parkeringsareal. Her er det fordrøyning såvel på terreng som under. Tillatt vanndybde er satt til 0.3 m.

Figur 7.8 viser en typegodkjent løsning for fordrøyning i kulvertrør. Byggeforskriftenes forslag til utførelse av infiltrasjonsanlegg for villatomter er vist på figur 7.9.



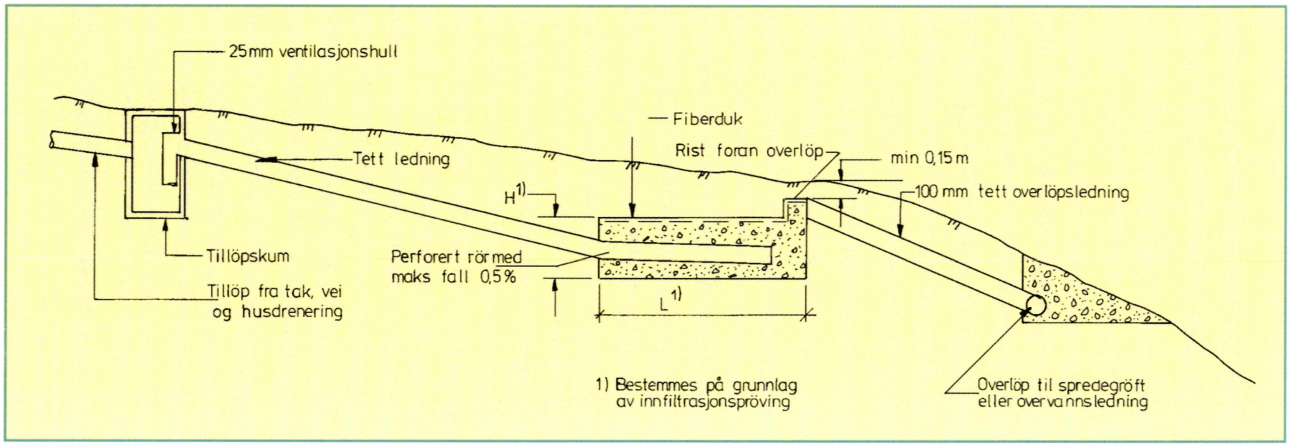
Figur 7.7 Fordrøyning på parkeringsareal.

Figure 7.7 Parking lot ponding.



Figur 7.8 Fordrøyning i kulvertrør.

Figure 7.8 Detention in large pipes.



Figur 7.9 Infiltrasjonsanlegg for villatomt

Figure 7.9 Infiltration system for individual lots

8. Konklusjoner

Følgende hovedkonklusjoner kan trekkes når det gjelder bruken og effekten av LOD/TOD-løsninger som flomdempende tiltak:

A. Vedrørende bruken av LOD/TOD

LOD/TOD synes ikke å ha vunnet særlig innpass i de tettstedene langs Gudbrandsdalslågen og Glomma som var flomutsatt i 1995 og som omfattes av Jordforsk's undersøkelse i 1997. I begrenset omfang infiltreres overvann fra takflater og andre tette flater. Fordrøyning forekommer nesten ikke. Potensialet for infiltrasjon er imidlertid stort.

B. LOD/TOD som flomdempende tiltak for lokale vassdrag

LOD/TOD kan ha betydelig flomdempende effekt på lokale vassdrag, det vil si vassdrag som har tettstedet som en vesentlig del av nedbørfeltet. Videre kan nødvendig kapasitet i ledningsnettet mer enn halveres ved systematisk bruk av LOD/TOD.

C. LOD/TOD som flomdempende tiltak for hovedvassdrag

Dersom hovedvassdragets nedbørfelt er vesentlig større enn tettstedenes areal, synes effekten av LOD/TOD som flomdempende tiltak å være liten.

REFERANSER

Adams, R. m.fl.1995. Städtebauliche Bedingungen für ëin umweltverträgliches Entwässerungskonzept - Fallstudie Hameln / Tundern -. SuG 31/1995.

Brosjyre fra Fränkische. Muri-pipe. Rohrsystem fur die Mulden-Riolen-Versischickerung.

Byggforsk. Rapport A514.114, 1989. Lokal overvannshåndtering.

Eilertsen E. 1989. Lokal overvannsdisponering LOD - løsninger. Oversikt over anlegg og erfaringer i Norge og Sverige. NTH 1989.

Endresen S. 1991. Eksempler på LOD fra Oslo og Bærum mm. NIF-kurs.

Endresen S. 1990. Overvannshåndtering. NIF-kurs.

Endresen S. 1984. Påbudt lokal fordrøyning og/eller infiltrasjon av overvann: Er Bellevues opplegg noe for oss? Ingeniørnytt 1984.

Fujita S. 1996. Measures to Promote Stormwater Infiltration. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Haneda M. m.fl. 1996. Study on Durability of Underground Infiltration Facilities Through Long-term Survey. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Harms R.W. :1996. Stormwater Infiltration in Germany - Technical Standards. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Holmstrand O. m.fl. 1980. Perkolationsmagasin i ett lerområde. Meddelande nr 54, CTH

Holmstrand O. og Lindvall P. 1979. Infiltrera dagvatten. Naturvårdsverket 1979.

Huhn V. m.fl. 1996. Alternative Stormwater Management Concept for Urban and Suburban Areas. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Jansen E. m.fl. 1992. Lokal dagvattenhandtering. Erfarenheter från nogra anläggningar i drift. VAV - rapport nr 1992-09.

Lindholm O.G. og Aune B. 1983. De dimensjonerende regnintensiteter må reduseres for større avløpsfelt. Vann 4, 1983.

Lindholm O.G. 1976. Nedbørforhold - overløpsmengder - fordrøyning. Vann 4, 1976.

Lindvall P. m.fl. 1981. Driftsaspekter på dagvatteninfiltration. Rapport R14:1981 fra Byggforskningsrådet.

Londong Dieter m.fl.1991. Konzept zur Verminderung der Hochwasserabflüsse. Emschergenossenschaft, Essen 1991.

Malmquist P.A. m.fl. 1981. Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. Meddelande nr 59, CTH

Mikkelsen P.S. m.fl. 1996. An easy-to-use Conceptual Design Method for Stormwater Infiltration Structures. Innlegg på 7th International Conferenceon Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Myrabø S. 1995. Urban avrenning. NVE-rapport 24 1995.

Naturvårdsverket , Meddelande 1/1983. Dagvattenhantering. Planering och miljøeffekter.

NHK-rapport 1/86. Lokal overvannsdiponering.

NHK-rapport 3/86. Sandslifeltet, Bergen. Statusrapport.

Nordforsk-prosjekt november 1978. Seminar om utjevningsbassenger.

Nordeide T. 1996. Lokal håndtering av overvann i byer og tettsteder. Oslo vann- og avløpsverk.

Nordiska ministerrådet, 1981. Utjämningsbasseng i avloppsnät-planering och dimensionering.

NTNF-rapport 85/88. Bruk av permeabel asfalt ved lokal overvannshåndtering.

NTNF, Prosjektrapport 12/84. Lokal handtering av overvann i bratt terreng.

Oka T. 1996. Urban Storm-runoff Control by Gravel Storage-infiltration Method. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Publikation VAV P46 1983. Lokalt omhändertagande av dagvatten - LOD.

Rudolph K-U. m.fl. 1996. Economic Aspects of Alternative Stormwater Management. Innlegg på 7th International Conferenceon Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Schmitt T.G. 1996. Integrated storm water management in urban areas. European Water Pollution Control, Volume 6, Number 3.

SFT, TA - 568. Veiledning ved infiltrasjon av overvann - metoder og tekniske løsninger.

SFT, TA - 531. Retningslinjer for håndtering av overvann.

Stecker A. m.fl. 1996. Alternative stormwater drainage concept and design - a demonstration object. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Tveit O.T. m.fl. 1996. Storm Water Infiltration in Large Urban Areas as an Alternative to Capacity Extensions. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Uhl M. m.fl. 1996. Water concept for a new district in Hanover. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Wada Y. m.fl. 1996. Evaluation of an Improvement in Runoff Control by Means of a Construction of an Infiltration Sewer Pipe Under a Porous Asphalt Pavement. Innlegg på 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover 1996.

Kontaktpersoner

formann i styringsgruppen:

Ola Skauge
Tlf. 73 58 05 00
E-post: ola.skauge@dirnat.no

programleder:

Arnor Njøs
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 70 (Jordforsk)
Tlf. 22 95 90 98 (NVE)
E-post: arnor.njos@jordforsk.nlh.no
E-post: xarn@nve.no.

naturgrunnlag og arealbruk:

Arne Grønlund
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 09
E-post: arne.gronlund@jordforsk.nlh.no

Noralf Rye
Universitetet i Bergen
Tlf. 55 58 34 98
E-post: noralf.rye@geol.uib.no

tettsteder:

Oddvar Lindholm
Norges Landbrukshøgskole
Tlf. 64 94 87 08
E-post: oddvar.lindholm@itf.nlh.no

flomdemping, flomvern og flomhandtering:

Dan Lundquist
Glommens og Laagens
Brukseierforening
Tlf. 22 54 96 00
E-post: post@glb.no
E-post: danlund@sn.no

skaderisikoanalyse:

Nils Roar Sælthun
Norsk institutt for vannforskning
Tlf. 22 18 51 21
E-post: nils.saelthun@niva.no

miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak:

Olianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 24
E-post: oli@nve.no

databaser og GIS:

Lars Andreas Roald
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 40
E-post: lars.roald@nve.no

modellarbeid:

Ånund Killingtveit
Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
Tlf. 73 59 47 47
E-post: aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no

programadministrasjon:

Olianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 24
E-post: oli@nve.no
Hjemmeside: http://www.nve.no

Per Einar Faugli
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 90 85
E-post: pef@nve.no

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

Kontoradresse: Middelthuns gt. 29

Postadresse: Postboks 5091 Maj. 0301 Oslo

Forsidefoto: Svein Endresen. Fordrøynings-/infiltrasjonsbasseng i parkområde.
Omslag: Gazette. Layout: ABC Visuell Kommunikasjon. Trykk: Worums Trykkeri. ISBN 82-410-0349-8