

REDUSERT AVRENNING FRA URBANE FELT ET EKSEMPEL PÅ LOKAL OVERVANNSHÅNDTERING

Restoration of the hydrological regime after urban development

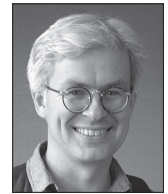
av MARK J. HOOD¹, JOHN C. CLAUSEN¹, GLENN S. WARNER¹ og BENT C. BRASKERUD²

¹ Department of Natural Resources Management and Engineering, The University of Connecticut
1376 Storrs Road, Storrs, CT 06269-4087, USA

e-mail: hoodmark@hotmail.com, John.Clausen@uconn.edu

² Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Postboks 5091 Majorstua, N-0301 Oslo, Norge

e-mail: bcb@nve.no



Abstract

Urbanization of a watershed increases the volume and peak discharge of runoff. This paper shows how the use of low impact development (LID) best management practices (BMPs) influences site hydrology by comparing two newly established residential areas in Connecticut, USA. The watersheds were 2.0 and 1.7 ha for the traditional storm water management and LID area respectively. Best management practices used in the LID include swales, permeable pavement, rain gardens and a bio-retention area (area for short time flooding). Results show that the LID area increased the lag time from rainfall to runoff for “small” rain events. For “large” rain events the effect on the lag time was not as clear. However, LID significantly decreased the runoff volume and intensity. In addition, the precipitation required to induce runoff in the LID was twice as large as from the traditional housing area.

Key words – Urban avrenning, overvannshåndtering, regnbed, flomdemping, initialtap, kunnskapsbehov

Sammendrag

Utbygging (urbanisering) av nedbørfelt øker andelen av tette flater. Ved nedbør øker avrenningshastigheten og flommens størrelse sammenlignet med avrenning før utbygging. Dette kan gi problemer med overvannshåndteringen og resultere i oversvømmelser og erosjon. Lokal overvannsdempning (LOD) kan dempe de negative konsekvensene. Artikkelen sammenligner to små nedbørfelt med eneboliger: Ett med tradisjonell overvannstiltak og ett med LOD-tiltak. LOD-tiltakene var graskledde grøfter, permeable vegger, regnbed og et lite areal for midlertidig oversvømmelse. Resultatene viste at flommene fra LOD-feltet ble betydelig redusert.

Bakgrunn

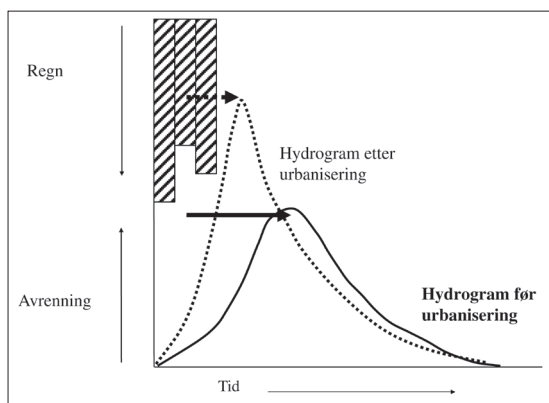
Anleggelse av bygninger og vegger i nedbørfeltene øker vanligvis mengden og intensiteten av vann som renner av (fig. 1). Det har vært en betydelig økning i flomskadeutbetalinger i norske kommuner (Lindholm m.fl., 2005). Situasjonen er i ferd med å forverre seg pga. klimaendringene. Langtidssenario for Norge inkluderer 5–20 % økning i nedbøren i løpet av neste århundre, og økt hyppighet av ekstremnedbør (RegClim, 2005). Økt nedbørintensitet er av spesiell betydning.

Planleggere av bygg og vegger trenger mer informasjon om hyppighet og størrelse på flomavrenning, samt tiltak

som kan benyttes for å dempe eller forsinke avrenningen (Lindholm, 2005). I denne artikkelen vil vi presentere resultater fra et tradisjonelt boligfelt som sammenlignes med et felt med utstrakt bruk av tiltak for lokal overvannsdempning (LOD).

Boligfeltene

To boligfelt er anlagt: Det ene er utviklet på tradisjonell måte, mens det andre er tilpasset LOD tiltak (Fig. 2). Eneboligene ligger i byen Waterford i staten Connecticut på østkysten av USA nær den canadiske grensa. Klimaet



Figur 1. Tiden fra nedbør til avrenning avtar ofte ved bygging i nedbørfeltet (stiplet pil). Ved bruk av LOD forsøker en å forsinke og redusere flomtoppen (heltrukket pil).

tilsvarende klimaet i sør Sverige med periodevis snøfall. Årlig nedbør er ca 1300 mm. Etter ferdigstillingen i 2002/2003 var andelen tette flater større i det tradisjonelle enn i LOD-feltet (henholdsvis 32 og 22 %). Det tradisjonelle området hadde 17 boliger, mens LOD-feltet hadde 12. Det siste var imidlertid noe mindre i areal, slik at spesifikk avrenning skulle være tilnærmet lik ved lik boligutvikling på begge felt. Det er tinglyst en 10-årig heftelse på eiendommene slik at undersøkelsen

kan pågå uten at beboerne endrer tiltakene. Dominerende jordtype er siltig sand.

Tiltakene som ble benyttet i LOD-feltet er:

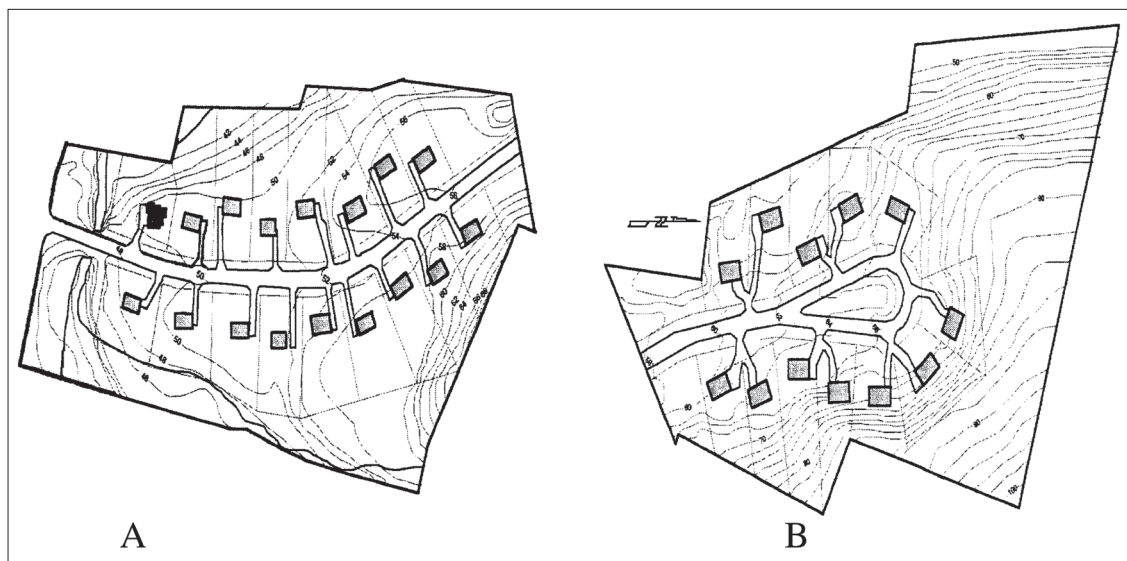
- Grasdekkede vegggrøfter/vannveger (swales) fremfor nedløpskummer og lukkede grøfter.
- Permeable (vanngjennomtrengelige) vegger fremfor tett asfalt.
- Regnbed (rain garden) som holder tilbake vann fra tak og andre tette flater (fig. 3).
- Areal som midlertidig kan stå under vann. LOD-feltet har et sentralareal for dette formålet (sentrum av rundkjøringen i fig. 2).

Avrenningen ble målt ved hjelp av målerrenner i overvannsledninger og i de grasdekkede vannvegene. I løpet av en 2-års periode ble ca 100 nedbør/avrenningsepisoder registrert (fig. 4). Episoder med snøsmelting ble unntatt. Målet var å kvantifisere virkningen av LOD-tiltak ved å sammenligne avrenningen fra felt med tradisjonell boligutvikling.

Resultatene er en del av det pågående prosjektet: Jordan Cove Urban Watershed Project, og er presentert av Hood m.fl. (2006).

Nedbør før avrenning (initialtap)

Det var ventet at avrenningen fra LOD-feltet var forsinket sammenlignet med det tradisjonelle feltet. Figur 4 viser nedbør- og avrenningsepisodene som ble studert i



Figur 2. Et tradisjonelt boligfelt med nedløpskummer og rask bortledning av overvann (A) er sammenlignet med et nabofelt (B) der LOD er søkt implementert. Den bebygde delen av A er litt større enn B (henholdsvis 2,0 og 1,7 hektar).

Tabell 1. Gjennomsnittlig forsinkelse i minutter etter regn, avrenningsvolum og intensitet ved forskjellig nedbørmengder (liten og stor). Se figur 5 for forklaring av A–D.

	< 25 mm (liten)			> 25 mm (stor)		
	n	LOD	Tradisjonell	n	LOD	Tradisjonell
A: Regnets tyngdepkt. – flomtopp (min)	62	39 a	6 b	21	42 a	24 a
B: Regnets tyngdepkt. – avr. tyngdepkt. (min)	47	54 a	15 b	19	81 a	34 b
C: Start regn – flomtopp (min)	62	129 a	92 b	15	249 a	192 a
D: Max regn – flomtopp (min)	57	36 a	7 b	19	58 a	36 a
E: Avrenning (mm)	76	0,1 a	1,1 b	21	1,7 a	10,0 b
F: Flomtopp (l/s/ha)	60	0,7 a	9,2 b	21	3,7 a	18,0 b

For hver variabel (A–F) og nedbørskategori (liten / stor) vil gjennomsnittet (X og Y) fulgt av samme bokstav (X a og Y a) *ikke* være statistisk signifikant forskjellig (for $P < 0,05$). X a og Y b viser at resultatet er forskjellig. n er antall episoder der en fikk resultat fra begge felt.

undersøkelsen. Om lag 3 mm nedbør var nødvendig for å skape avrenning i det tradisjonelle feltet, mens 6 mm skapte avrenning i LOD-feltet. Undersøkelser av initialtapet i svenske og norske byer er ofte under 1 mm (Bøyum m.fl., 1997). Den store forsinkelsen i den amerikanske undersøkelsen skyldes trolig sandjordas gode infiltrasjonskapasitet. LOD gir likevel en forbedring på 100 % sammenlignet med tradisjonell boligutvikling.

Avrenningens størrelse mht. nedbørens størrelse

Avrenningen varierer med nedbørstørrelsen (fig. 4). For å undersøke nedbørens betydning på avrenningsvolum, intensitet og varighet, kan ulike deler av hydrogrammet

(avrenningskurven) vektlegges. Figur 5 viser hvordan tidspunktet fra regn til avrenning kan sammenlignes.

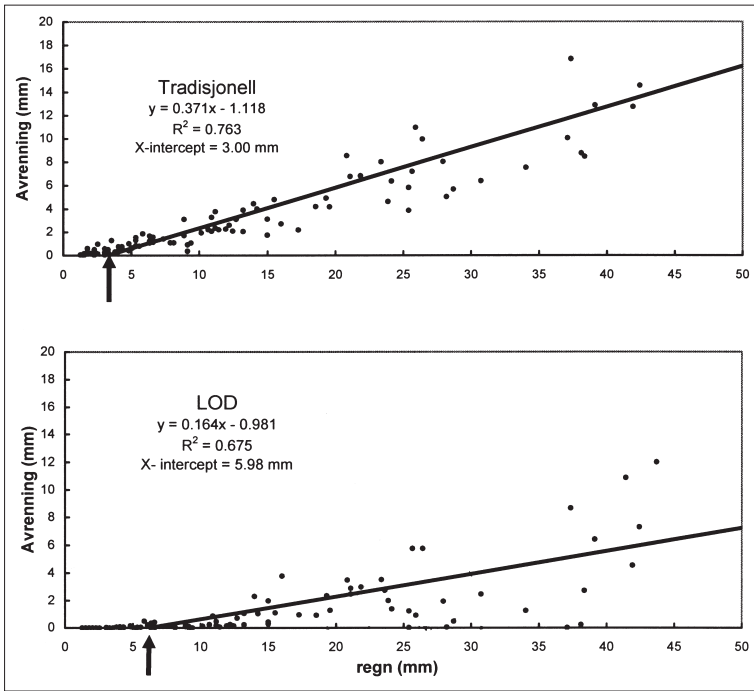
Regneepisodene ble gruppert etter mengde. Regn over 24 mm ble regnet som *stor nedbør* (fig. 4). For å kunne sammenligne feltene ble kun regn som ble registrert som avrenning i begge felt benyttet. Antall observasjoner (n) kan derfor variere. LOD-tiltakenes virkning på avrenningen er presentert i tabell 1.

Ved *små* nedbørmengder var avrenningen fra LOD-feltet alltid betydelig forsinket sammenlignet med tradisjonell boligutvikling. Fra tidspunktet for regnets tyngdepunkt til høyeste vannføring (A i tabell 1) var forsinkelsen i gjennomsnitt 39 minutter for LOD-feltet. Det er en forsinkelse på over 6 ganger sammenlignet med det tradisjonelle feltet!

Store regn ble også forsinket, men forsinkelsen var ikke statistisk sikker (for A, C og D i tabell 1). Vann-



Figur 3. Regnbed er et blomsterbed med arter som liker høy fuktighet. Bedet lages slik at vannet infiltrerer jorda i løpet av 24 timer. Dermed unngås problem med mygg (mer om rain gardens finnes på internett).



Figur 4. Regnmengde som var nødvendig for avrenning (indikert med pil) i det tradisjonelle og LOD-feltet.

volumets tyngdepunkt (B) brukte imidlertid over dobbelt så lang tid fra LOD-feltet som fra det tradisjonelle boligfeltet.

Selv om flomtoppen ved *store regn* ikke alltid ble forsinket ved bruk av LOD-tiltak, ble den totale avrenningen betydelig dempet (E i tabell 1). Mens den gjennomsnittlige avrenningen etter *store* enkeltregn kunne

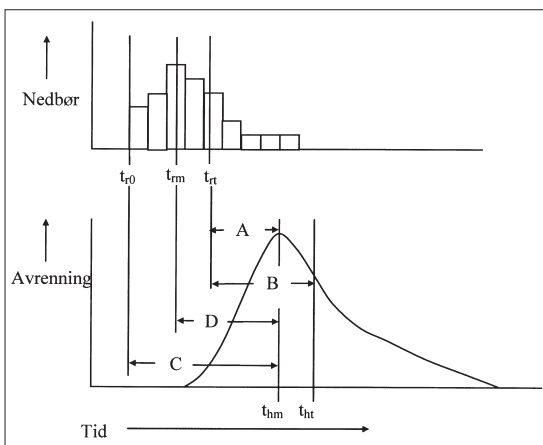
være 10 mm per episode fra det tradisjonelle feltet, var det kun 1,7 mm fra LOD-feltet. Kun 17 % av nedbøren som rant av det tradisjonelle feltet, rant av LOD-feltet. LOD-tiltakene reduserte volumet i sterkere grad fra episoder med *lite* regn. I gjennomsnitt var avrenningskoeffisienten (=avrenning i mm / regn i mm) 0,067 fra LOD-feltet og 0,24 fra det tradisjonelle boligområdet. Begge verdier er lave i forhold til norske data (Bøyum m.fl., 1997).

Flomtoppen eller hydrogrammets høyeste vannføring, ble betydelig redusert ved bruk av LOD-tiltak (F i tabell 1). Dette gjaldt uavhengig av regnmengder. En reduksjon fra 18,0 l/s/ha til 3,7 l/s/ha er en vesentlig reduksjon av vannføringens intensitet.

Oppsummering

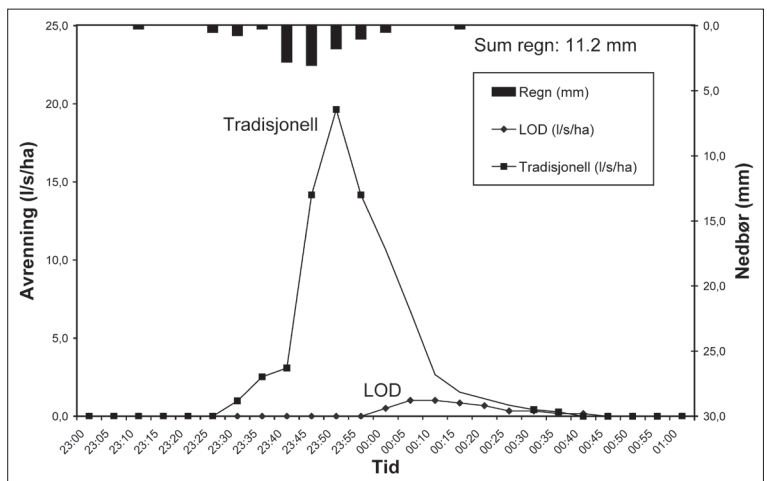
Lokal overvannsdiskonering (LOD) påvirker avrenningen. Flomtoppene og vannvolumet blir vesentlig mindre, og forsinkes ofte. Figur 6 viser en nedbørepisode som summerer mye av diskusjonen over.

Fra regnets tyngdepunkt til topp avrenning (A i fig. 5) tok det 7 minutter i det tradisjonelle feltet, mens det tok 27 minutter i LOD-feltet. Avrenningsintensiteten og volumet ble betydelig dempet der tiltak var anvendt. LOD-hydrogrammets form ligner dessuten mer naturlig avrenning enn det tradisjonelle feltets (se fig. 1).



Figur 5. Tidsforsinkelsen fra regnets start (t_{r0}), max intensitet (t_{rm}) og tyngdepunkt (t_{rt}), kan sammenlignes med tidspunktet for hydrogrammets max vannføring/intensitet (t_{hm}) og tyngdepunkt (t_{ht}).

Figur 6. Nedbør og avrenning fra et regn på 11,2 mm 15. september 2003. Merk at tidsaksen har oppløsning på 5 minutter.



Bruk av LOD tiltak vil i praksis kunne redusere de negative effektene av urbanisering på avrenningsmønstret. Dette kan ha stor betydning for resipientene som mottar vannet, fordi erosjon i bekkeløpene reduseres, og rørnett i mindre grad overbelastes. Hvis vannet gis økt oppholdstid i nedbørfeltet, vil (1) en rekke forurensende stoffer påvirkes av naturlige renseprosesser i jord og vann, (2) en kan bruke mindre rørdimensjoner for avledning av vannet og (3) grunnvannsmagasinet opprettholdes.

Det er laget mange veiledere i overvannshåndtering (f.eks. Endresen, 1998, Schueler og Claytor, 2000, Lindholm m.fl., 2005). Her presenteres nyttige løsninger for flomdemping av urbant overvann. Vi er ikke i tvil om at tiltakene vil ha positiv betydning. Vi har imidlertid lite kunnskap om under hvilke forhold tiltakene fungerer godt og mindre godt. Så vidt vi vet er normer for dimensjonering i liten grad utviklet med støtte i empiriske undersøkelser og for nordisk klima. I planleggingen av LOD-tiltak vil data fra urban-hydrologiske målestasjoner være gode rettleidere for tilpassing til dimensjonerende gjentakintervall for lokale forhold. I Norge samarbeider Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) med kommuner, universiteter og høyskoler om driften av 9 urbanstasjoner. Få stasjoner og mangel på bearbejdede data tvinger planleggerne til utstrakt bruk av generelle erfaringstall, «tommelfingerregler» og modeller som ikke er verifiserte. Dårlig planleggingsgrunnlag kan gi feil dimensjonering, som enten fordyrer anlegg og drift, eller skaper uventede problemer.

Tiden er inne for en ny gjennomgang av antall urbanhydrologiske stasjoner. Nye stasjoner kan med fordel integreres i planer om nye kommunale utbygningsfelter slik at vi kan få håndgripelig informasjon om virkningen av LOD-tiltak under nordisk klima og jordsmonn. Vi ser gjerne at undersøkelser av den typen vi har presentert her gjennomføres i Norden.

Referanser

- Bøyum, Å., T. Eidsmo, O. Lindholm, T. Noreide, T. Semb, R. Skretteberg og E. Markhus, 1997. Anvendt urbanhydrologi. NVE-publikasjon 10/1997, Oslo.
- Endresen, S., 1998. Lokal og total overvannsdisponering (LOD/TOD) – Beskrivelser av anlegg, erfaringer mm. Hydra rapport nr. T03, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Oslo.
- Hood, M.J., J.C. Clausen, G.S. Warner, 2006. Stormwater lag times for a low impact development. Journal of the American Water Resources Association. In press.
- Jordan Cove Urban Watershed Project prosjektet finnes på Internett: http://www.canr.uconn.edu/jordancove/bmp_watershed.html
- Lindholm, O., S. Endresen, S. Thorolfsson, S. Sægrov, G. Jakobsen, 2005. Veiledning i overvannshåndtering. NORVAR rapportnr. 144/2005; 46 s.
- RegClim (2005). Norges klima om 100 år. Usikkerhet og risiko. PDF-fil på <http://www.regclim.met.no/>
- Schueler, T. og R. Claytor, 2000. 2000 Maryland, Stormwater design manual. Volume I and II. Maryland Department of the Environment. Finnes som nedlastbar PDF-fil på <http://www.mde.state.md.us>.

