
LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN — LOD

Anvisningar och kommentarer





SVENSKA VATTEN- OCH AVLOPPSVERKSFÖRENINGEN

REGERINGSGATAN 86

111 39 STOCKHOLM TEL 08 - 23 29 35

PUBLIKATION

VAV P46

jun 1983

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN — LOD

Anvisningar och kommentarer

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
FÖRORD	7
0. BEGREPPSFÖRKLARINGAR	8
1. INLEDNING	12
1.1 Allmänt	12
1.2 Vad menas med lokalt omhändertagande av dagvatten?	13
1.3 Avgränsning av ämnesområdet	15
1.4 Varför LOD?	16
1.5 Planering för LOD	17
2. JURIDISKA OCH ADMINISTRATIVA ASPEKTER	18
2.1 Bestämmelser enligt 1970 års va-lag och ABVA	18
2.2 Brukningsrätt	19
2.21 Nya bebyggelseområden med LOD	20
2.22 Tidigare utbyggda områden	20
2.3 Verksamhetsområde	22
2.31 Nya bebyggelseområden med LOD	22
2.32 Tidigare utbyggda områden som kompletteras med LOD	23
2.4 Plan- och byggnadslovsfrågor	23
2.5 Taxe- och ersättningsfrågor vid LOD inom tomtmark	24
2.51 Anläggningsavgifter	24
2.52 Brukningsavgifter	26
2.6 Typfall. Nytt exploateringsområde där LOD tillämpas	27
2.61 Beskrivning	27
2.62 Genomförande	27
2.63 Taxe- och ersättningsfrågor	27
2.64 LOD tillämpas endast delvis	27
2.7 Typfall. Förtätningsområde där LOD tillämpas för nyttillkommande fastigheter	28
2.71 Beskrivning	28
2.72 Genomförande	28
2.73 Taxe- och ersättningsfrågor	28
2.8 Typfall. Tidigare utbyggda områden där LOD påtvingas redan anslutna fastigheter	28
2.81 Beskrivning	28

2.82	Genomförande	29
2.83	Taxe- och ersättningsfrågor	29
2.9	Om LOD-anläggningen inte fungerar	30
2.91	LOD-anläggning har utförts felaktigt eller missköts	30
2.92	LOD-anläggning fungerar inte på grund av bristande naturliga förutsättningar	30
3.	NÄR KAN LOD TILLÄMPAS?	32
3.1	Naturliga förutsättningar för LOD	32
3.11	Allmänt	32
3.12	Nivå- och ytavrinningsförhållanden	32
3.13	Jordartsförhållanden	33
3.14	Grundvattenförhållanden	33
3.2	Vilket vatten kan infiltreras?	37
3.21	Allmänt	37
3.22	Ackumulering av föroreningar	37
3.23	Markpåverkan	38
3.24	Grundvattenpåverkan	38
3.25	Sammanfattande synpunkter	39
4.	TEKNISKA ANORDNINGAR	41
4.1	Anordningar för infiltration	42
4.11	Allmänt	42
4.12	Tillförsel av vatten till infiltrationsyta	43
4.13	Infiltrationsyta	45
4.14	Avvattning av lågpunkt	46
4.2	Anordningar för perkolation	47
4.21	Allmänt	47
4.22	Magasinsintag	49
4.23	Fördelningsledning	50
4.24	Magasinsbildande fyllning	50
4.25	Tömning	54
4.26	Bräddavlopp	54
4.27	Placering av perkolationsmagasin	55
4.28	Inspektionsmöjligheter	55
4.3	Fördröjningsmagasin	56
4.31	Allmänt	56

4.32	Hålrumsmagasin	58
4.33	Volymmagasin	58
5.	DIMENSIONERING	61
5.1	Beräkningsprinciper	61
5.11	Allmänt	61
5.12	Tillrinning till LOD-anläggning	61
5.13	Avtappning från LOD-anläggning	65
5.14	Dimensionering av infiltrationsyta	67
5.15	Dimensionering av perkolationsmagasin	71
5.16	Dimensionering av fördröjningsmagasin	79
5.17	Beräkningsexempel	81
5.2	Undersökningar	86
5.21	Allmänt	86
5.22	Infiltrationsmätningar med infiltrometer	86
5.23	Infiltration i provgrop	88
5.24	Infiltration i skruvborrhål	89
5.25	Mätningar med permeameter	91
5.26	Empirisk bestämning av vattengenomsläpplighet	92
5.27	Grundvattenståndsmätningar	93
6.	ANLÄGGNING OCH DRIFT	95
6.1	Allmänt	95
6.2	Byggkontroll	95
6.3	Skyddsåtgärder under anläggningsskedet	96
6.4	Infiltrationsytor	97
6.5	Perkolationsmagasin	98
6.6	Tjälfrågor	99
6.7	Skötsel och underhåll	99
6.8	Driftansvar vid LOD	100
6.9	Uppföljning av drifterfarenheter	101
7.	LITTERATUR	103

FÖRORD

Lokalt omhändertagande av dagvatten — LOD — har under senare år börjat utnyttjas i allt större omfattning i Sverige. Den tekniska sidan av LOD har behandlats i ett flertal forskningsrapporter och kan idag betraktas som till stor del klarlagd. När det däremot gäller den administrativa och juridiska sidan av LOD återstår ännu en hel del frågor att lösa. Svårigheter föreligger sålunda t ex beträffande tolkning av va-lagstiftningen vad gäller dagvattenhantering.

Syftet med föreliggande publikation är att meddela praktiska anvisningar för och kommentarer till hur kommunerna kan handlägga frågor rörande LOD. Det bör understrykas att LOD inte främst består av precisa tekniklösningar utan kan betraktas som ett antal "byggstenar" vilka på olika sätt kan kombineras med varandra och med "konventionella" lösningar. Det gäller att utnyttja men inte överskatta de möjligheter till LOD som naturen erbjuder. För bedömning av de geohydrologiska förhållandena är det i regel lämpligt att anlita geohydrologisk expertis vad gäller bl a fältundersökningar och uppskattning av marklagrens vattenlagringskapacitet.

Publikationen har framtagits av en arbetsgrupp som VAV tillsatte i slutet av 1981. I gruppen har ingått överingenjör Torsten Bergström, Stockholms va-verk, byrådirektör Jan Falk, Statens naturvårdsverk, byråingenjör Kjell Kihlberg, Örebro gatukontor, projekteringschef Åke Mattsson, Göteborgs va-verk, teknologie doktor Peter Stahre, VBB AB, och direktör Ulf Säfwenberg, VAV, med Säfwenberg som ordförande och Stahre som utredningsman och sekreterare. Arbetet har finansierats huvudsakligen med medel från VAVs programstyrelse för driftstudier inom va-området.

Kapitel 2, Juridiska och administrativa aspekter, har tillkommit i nära samarbete med förbundsjurist Detlow Liljeborg, Svenska Kommunförbundet. Kapitel 5, Dimensionering, har behandlats vid ett seminarium i Göteborg den 24 augusti 1982. I seminariet deltog förutom arbetsgruppen de inbjudna experterna civilingenjör Viktor Arnell, VIAK AB, civilingenjör Bo Carlstedt, Scandiaconsult AB, civilingenjör Lars O Eriksson, VIAK AB, civilingenjör Sven Jonasson, CTH, och professor Anders Sjöberg, CTH. Genom en begränsad remiss har utredningsarbetet tillförts många värdefulla synpunkter från statliga och kommunala myndigheter samt konsulterande ingenjörsfirmor.

Stockholm i juni 1983

SVENSKA VATTEN- OCH AVLOPPSVERKSFÖRENINGEN,
VAV

0. BEGREPPSFÖRKLARINGAR

Artesisk brunn. Brunn i vilken vattnet stiger över markytans nivå från grundvattenförande lager, inneslutet mellan ogenomträngliga lager, där vattnet har högre hydrostatiskt tryck än som svarar mot djupet under markytan (TNC 65).

Avloppsvatten. Vatten, i regel förorenat, som avleds i rörledning, dike e d. Kan bestå av spillvatten, kylvatten, dagvatten och dränvatten (TNC 65).

Blockregn. Beräkningsregn med viss konstant intensitet under den valda regnvaraktigheten. Se vidare VAV P28.

Bräddavlopp. Anordning för avledande av överflödsvatten i magasin, bassäng eller ledning (TNC 65).

Dagvatten. Ytligt avrinnande regnvatten och smältvatten (TNC 65).

Dränering. Avvattning av mark genom avledning av sjunkvatten och grundvatten i rörledning, dike eller dräneringsskikt (TNC 65).

Dränvatten. Vatten som avleds genom dränering (TNC 65).

Duplikatsystem. Separerat system med skilda rörledningar för spillvatten och dagvatten (TNC 65).

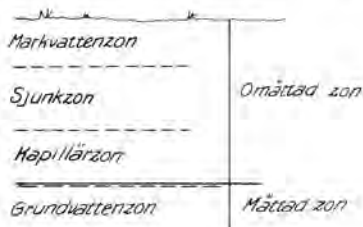
Effektiv kornstorlek. Mått lika med hälvidden hos sikt genom vilken 10 viktprocent av det siktade materialet passerar.

Förbindelsepunkt. Punkt där fastighets servisledning kopplas in till allmän va-anläggning.

Fördröjningsmagasin. Magasin för tillfällig fördröjning av avrinnande avloppsvatten. Ett fördröjningsmagasins sidoytor är i allmänhet helt täta. Någon infiltration eller perkolation av vatten till underliggande marklager sker alltså normalt inte.

Geohydrologi. Läran om de hydrauliska och hydrologiska egenskaperna hos vatten under markytan.

Grundvatten. Vatten som fyller hålrummen i grunden och vars hydrostatiska tryck är större än eller lika stort som atmosfärstrycket (TNC 65). Det vatten som finns i markens omättade zon mellan markytan och grundvattenytan kan delas in i tre zoner enligt nedanstående figur.



Hydraulisk konduktivitet (även permeabilitet). Ett mått på vattens genomsläpplighet i mark.

Hydrograf. Flödet som funktion av tiden. Egentligen redovisning i diagramform av flödets variation med tiden.

Hålrumsmagasin. Ett fördröjningsmagasin där den utnyttjade magasinvolymen utgörs av de hålrum som finns i en magasinbildande fyllning och där den huvudsakliga avtappningen sker genom en speciellt anordnad tömningsledning.

Infiltration. Inträngning av vätska i poröst eller sprickigt material, t ex vattens inträngning i jord eller berg (TNC 65).

Inströmningsområde. Ett område där grundvatten bildas genom infiltration.

Jordart. Jord som material, klassificerad efter mekanisk eller kemisk sammansättning eller geologiskt ursprung. Jordarterna indelas efter sammansättning och ursprung i mineraljordarter och organiska jordarter eller efter uppkomstsätt i moränjordarter, glacifluviala jordarter, sjö- och havssediment, flodavlagringar (svämjordarter) och torvjordar m m (TNC 45).

Kapillärvatten. I jordgrund eller berggrund förekommande vatten som till följd av ytspänningskrafter kvarhålls i de mindre hålrummen (TNC 45).

Kombinerat system. Avloppssystem med gemensam ledning för spillvatten, dagvatten och dränvatten (TNC 65).

Kornfraktion. Klass för indelning av korn, bestämd genom ett övre och undre gränsvärde för kornstorleken. Enligt SGFs system 1981 indelas mineraljordar i följande kornfraktioner.

Huvudgrupper		Undergrupper	
Benämning	Kornstorlek	Benämning	Kornstorlek (mm)
<i>Block- och stenfraktioner</i>			
Block	> 600	Grovblock	> 2 000
		Block	2 000—600
Sten	600—60	Grovsten	600—200
		Finsten	200—60

Huvudgrupper		Undergrupper	
Benämning	Kornstorlek	Benämning	Kornstorlek (mm)
<i>Grovjordsfraktioner</i>			
Grus	60—2	Grovgrus	60—20
		Mellangrus	20—6
		Fingrus	6—2
Sand	2—0,06	Grovsand	2—0,6
		Mellansand	0,6—0,2
		Finsand	0,2—0,06
<i>Finjordsfraktioner</i>			
Silt	0,06—0,002	Grovsilt	0,06—0,02
		Mellansilt	0,02—0,006
		Finsilt	0,006—0,002
Ler	< 0,002	Grovler	0,002—0,0006
		Finler	< 0,0006

LOD. Lokalt omhändertagande av dagvatten. En hantering av dagvatten inom det område där det bildats, och som därmed onödiggör eller minimerar dess bortledande. Detta kan åstadkommas genom utnyttjande av infiltration, perkolation eller lokal fördröjning av dagvattenet.

Makadam. Sorterat krossmaterial med kornstorlek 2-60 mm. Makadam indelas efter kornstorlek i finmakadam, mellanmakadam och grovmakadam.

Markvatten. Se grundvatten.

Morän. Osorterad mineraljordart i vilken block, sten, grus, sand, mo, mjåla och ler kan ingå (TNC 45).

Perkolation. Långsam rörelse (hos vatten) genom lager av poröst material (TNC 65).

Permeabilitet. (Även hydraulisk konduktivitet.) Ett mått på vattens genomsläpplighet i mark.

Porositet. Förhållandet mellan hålrumsvolym och jordvolym. Anges vanligen i procent (TNC 45).

Porvolym. Sammanlagd volym av hålrum, dvs sprickor, porer, rotkanaler o d (TNC 45).

Rationella metoden. Beräkningsmetod som sedan slutet av 1800-talet använts för dimensionering av dagvattenförande ledningar. Se vidare VAV P28.

Separatsystem. Separerat system med rörledning för spillvatten och rännsten eller dike för dagvatten (TNC 65).

Separerat system. Avloppssystem där olika typer av avloppsvatten avleds mer eller mindre åtskilt (VAV P33).

Singel. Jordmaterial bestående av rundade korn med storlek 2–60 mm. Singel indelas efter kornstorlek i ärtsingel (8-16 mm), finsingel (16-32 mm) och grovsingel (32-60 mm).

Sjunkvatten. Genom luftzonen nedträngande vatten som härrör från infiltrerat nederbördsvatten (TNC 45).

Spillvatten. Förorenat vatten från hushåll, industrier, serviceanläggningar o d (TNC 65).

Utjämningsmagasin. Samlingsnamn för alla de olika typer av magasin som utnyttjas för att påverka avrinningsförloppet i ett avloppssystem t ex LOD-anläggningar och fördröjningsmagasin.

Utströmningsområde. Ett område där grundvatten strömmar upp mot markytan och avdunstar eller avrinner som ytvatten.

Volymmagasin. Ett fördröjningsmagasin där, till skillnad från hålrumsmagasin, hela den tillgängliga magasinshöjden kan utnyttjas.

1 INLEDNING

1.1 Allmänt

Samhällsbyggnadstekniken har under de senaste decennierna utvecklats i mycket snabb takt. Dock tvingas man konstatera att den traditionella tekniken för avledning av dagvatten inte alltid uppfyller de krav som rimligen bör kunna ställas på ett effektivt och väl fungerande avledningssystem. Speciellt gäller detta anpassningen till de naturliga förhållanden som råder inom avrinningsområdet.

Ofta anläggs dagvattenledningar inom nya områden mer eller mindre schablonmässigt. Ledningarna dimensioneras då vanligen för en regnintensitet som överskrider högst en gång varje eller varannat år.

Under senare år har man börjat försöka anpassa dagvattensystemets utformning till de geohydrologiska förhållanden som råder inom avrinningsområdet. Detta kan ske genom Lokalt Omhändertagande av hela eller en del av Dagvattenavrinningen, sk LOD.

När man diskuterar olika dagvattensystem brukar LOD ofta betraktas som ett alternativ till duplikatsystemet. Mer rättvisande vore att istället se på LOD som en integrerad del av avledningssystemet. I de flesta avloppssystem, såväl kombinerade som separerade, finns nämligen betydande inslag av LOD. Mest betydelsefull är den direkta infiltration som sker på grönytor inom avrinningsområdet.

Ett LOD-system skulle kunna karakteriseras som ett separerat system med olika grad av tröghet. Trögheten uppstår genom att man i större eller mindre utsträckning utnyttjar de naturliga förutsättningar som gäller inom området.

I *tabell 1* redovisas ett schema över olika möjligheter att avleda dag- och dränvatten från ett samhälle. När det gäller normalt smutsat dagvatten kan man välja olika grad av tröghet hos systemet. Detta sker genom att med utgångspunkt från de geohydrologiska förhållandena välja lämpliga kombinationer av de angivna avledningssätten.

Tabell 1. Olika möjligheter till avledning av dag- och dränvatten

Typ av vatten	Avledningssätt
Starkt förorenat dagvatten (industrigårdar, trafik- platser m m.)	a) Spillvattenledning* (efter flödesutjämning) b) Kombinerad ledning c) Dagvattenledning (efter ev. avskiljning)
Övrigt dagvatten	a) Infiltrationsyta b) Perkolutionsmagasin c) Dike d) Dagvattenledning e) Kombinerad ledning
Dränvatten	a) Dagvattenledning b) Spillvattenledning c) Kombinerad ledning

* Ledning som trots medveten tillförsel av dagvatten huvudsakligen är avsedd för avledning av spillvatten.

1.2 Vad menas med lokalt omhändertagande av dagvatten?

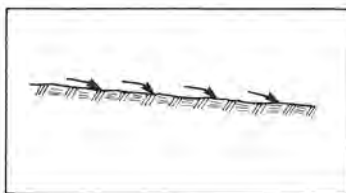
Som framgår av namnet innebär lokalt omhändertagande av dagvatten att man tar hand om hela eller delar av nederbördsavrinningen lokalt, dvs nära den yta som nederbörden faller på. Alla LOD-anläggningar kan i princip sägas bestå av en eller flera av följande "byggstenar", se figur 1.

- 1) Infiltrationsyta
- 2) Perkolutionsanläggning
- 3) Dräneringsledning
- 4) Klent dimensionerad dagvattenledning
- 5) Fördröjningsmagasin

Det kan noteras att det i allmänhet endast är de två första av dessa "byggstenar" som brukar hänföras till LOD. De tre övriga är dock viktiga komplement som ibland måste tillgripas för att man skall få en fungerande LOD-anläggning.

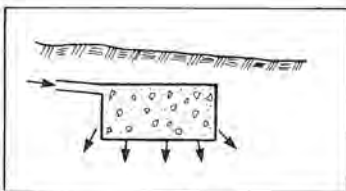
1) Infiltrationsyta

Omhändertagande av vatten på någon yta där det kan infiltrera.



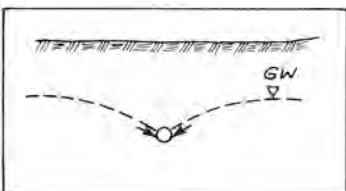
2) Perkulationsanläggning

Utledning av vatten direkt i marken eller i speciellt anlagda stenfyllningar, sk perkulationsmagasin. Den fortsatta vattentransporten sker i detta fall genom perkolation till grundvattnet.



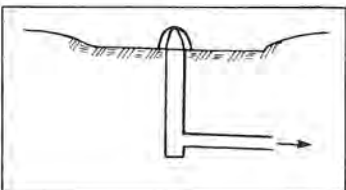
3) Dräneringsledning

För att man skall få en effektivare utdränering av marklagren eller den magasinbildande fyllningen i ett perkulationsmagasin kan det som komplement till den naturliga perkolationen ibland bli aktuellt att anlägga ett särskilt dräneringssystem.



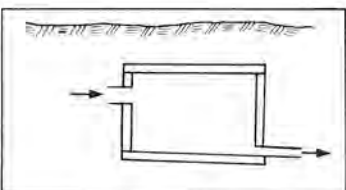
4) Klent dimensionerad dagvattenledning

För avledning av överskottsvatten, dvs vatten som inte på naturlig väg kan infiltrera eller perkolera, kan man anlägga en klenl dimensionerad dagvattenledning.



5) Fördröjningsmagasin

För tillfällig fördröjning av vatten kan man anlägga ett slutet magasin vilket placeras i nära anslutning till påsläppen till ledningssystemet.



Figur 1. Olika "byggstenar" vid utformning av LOD-anläggningar

I de två första fallen utnyttjar man markens naturliga förmåga att ta emot vatten. Hela eller delar av den vattenmängd som tillförs infiltrationsytan respektive perkolationsmagasinet kommer då att tillföras grundvattnet.

Vid fördröjningsmagasin är det endast fråga om en tillfällig fördröjning av vattnet. Inget eller mycket ringa vatten kommer i detta fall att tillföras marklagren. Avtappningen sker i stället till övervägande del i ledningar. Som ett specialfall av fördröjningsmagasin kan här nämnas möjligheten att tillfälligt fördröja vatten på hårdgjorda ytor innan det leds ned i ledningsnätet, sk påsläppskontroll.

Om det inte går att ta hand om allt dagvatten genom infiltration eller perkolation måste man se till att överskottsvattnet leds bort på annat sätt. Detta kan ske antingen i dagvattenledningar eller i dräneringsledningar. I det senare fallet är det helt enkelt fråga om att på konstgjord väg förbättra marklagrens naturliga dräneringsförmåga.

Med utgångspunkt från de lokala förutsättningarna väljer man ut den för varje enskilt fall mest fördelaktiga kombinationen av LOD — "byggstenar". Det finns alltså stora variationsmöjligheter vid detaljutförningen av en LOD-anläggning. Som exempel skall här bara pekas på möjligheten att komplettera ett fördröjningsmagasin med anordningar för perkolation. Se vidare kapitlet "Tekniska anordningar".

1.3 Avgränsning av ämnesområdet

Begreppet lokalt omhändertagande brukar ibland användas enbart för anläggningar som utnyttjar infiltration eller perkolation av dagvatten. Man har med denna inskränkning velat markera att det är markens förmåga att ta emot nederbördsvattnet som är det primära och inte anläggningarnas placering nära den yta där nederbörden faller. Som antytts i föregående avsnitt har det dock här ansetts lämpligt att utvidga LOD-begreppet till att även omfatta anordningar för tillfällig fördröjning av dagvatten i anslutning till påsläppspunkten.

Huvuddelen av denna publikation kommer att ägnas sådana LOD-anläggningar där hela eller delar av dagvattenavrinningen tas om hand genom infiltration eller perkolation. Magasin avsedda enbart för fördröjning behandlas relativt översiktligt. Istället hänvisas till VAV-publikation P31 som behandlar "Utgjänningsmagasin i avloppsnät".

Begreppet LOD avser här såväl allmänna som enskilda anläggningar.

1.4 Varför LOD?

Genom att utnyttja lokalt omhändertagande av dagvatten kan man vinna både ekonomiska och miljömässiga fördelar. En förutsättning för ett optimalt utnyttjande av LOD är dock att man i ett mycket tidigt skede av planeringen tar hänsyn till hur dagvattnet skall tas om hand. När det gäller nyexploateringsområden har man stora möjligheter att utnyttja ett områdes naturliga förmåga att ta hand om dagvattnet lokalt. Man kan härigenom få en tekniskt-ekonomiskt mer fördelaktig lösning än med ett dagvattensystem utbyggt på konventionellt sätt.

De positiva effekterna av LOD kan sammanfattas i följande punkter:

- Utjämning av belastningsvariationer på ledningar, reningsverk och recipient
- Minskad risk för källaröversvämningar
- Minskad kostnad för anläggande av ledningsnät
- Minskad föroreningsbelastning på vattendrag
- Ökad möjlighet att bibehålla befintlig vegetation resp etablera ny vegetation
- Ökad möjlighet att bibehålla grundvattennivå eller grundvattentryck och därmed framför allt i lerområden undvika skadliga sättningar

Tillämpningar av LOD kan dock ibland medföra vissa problem. Dessa hänger delvis samman med att tekniken ännu är relativt ny och att drifterfarenheterna av LOD-anläggningar ännu är begränsade. Vidare kan nämnas att gällande lagstiftning på området är utformad med hänsyn till "konventionell" dagvattenavledning. Bland de speciella problem som kan uppstå vid dagvatteninfiltration kan nämnas:

- Infiltration av förorenat dagvatten kan medföra risk för mark- och grundvattenpåverkan
- Igensättning av infiltrationsanordningar kan förorsaka driftstörningar
- Förhöjd vattenhalt i markytan kan medföra ytuppmjukning tidvis, vilket begränsar utnyttjandet
- Såväl allmänhet som berörd teknisk personal saknar vanligen tidigare erfarenhet av dagvatteninfiltration
- Höjning av den normala grundvattennivån eller grundvattentrycknivån kan ge ökad skredrisk i skredkänsliga områden
- Höjning av grundvattenytan kan ge vattentransport till tjälskjutande material.

1.5 Planering för LOD

För att man på ett effektivt sätt skall kunna utnyttja LOD inom nya bygghelseområden är det nödvändigt att dagvattenfrågorna tas upp i ett mycket tidigt skede av den fysiska planeringen.

Frågor rörande planering för LOD behandlas relativt utförligt i skriften "Dagvattenhantering — planering och miljöeffekter" från Statens naturvårdsverk, meddelande 1/1983. Med hänsyn härtill har det bedömts onödigt att i denna publikation gå närmare in på dessa frågor. Istället hänvisas till SNV-skriften, vilken alltså lämpligen kan användas parallellt med denna publikation.

2 JURIDISKA OCH ADMINISTRATIVA ASPEKTER

Antalet tekniska lösningar för avledande av dagvatten har ökat väsentligt genom senare tids utveckling av LOD-tekniken.

Nedan ges en kort sammanfattning av vad som i dagsläget kan sägas rörande juridiska och administrativa aspekter för avledande av dagvatten från fastighet som ligger inom verksamhetsområde för allmän va-anläggning, dvs för fastighet där 1970 års va-lag är tillämplig. Det bör poängteras att lagen tyvärr inte är särskilt lättolkad vad gäller dagvattenfrågor. En komplettering med klara föreskrifter rörande dagvattenhantering vore därför önskvärd.

2.1 Bestämmelser enligt 1970 års va-lag och ABVA

Som huvudregel stadgas i 2 § va-lagen att kommunen skall sörja för eller tillse att allmän va-anläggning kommer till stånd så snart det kan ske, om vattenförsörjning och avlopp för viss befintlig eller blivande bebyggelse med hänsyn till den allmänna hälsovården behöver ordnas i ett större sammanhang. Normalt är kommun huvudman för allmän va-anläggning.

Enligt 12 § va-lagen skall allmän va-anläggning vara försedd med de anordningar som krävs för att den skall fylla sitt ändamål och tillgodose skäligen anspråk på säkerhet. Behövs för viss bebyggelse anordningar endast för vattenförsörjning eller endast för avlopp, skall anläggningen anpassas efter detta. Anläggningen får ej inrättas i strid mot fastställd plan eller bestämmelser för markens bebyggande eller så att ändamålsenlig bebyggelse eller lämplig planläggning försvåras. Huvudmannen är enligt 2 § va-lagen i princip skyldig att ordna allmän anläggning för dagvattenavlopp under samma förutsättningar som gäller för spillvattenavlopp. Skillnaden är bara den att denna skyldighet med hänsyn till "den allmänna hälsovården" är betydligt mer accentuerad för spillvattenavlopp än för dagvattenavlopp. Det bör således observeras att huvudmannen inte under alla förhållanden är skyldig att ordna dagvattenavlopp. Det bör vidare understrykas att huvudmannens möjligheter att ta ut avgift för dagvattenavlopp från väg, gata eller annan allmän plats är begränsad till områden inom stadsplan eller byggnadsplan. I de fall skyldighet att ordna dagvattenavlopp föreligger behöver den emellertid inte nödvändigtvis fullgöras genom att traditionella dagvattenledningar läggs. Om de naturliga förutsättningarna så medger kan dagvattenavlopp ordnas i form av LOD-anläggningar. Inom vissa områden kanske vattenavrinningen rent av kan ske genom öppna diken, såsom i forna dagar. Va-lagen hindrar inte att det för vissa om-

råden i stället för konventionella dagvattenanläggningar byggs ut allmänna LOD-anläggningar på allmän mark eller eventuellt även på enskild mark. Detta gäller oavsett om det är fråga om nya bebyggelseområden eller redan bebyggda äldre områden. I det sistnämnda fallet torde ändamålet — allmän LOD-anläggning — vara expropriationsgillt.

Bestämmelsen i 8 § va-lagen ålägger den allmänna va-anläggningens huvudman skyldigheten att låta ägare av fastighet inom anläggningens verksamhetsområde bruka anläggningen, om fastigheten behöver anordningar för vattenförsörjning och avlopp samt behovet inte kan med större fördel tillgodoses på annat sätt.

Med stöd av 22 § va-lagen kan huvudman för allmän va-anläggning meddela allmänna bestämmelser för anläggningens brukande. Fastighetsägares möjlighet att utnyttja anläggningen för dess ändamål får dock inte genom sådana bestämmelser oskäligt begränsas eller försvåras.

Enligt punkt 17 i Normalförslag till ABVA, Publikation VAV P18, får utsläpp av dag- och dränvatten inte äga rum i ledning avsedd enbart för spillvatten. Har särskild ledning för dagvatten dragits fram till förbindelsepunkt för fastighet, får fastighetsägaren inte fortsätta att släppa ut dag- och dränvatten från fastigheten i annan allmän ledning som han dittills fått begagna för ändamålet. Huvudmannen kan dock medge undantag från förbuden eller anstånd med tillämpningen, om särskilda skäl därtill föreligger. Det bör härvid observeras att huvudmannen inte med stöd av va-lagen kan tvinga fastighetsägare till faktisk dagvattenanslutning i förbindelsepunkten, utan endast kan ålägga ägaren att vidta sådana ändringar av fastighetens va-installation som erfordras för att dag- och dränvatten från fastigheten inte tillförs den allmänna spillvattenledningen.

— Därest fastighetsägaren väljer att lösa frågan om avledande av dag- och dränvattenavlopp på annat sätt än via förbindelsepunkt och detta sätt vållar sanitär olägenhet kan däremot hälsovårdsnämnden ingripa och ålägga faktisk anslutning i förbindelsepunkten.

2.2 Brukningsrätt

Vad beträffar de praktiska konsekvenserna av ovan omnämnda bestämmelser behandlas i det efterföljande var för sig två olika fall, nämligen dels helt nya bebyggelseområden, dels tidigare utbyggda områden med konventionella va-ledningar.

2.21 *Nya bebyggelseområden med LOD*

När det gäller nya områden där allmänna va-anläggningar inte tidigare har funnits, torde det med stöd av 12 § va-lagen vara möjligt att införa begränsningar för anläggningens omfattning. Det allmänna dagvattennätet kan exempelvis byggas ut enbart för dagvatten från gata, väg och annan allmän plats. För dag- och dränvatten från fastighet förutsätts att LOD på tomtmark tillämpas. Fastighetsägares rätt att avleda dag- och dränvatten till det allmänna dagvattennätet begränsas därvid helt eller i viss omfattning.

Avser huvudmannen att begränsa den blivande allmänna va-anläggningens ändamål inom visst område, är det av vikt att frågan väcks i ett tidigt planeringsstadium. I planbeskrivningen bör anges den tilltänkta va-lösningen och konsekvenserna därav. Begränsningarna skall tas med i beslut om utökning av den allmänna va-anläggningens verksamhetsområde. I exploateringsavtal, köpekontrakt, tomträttsavtal etc införs de särbestämmelser som den beslutade begränsningen kan föranleda.

Därest någon fastighetsägare inte accepterar LOD-lösning utan påfordrar brukningsrätt för dagvatten från fastigheten torde ärendet få gå till va-nämnden för prövning, i det fall fastigheten ligger inom verksamhetsområdet för dagvattenavlopp. Därest så inte är fallet får fastighetsägaren i stället vända sig till länsstyrelsen enligt 2 § va-lagen.

2.22 *Tidigare utbyggda områden*

I redan bebyggda områden med konventionella va-anläggningar har fastighetsägaren — till skillnad mot förhållandena i nya exploateringsområden — den i 8 § va-lagen stadgade brukningsrätten i fråga om samtliga ändamål för vilka den allmänna va-anläggningen en gång har utförts. En vanlig situation inom äldre bebyggelseområden är att det allmänna avloppsnätet är utfört enligt det kombinerade systemet, dvs spillvatten, dagvatten och dränvatten avleds i gemensam avloppsledning. Vid regntillfällen kan denna ledning — som ofta med tiden blivit för liten för den belastning den utsätts för — överbelastas med påföljd att källaröversvämningar och andra olägenheter inträffar. En annan vanlig situation är att avloppsnätet ursprungligen utfördes enligt det separata systemet, dvs avloppsledningen var endast avsedd att avleda spillvatten och ev dränvatten. Genom att avloppsnätet sedermera — med eller utan huvudmannens medgivande — kommit att påföras t ex takvatten från anslutna fastigheter har systemet övergått till att bli mer eller mindre kombinerat, med åtföljande risk för översvämningar o d

obehag vid regn. Är det möjligt för kommunen att inom sådana äldre områden exempelvis förbjuda fastighetsägarna att i fortsättningen avleda takvattnet från fastigheterna till det allmänna ledningsnätet och påfordra att fastighetsägarna för detta vatten skall tillämpa LOD på tomtmark? Förfarandet innebär ju att fastighetsägarens hittillsvarande bruksrätt hävs, helt eller i viss omfattning.

Därest de lokala förhållandena är lämpliga för en LOD-anläggning på tomtmark torde huvudmannen kunna hävda att dagvattenavledningen med större fördel kan lösas genom LOD än genom avledning till den överbelastade allmänna avloppsledningen i gatan. Detta innebär då att fastighetsägarens bruksrätt vad avser dagvattenavlopp från tomtmark torde kunna hävas eller begränsas och att dagvattnet i stället avleds via en LOD-anläggning som inrättas på tomtmark. Inskränkandet eller hävandet av bruksrätten får dock inte medföra att fastighetsägaren ekonomiskt kommer i ett sämre (eller bättre) läge än tidigare. Huvudmannen torde alltså vara skyldig att i skälig omfattning hålla fastighetsägaren skadelös för de kostnader och omak som omkopplingen innebär.

”Knäckfrågan” är om en redan etablerad, kanske sedan lång tid utnyttjad bruksrätt att via förbindelsepunkt avleda dag- och dränvatten från bebyggda tomter till den allmänna anläggningen kan inskränkas eller hävas helt. Vad gäller tomter där sådan bruksrätt ännu inte etablerats — dvs obebyggda tomter samt genom avstyckning nybildade tomter såsom t ex skafthtomter — torde frågan vara lättare att lösa. Särskilt gäller detta tomter där förbindelsepunkt ännu inte upprättats och någon anläggningsavgift ännu inte tagits ut.

En grundläggande förutsättning för att fastighetsägarens bruksrätt skall kunna brytas torde vara att bruksvillkoren i ABVA kompletteras med vissa tillägg. Således bör i ABVA införas en bestämmelse av innebörd att dag- och dränvatten från fastighet enligt huvudmannens bedömande helt eller delvis måste avledas på annat sätt än genom direkt avledning till den allmänna avloppsanläggningen inom de delar av verksamhetsområdet där LOD-förfarande är möjligt och där den allmänna anläggningen måste avlastas. Sådant ”annat sätt” innebär vanligen LOD-anläggning inom tomt, i vissa fall kompletterad med en tömnings- och/eller bräddavloppsledning som ansluts till den allmänna anläggningen.

Vidare bör i ABVA antas en bestämmelse av innebörd att huvudmannen i skälig omfattning bestrider de kostnader som fastighetens helt eller delvis upphävda bruksrätt för dag- och dränvatten från tomt medför.

Vid bedömning av vad som är "skäligen omfattning" uppkommer frågan om fastighetsägaren måste bidra till kostnaden för att hans kanske gamla och uttjänta ledning ersätts med en helt ny anläggning. I Normalförslaget till ABVA anges under pkt 7 bl a följande

"Finner va-verket påkallat att utföra ny servisledning i stället för och med annat läge än redan befintlig är verket skyldigt att ersätta fastighetsägaren hans kostnad för fastighetens del av den nya servisledningen och dess inkoppling med det avdrag som befinnes skäligt med hänsyn till den befintliga servisledningens ålder och skick."

En analog tillämpning härav medför att fastighetsägaren bör bidra i de fall en uttjänt dagvatteninstallation i mark ersätts med ny LOD-anläggning inkl nya ledningar. Observeras bör att fastighetsägaren inte vid en omkoppling får komma i en ekonomiskt bättre situation än tidigare.

Drift och vidmakthållande av egen LOD-anläggning i tomtmark bör åvila fastighetsägaren. Detta innebär att fastighetsägaren belastas med driftkostnader för LOD-anläggningen, kostnader som i regel torde vara små men som tidigare inte förelegat. I de fall huvudmannens va-taxa inte ger utslag för detta bör fastighetsägaren på annat sätt kompenseras. Närmast till hands ligger gottgörelse på basis av tidigare nämnda kompletteringar i ABVA, t ex i form av ett engångsbidrag motsvarande diskonterat värde av merkostnaderna för drift av LOD-anläggningen. Fastighetsägaren bör, som ovan sagts, inte heller komma i en ekonomiskt sämre situation än tidigare.

2.3 Verksamhetsområde

2.3.1 Nya bebyggelseområden med LOD

När nybebyggelse innebär en utvidgning av verksamhetsområdet bör lämpligen för det nytillkommande området anges de inskränkningar i den allmänna avloppsanläggningens ändamål som kan betingas av att LOD används, såsom att verksamhetsområdet inte inbegriper dagvattenavlopp från fastighet. Vissa komplikationer kan därvid tillstöta om LOD avses att tillämpas endast inom vissa delar av ett exploateringsområde. I princip är det bäst om de delområden där LOD avses att tillämpas kan preciseras till sina gränser och inskränkningen att verksamhetsområdet här inte inbegriper dagvattenavlopp från fastighet kan anges. Härfor erfordras dock att verksamhetsområdet inte fastställs förrän projekteringen fortskridit så långt att man med nöjaktig säkerhet vet gränserna för de delområden där LOD avses att tillämpas.

Ett måhända mera lätthanterligt alternativ är att i utgångsläget låta

inskränkningen beträffande dagvattenavledning från fastighet gälla hela det nytillkommande bebyggelseområdet. Sedan det visat sig vilka fastigheter som måste få förbindelsepunkt för dagvatten kan erforderlig justering av inskränkningarna i verksamhetsområdet ske. I de fall de delområden där LOD kan tillämpas utgör en mera splittrad bild måste detta alternativ tillämpas. Alternativt kan positiva avtal träffas med ägare av fastighet som erfordrar dagvattenavledning via dagvattenservis. Lösning i form av att va-avtal om LOD-lösning träffas med ägarna till de fastigheter för vilka förbindelsepunkt för dagvatten inte upprättas bör helst undvikas.

I vissa fall har verksamhetsområdena tagits till rikligt och inrymmer obebyggda områden. Måhända kan sådana verksamhetsområden reduceras, dvs "kantskäras" varvid helt obebyggda områden exkluderas. Vid senare utvidgning igen av verksamhetsområdet kan precisering rörande dagvattenavlopp införas.

2.32 Tidigare utbyggda områden som kompletteras med LOD

Normalt torde för tidigare fastställda verksamhetsområden endast ha angetts att verksamhetsområdet avser vattenförsörjning och avlopp (såvida området inte avser enbart vattenförsörjning eller enbart avlopp, naturligtvis). Såsom ovan anförts under pkt 2.1. Bestämmelser enligt 1970 års va-lag och ABVA är kommunen inte under alla förhållanden skyldig att ordna dagvattenavlopp. Huruvida dagvattenavledning med större fördel löses genom avledning via den allmänna avloppsanläggningen, via diken eller via LOD-anläggningar beror på de lokala omständigheterna. Den sedvanliga etiketteringen "vattenförsörjning och avlopp" torde således i och för sig inte innebära något hinder mot att tillämpa LOD.

2.4 Plan- och byggnadslovsfrågor

Stadsplaneförslag skall enligt § 16 i byggnadsstadgan vara åtföljt av va-utredning. Därest LOD föreslås att tillämpas inom planområdet anges detta i beskrivningen till stadsplanen. Redan på planstadiet bör givetvis med LOD sammanhängande frågor såsom ev källarförbud, begränsning av dränering etc studeras. I stadsplanen kan genom markering med U-område anges inom vilka ytor som tex perkolationsmagasin ingående i den allmänna anläggningen avses att förläggas. Observeras bör att stadsplanen i sig inte kan framtvinga tex LOD-lösningar för fastighetsägarna. "Framtvingandet" baseras på huvudmannens beslut rörande verksamhetsområdet och vilka ändamål som den allmänna anläggningen inrättas för.

Byggnadsnämnd är skyldig att godta LOD-anläggning inom fastighet om det kan påvisas att anläggningen har föreskriven funktionssäkerhet. Dagvatteninstallation för 1-2 familjfastigheter som skall anslutas till egen LOD-anläggning kräver inte byggnadslov.

För att få prövat att LOD-anläggningen inte kommer att medföra negativa effekter för omgivningen eller den allmänna avloppsanläggningen är det från allmän synpunkt önskvärt att fastighetsägaren ansöker om byggnadsnämndens granskning av förslaget. Byggnadsnämnden har rätt att kontrollera utförandet.

Såsom anges i byggnadsstadgan, § 1, åligger det byggnadsnämnden att samarbeta med övriga myndigheter vars verksamhet berör nämnden. Vad gäller LOD-anläggningar är det nödvändigt med gott samarbete mellan byggnadsnämnd och va-verk.

2.5 Taxe- och ersättningsfrågor vid LOD inom tomtmark

Såsom tidigare nämnts bör gälla att en fastighetsägare som själv bekostar och vidmakthåller LOD-anläggning inom tomt inte skall komma i vare sig bättre eller sämre ekonomiskt läge än en fastighetsägare som avleder dag- och dränvatten från tomten via förbindelsepunkt till allmän anläggning. Allmänt kan också sägas att huvudmannens taxa och ABVA givetvis bör vara utformade med tanke på LOD-aspekter i de fall LOD-lösningar avses att komma till någon mera utbredd användning inom kommunen.

Under rubriken 2.51 "Anläggningsavgifter" och 2.52 "Brukningsavgifter" nedan åberopas VAV:s normaltaxeförslag (VAV P44). Detta taxeförslag är upprättat med hänsyn också till de avgiftsproblem som olika lösningar av dagvattenhanteringen medför. Taxekonstruktionen tillgodoser således bl a "LOD-problematiken". Normaltaxeförslaget kan dock för den skull inte betecknas som "skraddarsytt" för LOD.

2.51 Anläggningsavgifter

Genom att fastighetsägaren själv får bekosta LOD-anläggning inom tomt bör hans taxeenliga anläggningsavgifter — förutsatt att dessa inbegriper ändamålet dag- och dränvattenavlopp från fastighet — rimligen vara lägre än för en motsvarande fastighet där förbindelsepunkt för dagvatten upprättats. I många taxor finns också regler för reduktion av anläggningsavgift när förbindelsepunkt för dagvatten inte upprättas. Därest taxan är så konstruerad att sådan reduktion saknas blir taxeutfallet för LOD-område orättvist betungande för fastighetsägarna, vilket

givetvis bör undvikas. Vid införande av LOD inom fastighet är det därför angeläget att taxekonstruktionen är anpassad med hänsyn härtill. Alternativt kan i stället kompensation baseras på tidigare nämnda kompletterande bestämmelser i ABVA och utgå i form av ett "LOD-anläggningsbidrag" till fastigheten.

Naturligtvis kan huvudmannen också "skraddarsy" en va-taxa för ett nytt bebyggelseområde där LOD avses att tillämpas, varvid alla eventuella kompensationsproblem förutsätts bli beaktade.

I VAVs normaltaxeförslag föreslås följande beträffande anläggningsavgifter för dagvattenavlopp. De ändamål för vilka avgiftsskyldighet kan föreligga är

- i) dagvattenavlopp från gata, väg eller annan allmän plats inom stads- eller byggnadsplan
samt
- ii) dag- och dränvattenavlopp från fastighet.

Den stora delen av dagvattenkostnaden hänför sig till i) och ingår i den oreducerade anläggningsavgiften som förutsätter att fastigheten är avgiftsskyldig för i) + ii) samt renvatten och spillvatten. Anläggningsavgiften består av följande avgifter

- a) servisavgift per fastighet avseende
 - Servisledning för vattenförsörjning
 - Servisledning för avlopp
 - Servisledning för dag- och dränvattenavlopp från fastighet
- b) grundavgift per fastighet
- c) avgift per m² tomtyta
- d) avgift per lägenhet (avser ej t ex industribyggnader)

Avgift a) för serviser omfattar kostnaderna för framdragning av servisledning till förbindelsepunkt. Avgift tas endast ut för faktiskt framdragen servisledning. Servisledningen utformad som bräddavloppsledning eller strypt tömningsledning från LOD-anläggning avgiftsbeläggs som "vanlig" servisledning för dag- och dränvatten. Avgift b), c) och d) motsvarar fastighetens andel i den allmänna anläggningen, vanligen då andelen i det lokala röret. Är fastigheten inte avgiftsskyldig för i) reduceras avgifterna b), c) och d) med viss procentsats. Däremot påverkas inte servisavgiften a), enär ingen servisledning krävs för ändamålet i). Är fastigheten inte avgiftsskyldig för ii), dvs "LOD-fallet", reduceras servisavgiften a) eftersom ingen särskild servisledning för dag- och dränvatten behöver dras fram till fastigheten. Däremot påverkas inte avgifterna b), c) och d). Erfordras tömningsledning eller annat strypt

avlopp från LOD-anläggning jämföras med normal dagvattenservice. Härav framgår att LOD-anläggning jämföras med normal dagvattenservice.

2.52 Brukningsavgifter

Genom att fastighetsägaren själv får vidmakthålla LOD-anläggning inom tomt bör hans skattebara bruksavgifter — förutsatt att dessa inbegriper ändamålet dag- och dränvattenavlopp från fastighet — rimligen vara lägre än för en motsvarande fastighet där förbindelsepunkt för dagvatten upprättats. Därest taxan är så konstruerad att sådan reduktion saknas blir skatteutslaget för LOD-område orättvist betungande för fastighetsägarna, vilket givetvis bör undvikas. Vid införandet av LOD inom fastighet är det därför angeläget att skattekonstruktionen är anpassad med hänsyn härtill. Alternativt kan i stället kompensation baseras på tidigare nämnda kompletterande bestämmelser i ABVA och utgå i form av ett "LOD-driftbidrag" till fastigheten. Bidraget kan vara ett engångsbidrag framtidsräknat som nuvärdet av diskonterade driftkostnader.

För närvarande tas i många taxor över huvud taget inte ut avgift för dagvatten, beroende på att bruksavgifterna huvudsakligen utgår som avgift per m³ levererat renvatten. Dagvattenkostnaderna kan inte rimligen fördelas med vattenförbrukningen som måttstock. För att någorlunda rättvist kunna debitera kostnaden för dagvattenavlopp är den lämpligaste parametern tomtyta eller byggnadsyta.

I VAVs normaltaxeförslag VAV P44 föreslås följande beträffande bruksavgifter för dagvattenavlopp. De ändamål för vilka avgiftsskyldighet kan föreligga är

- i) dagvattenavlopp från gata, väg eller annan allmän plats inom stads- eller byggnadsplan samt
- ii) dag- och dränvattenavlopp från fastighet.

Bruksavgiften består av följande avgifter

- a) grundavgift för vatten och avlopp
- b) avgift per m³ levererat renvatten
- c) avgift per m² tomtyta för ändamålet i)
- d) avgift per m² tomtyta för ändamålet ii)

Är fastigheten inte avgiftsskyldig för i) bortfaller avgifterna c) och d). Är fastigheten inte avgiftsskyldig för ii) bortfaller avgift d). Vidare anges i taxetexten att avgift enligt d) inte tas ut om dag- och dränvattnet från fastigheten huvudsakligen infiltreras på tomtmark eller avleds på annat sätt än genom utsläpp till den allmänna avloppsanläggningen.

2.6 Typfall. Nytt exploateringsområde där LOD tillämpas

2.61 *Beskrivning*

De naturliga förutsättningarna för LOD är gynnsamma inom exploateringsområdet. Dagvatten från fastigheterna tas om hand via enskilda LOD-anläggningar i tomtmark. Dagvattnet från gatumark avleds genom allmän ledning, allmänt dike eller via LOD-anläggning i allmän mark.

2.62 *Genomförande*

Huvudmannen beslutar på grundval av företagna utredningar att den allmänna avloppsanläggningen inte inrättas för dagvattenavlopp från fastigheterna. Ligger området inte inom verksamhetsområdet görs en utvidgning av detta med erforderlig begränsning i fråga om dagvattenändamålet. Den tilltänkta va-lösningen och konsekvenser härav anges i planbeskrivning, exploateringsavtal, köpekontakt, tomtsrättsavtal etc. Förbindelsepunkter upprättas för renvatten och spillvatten men inte för dagvatten.

2.63 *Taxe- och ersättningsfrågor*

Påpekas bör att det inte är tillräckligt att med hjälp av bl a ekonomiska kalkyler påvisa att LOD-lösning är förmånligare än "traditionell" lösning. Det verkliga avgiftsuttaget av fastighetsägaren (via va-taxa, exploateringsavtal etc) måste också anpassas så att fastighetsägaren — som får bekosta anläggning och drift av LOD-anläggning inom tomt — inte missgynnas i jämförelse med andra fastighetsägare inom verksamhetsområdet som har bruksrätt för dagvatten från fastighet. Jämför punkt 2.5 ovan.

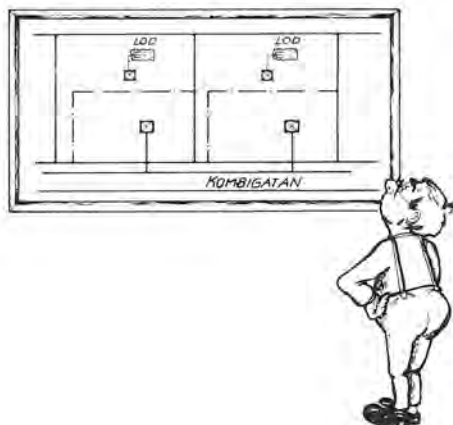
2.64 *LOD tillämpas endast delvis*

Givetvis kan det förekomma olika mellanfall mellan den ena ytterligheten att LOD tillämpas för samtliga fastigheter inom ett exploateringsområde och den andra ytterligheten att LOD inte alls tillämpas inom området. De naturliga förutsättningarna för LOD kan variera kraftigt inom ett och samma exploateringsområde, så att planen företer en mer eller mindre splittrad blandning av fastigheter där LOD avses att tillämpas och fastigheter där förbindelsepunkt för dagvatten avses att upprättas. Vissa synpunkter på verksamhetsområdets gestaltning har lämnats under punkt 2.31 ovan.

2.7 Typfall. Förtätningsområde där LOD tillämpas för nytillkommande fastigheter

2.71 Beskrivning

Ett äldre bebyggelseområde med stora tomter skall förtätas genom delning av tomter och nybebyggelse. De naturliga förutsättningarna för LOD är gynnsamma. Dagvatten från de tidigare bebyggda tomterna avleds till allmän anläggning med kombinerat system. För att inte öka belastningen ytterligare på det allmänna ledningsnätet tas dagvattnet från de nytillkommande fastigheterna om hand via enskilda LOD-anläggningar i tomtmark. Givetvis kan detta typfall även kombineras med typfall pkt 2.8 dvs enskilda LOD-anläggningar inrättas också för den befintliga bebyggelsen. För enkelhets skull presenteras dock de båda typfallen skilda från varandra.



2.72 Genomförande

Förtätningen torde förutsätta ny stadsplan för området. I princip gäller vad som sagts under punkt 2.62.

2.73 Taxe- och ersättningsfrågor

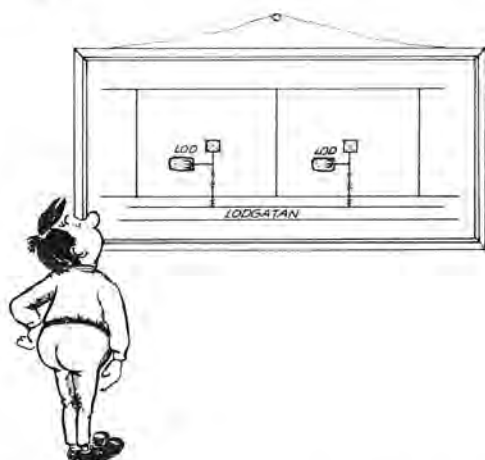
I princip gäller vad som sagts under punkt 2.63.

2.8 Typfall. Tidigare utbyggda områden där LOD påtvingas redan anslutna fastigheter

2.81 Beskrivning

Dagvattnet från fastigheterna inom ett äldre bebyggelseområdet avleds till allmän anläggning med kombinerat system. De naturliga förutsätt-

ningarna för LOD varierar inom området men är bitvis gynnsamma. För att i görlig mån avlasta det allmänna ledningsnätet kopplas dagvattnet från de fastigheter där förutsättningar för LOD finns bort från den allmänna anläggningen och avleds i stället via enskilda LOD-anläggningar i tomtmark. — I vissa fall kanske LOD-anläggningen fungerar som fördröjningsmagasin, varvid förbindelsen till den allmänna avloppsanläggningen kvarstår i form av en tömnings- och/eller bräddavloppsledning.



2.82 Genomförande

Huvudmannen beslutar på grundval av företagna utredningar att dagvattnet från de fastigheter där LOD kan tillämpas inte längre får påföras den allmänna avloppsanläggningen. Den hittillsvarande brukningsrätten för dagvatten häves helt eller delvis, under motivering att dagvattnet från fastigheten med större fördel kan avledas via LOD-anläggning i tomtmark.

Genomförandet förutsätter att ABVA kompletteras med vissa tillägg såsom angivits under pkt 2.22 ovan. — Den compensation i form av kontantbidrag till fastighetsägaren som tidigare omnämnts kan säkerligen vara en "morot" för fastighetsägaren och en hjälp för huvudmannen i hans förhandlingsposition. LOD-anläggningarna samt erforderliga ledningsomkopplingar kommer till stånd genom huvudmannens försorg. Arbetet kan utföras på entreprenad eller av va-verket.

2.83 Taxe- och ersättningsfrågor

Enär LOD-anläggningarna jämte ledningsomkopplingarna innebär ett

upphävande eller begränsande av tidigare brukningsrätt och påfordrats av huvudmannen är också denne pliktig bekosta skäligen del av kostnaderna inkl ersättning för eventuell skada och intrång som kan komma att förorsakas fastigheten. Se vidare vad som sagts under punkterna 2.22 och 2.5.

Innan åtgärder av detta slag verkställs måste sålunda huvudmannen noga ha studerat huruvida ingreppet är tekniskt-ekonomiskt motiverat eller inte. I många fall torde emellertid t ex en relativt enkelt åstadkommen bortkoppling av takvatten via stuprörsutkastare vara en för den allmänna va-anläggningen både förmånlig och billig åtgärd.

2.9 Om LOD-anläggningen inte fungerar

LOD representerar ett nytänkande och innan mångårig drifterfarenhet vunnits föreligger — naturligt nog — en viss osäkerhet rörande drift, säkerhet och tillförlitlighet på lång sikt.

2.91 *LOD-anläggning har utförts felaktigt eller missköts*

Allmänt gäller att den som äger LOD-anläggning får svara för följderna om anläggningen utförts felaktigt eller missköts.

Därest en allmän LOD-anläggning fungerar dåligt eller inte alls på grund av ovan angivna orsaker åligger det följaktligen huvudmannen att åtgärda bristerna och se till att det hela fungerar igen.

Motsvarande gäller för LOD-anläggning inom tomt som ägs av fastighetsägaren. Denne är följaktligen skyldig att åtgärda det hela, så att LOD-anläggningen fungerar på avsett sätt.

2.92 *LOD-anläggning fungerar inte på grund av bristande naturliga förutsättningar*

Situationen innebär att de naturliga förutsättningarna för LOD felbedöms.

Utgörs den allmänna anläggningen av en LOD-anläggning och denna inte fungerar är huvudmannen givetvis skyldig att ändra anläggningen så att den fungerar igen. Detta kan t ex innebära att LOD-anläggningen måste ersättas med "konventionellt" rörsystem, vilket kan medföra betydande investeringskostnader. Teoretiskt kan dessa täckas genom förnyade anläggningsavgifter, som i så fall måste fördelas på samtliga fastighetsägare inom verksamhetsområdet. I praktiken har dock detta förfarande med en allmän utdebitering hittills ytterst sällan kommit till användning.

Därest egen LOD-anläggning inom tomt skulle sluta att fungera kan omfattande problem uppstå. Va-verket kan tvingas att komplettera den allmänna anläggningen med anläggning för avledande av dagvatten från fastighet och att upprätta förbindelsepunkter för dagvatten. Taxe-nlig anläggningsavgift för dagvatten kan tas ut. Denna avgift torde emellertid ingalunda täcka de verkliga kostnaderna i detta fall. Alternati-vt kan kommunen anta en differentierad taxa som tillåter uttag av den verkliga kostnaden. — Bedömningen av att LOD-anläggning inom tomt skulle fungera torde som regel ha gjorts av, eller åtminstone god-tagits av kommunen. Visar de sig sedan att detta var en felbedömning torde kommunen ha ansvar härför särskilt om man "framtvingat" LOD-anläggningarna i fråga eller eljest svarat härför genom rådgiv-ni ng etc.

3 NÄR KAN LOD TILLÄMPAS?

LOD uppfattas ofta som en teknik där man genom infiltration och perkolations kan få dagvattnet att "bara försvinna". Så enkelt är det naturligtvis inte. Vattnet måste alltid ha någonstans att ta vägen. Genom LOD utnyttjas markens naturliga förmåga att ta upp vatten. Avledningen sker alltså då helt eller delvis under markytan som grundvattenströmning.

För att LOD skall kunna utnyttjas med framgång måste de geohydrologiska förhållandena vara sådana att vattnet verkligen kan transporteras bort genom marklagren. Man måste alltså i varje enskilt fall studera de naturliga förutsättningar som finns för LOD. Detta sker genom sk geohydrologiska undersökningar.

Hur detaljerad en geohydrologisk undersökning skall göras beror på i vilket skede av planeringen man befinner sig. De mest översiktliga undersökningarna går ut på att med mycket enkla medel försöka skaffa sig en uppfattning om de lokala förutsättningarna för LOD.

I de fall det bestäms att LOD kommer att utnyttjas i någon större omfattning är det nödvändigt att företa en mer detaljerad geohydrologisk studie. Även om kommunen inte har egen expertis på området kan man mycket väl utföra vissa moment i den detaljerade undersökningen.

De geohydrologiska undersökningarna bör komma in i ett så tidigt skede som möjligt av planeringen av ett område. Att anpassa LOD-tekniken till ett område som redan är detaljplanerat innebär ofta en allvarlig begränsning av utnyttjandet.

3.1 Naturliga förutsättningar för LOD

3.1.1 Allmänt

För varje nytt exploateringsområde bör man undersöka i vilken utsträckning dagvattnet kan omhändertas lokalt. Som ovan berörts sker detta genom en förenklad geohydrologisk studie. De moment som bör ingå i denna studie är:

- Nivå- och ytavrinningsförhållanden
- Jordartsförhållanden
- Grundvattenförhållanden

I det följande skall vart och ett av dessa moment beskrivas närmare.

3.1.2 Nivå- och ytavrinningsförhållanden

Som första steg i den förenklade geohydrologiska studien kartläggs hur

ytavrinningen sker från det aktuella området. Med hjälp av topografiska kartor och besiktningar på platsen bestäms avrinningsområdets areal. Dessutom kartläggs de bäckar och andra naturliga vattendrag som finns inom området.

Vid bedömning av ytavrinningsförhållandena bör man vara speciellt uppmärksam på områden som inte har något naturligt avlopp och på områden som pga lutningsförhållandena har begränsad avledningsförmåga. Man måste i detta sammanhang naturligtvis även beakta de anlagda dräneringssystem som kan finnas inom området, t ex dagvattenledningar från bebyggelse, dräneringsledningar från jord- eller skogsbruk etc.

För de ytvattendrag som finns inom avrinningsområdet bör man försöka göra en bedömning av hur vattenföringen varierar under året. Detta kan vara till hjälp vid bedömning av marklagrens vattenupptagningsförmåga.

3.13 *Jordartsförhållanden*

Hur stor vattenmängd som kan tas upp av naturliga jordar hänger samman med jordmaterialets magasineringsförmåga och dess vattengenomsläpplighet. Dessa parametrars storlek och variation är bl a beroende av jordmaterialets sammansättning och lagringstäthet.

Uppgifter om jordartsförhållandena inom ett område erhålls från tillgängliga geologiska kartor. Eventuellt kan vissa kompletteringar behöva ske genom flygbildstolkningar och översiktliga fältkontroller. Om grundundersökningar, brunnborrningar eller geotekniska utredningar tidigare företagits inom området utnyttjas givetvis även resultaten av dessa.

I den inledande geohydrologiska översikten gäller det att skaffa sig en mycket grov bild av de aktuella jordartsförhållandena. Det är alltså inte meningen att man i detta skede skall företa några mer detaljerade undersökningar.

3.14 *Grundvattenförhållanden*

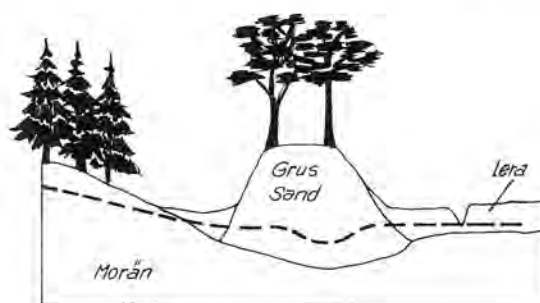
Med utgångspunkt från de uppgifter som samlats in om nivåer, ytavrinning och jordartsförhållanden görs en översiktlig bedömning av grundvattenytans läge inom olika delar av området. Som underlag för denna bedömning bör man även inventera de brunnar, sankmarker och andra observationsmöjligheter som finns för grundvattnet.

I morän brukar grundvattenytan följa markytan på någon eller några meters djup. jfr *figur 2*. Moränens vattengenomsläpplighet är i

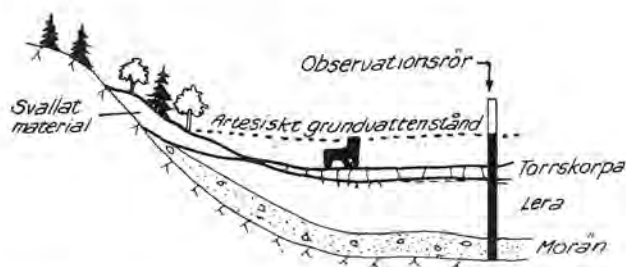
allmänhet ganska begränsad men räcker ofta till för att större delen av årsnederbörden skall kunna infiltrera.



Figur 2. Exempel på grundvattenyta i morän



Figur 3. Exempel på grundvattenyta i isälvsavlagring

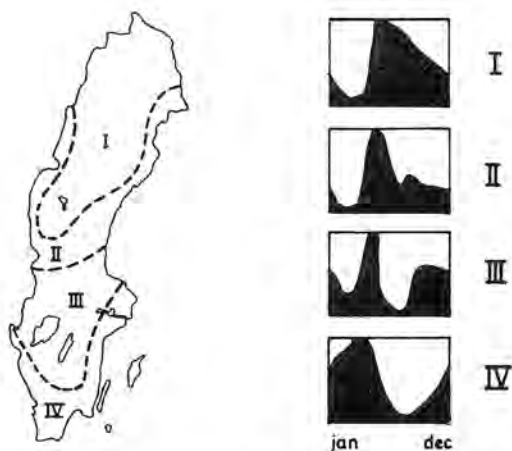


Figur 4. Exempel på grundvattenförhållanden i lerområden

I isälvsavlagringar ligger grundvattenytan oftast djupare än i morän, jfr figur 3. Som framgår av figuren får man ofta en försänkning av grundvattenytan i åsens kärna. Åsen är "dränerande".

I lera är grundvattenförhållandena mer komplicerade, jfr figur 4. Närmast markytan finns ofta en torrskorpelera med tidvis ganska stor vattengenomsläpplighet. Den lera som finns under torrskorpan kan i praktiken betraktas som nästan helt tät och släpper alltså inte igenom något vatten. Under leran finns vanligen ett lager grövre material med förhållandevis stor vattengenomsläpplighet.

Grundvattennivån i ett område är inte konstant. Nästan alla grundvattenmagasin reagerar enligt ett tydligt årstidsmönster. Variationerna styrs främst av förhållandet mellan nederbörd och avdunstning men också av lokala förhållanden såsom jordartsförhållanden och terrängläge. På grund av de olika klimattyper som förekommer i Sverige kan man särskilja fyra typiska variationsmönster för grundvattnet, se figur 5.

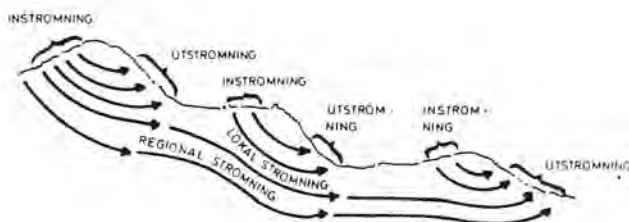


Figur 5. Typiska variationsmönster hos grundvattenmagasin i Sverige. Diagramrutans längd motsvarar 1 år. Höjden visar skillnaden mellan högsta och lägsta månadsmedelvärde i grundvattenstånd och är nödvändigtvis inte lika för de olika områden. Diagrammen bygger på mätningar under en lång följd av år. Efter SGU (1979).

Grundvattenytan brukar vid någorlunda homogena jordartsförhållanden i stora drag följa markytan. Avrinningsmönstret för grundvatten överensstämmer därför ofta med den avrinning som sker på markytan. I vanliga fall sker grundvattenbildningen i terrängens högre partier inom sk inströmningsområden, jfr *figur 6*.

Grundvattnet söker sig till de lägre partierna av terrängen och kan där fylla upp marklagren till markytan och avrinna som ytvatten eller avdunsta direkt eller via växtligheten. De områden där grundvattnet når markytan upptas ofta av vattendrag och myrmark men kan också vara mindre tydliga och bara märkas genom en frodig och vattenkrävande växtlighet. Utströmning av grundvatten inom ett område sker i allmänhet endast under en ganska begränsad del av året. I regel inträffar detta under perioder med högt grundvattenstånd. Det kan i sammanhanget nämnas att in- och utströmningsområdenas storlek normalt varierar med årstid och mellan olika år.

Grundvattnets in- och utströmningsförhållanden är av största betydelse för möjligheterna att infiltrera dagvatten. Som framgår av *figur 6* kan man urskilja både lokala och regionala strömningsmönster.



Figur 6. Avrinningsmönster för grundvatten med inströmnings- och utströmningsområden. Enligt Eriksson och Gustafsson (1968).

Genom att skaffa sig en översiktlig bild av hur grundvattenavrinningen sker inom olika delar av området kan man också få en första uppfattning om förutsättningarna för LOD.

Avledning av dagvatten genom infiltration eller perkolation kan endast ske inom sådana områden där grundvattnets strömning är nedåtriktad, dvs i inströmningsområden. Det infiltrerade vattnet kommer då att sippra ned till grundvattnet och transporteras bort med detta.

3.2 Vilket vatten kan infiltreras?

3.21 *Allmänt*

Dagvatten är alltid mer eller mindre förorenat. Graden och arten av föroreningar beror till stor del på hur den avvattnade ytan används. Effekterna på mark och grundvatten vid infiltration av dagvatten är idag inte fullständigt kända. I det följande skall lämnas en kortfattad redogörelse för det nuvarande kunskapsläget på området samt ges vissa allmänna rekommendationer om vilket vatten som kan infiltreras. För en mer fullständig beskrivning av dagvattnets miljöpåverkan hänvisas till skriften "Dagvattenhantering — planering och miljöeffekter" från Statens naturvårdsverk.

3.22 *Akkumulering av suspenderat material*

Vid infiltration på grönytor kommer det översta humusrika skiktet av marken att tjäna som ett filter. I detta kommer huvuddelen av de dagvattenföroreningar som föreligger i suspenderad form att fångas upp. Det vatten som tränger längre ned i marken kan alltså betraktas som relativt rent. Eftersom dagvattnet ibland kan innehålla en hel del suspenderat material måste man räkna med att få en viss igenslamning av de öppna porerna i markens ytskikt. Genom den biologiska aktivitet som förekommer i marken kommer man dock att få en uppluckring av de översta marklagren som motverkar igensättningstendenserna.

Även perkulationsmagasin och särskilt den jord som närmast omger magasinet har en viss renande effekt på dagvattnet. Reningseffekten uppnås bl a genom fysikalisk fastläggning och mikrobiell nedbrytning av föroreningarna. Vid uppföljning av driften vid några perkulationsmagasin som tillförts starkt förorenat vatten har man kunnat konstatera att en hel del av det suspenderade materialet kommer att sedimentera på botten av den magasinsbildande fyllningen. För att undvika igensättningar bör man därför alltid försöka anordna någon form av filter på inloppssidan av magasinet. Man kan också förse perkulationsmagasinet med en särskild sedimentationsdel för uppsamling av det suspenderade material som tillförs anläggningen.

3.23 *Markpåverkan*

De föroreningar som kan ge upphov till problem vid infiltration av dagvatten i vegetationsklädd mark är främst

- Svavel- och kväveföreningar
- Vägsalt
- Olja
- Tungmetaller

Risken med svavel- och kväveföreningar ligger bland annat i försurningseffekten, som kan ge upphov till en snabbare urlakning av näringsämnen ur jorden och en försämrad tillväxt. Att barrträd i allmänhet är mer känsliga än lövträd är känt men i övrigt saknas samlad kunskap om försurningens kort- och långsiktiga effekter på den urbana marken och vegetationen.

Vägsaltets skadeeffekter på vegetation är dokumenterad, framför allt vad gäller alléträd i tätorter. Natriumjonerna i det koksalt som vanligen används försämrar jordstrukturen och hämmar växternas upptagning av såväl vatten som mineralnäringsämnen. Även kloridjoner i större mängder är skadliga för växterna.

Förutom vägsaltet torde de oljerester som finns i dagvattnet ge de största problemen vid infiltration i vegetationsklädd mark. Olja har en direkt giftverkan på växtligheten och förstör i koncentrerad form även marken.

En stor del av de tungmetaller som finns i dagvatten är bundna till suspenderat material och kommer därför att avskiljas vid passagen genom vegetationstäcket. Urlakningen av de bundna tungmetallerna är vanligen ganska obetydlig. Tungmetaller i löst form kan dock anrikas i såväl mark som växter. Markens förmåga att ackumulera metaller är beroende av dess mineralogiska sammansättning. Tungmetallanrikningen i växterna beror bl a på vilken växt det är fråga om, metallernas form samt de aktuella jordartsförhållandena. Risken för förgiftning orsakad av tungmetaller är för närvarande ofullständigt känd.

3.24 Grundvattenpåverkan

Som tidigare berörts får man vid infiltration i grönytor en naturlig filtrering av dagvattnet innan detta når grundvattnet. Även i perkulationsmagasin sker en viss avskiljning av föreningar. Denna är dock inte lika effektiv som vid direktinfiltration på mark. Grundvattnet löper alltså något större risk att förorenas vid perkolation än vid infiltration på markytan.

Det är mycket svårt att säga något generellt om vilken betydelse tillförsel av olika föreningar har för grundvattnet. Detta hänger naturligtvis samman med den användning man har eller kan förväntas få av grundvattnet. Det måste understrykas att grundvattnet kan utgöra en

betydelsefull resurs både som grundvattentäkt och som recipient för vissa typer av avloppsvatten. En värdering av påverkan måste därför alltid ske med utgångspunkt från det lokala utnyttjandet. Vid värderingen måste man även ta hänsyn till över hur stort område vattnet sprids i grunden.

De dagvattenföroreningar som främst kan tänkas påverka grundvattnet är:

- Tungmetaller
- Olja
- Organiska miljögifter

En stor del av dessa föroreningar är som tidigare berörts bundna till det suspenderade materialet i dagvattnet. Föroreningarna kommer alltså delvis att avskiljas redan innan de når grundvattnet. För en mer fullständig beskrivning av dagvattnets grundvattenpåverkan hänvisas till Malmquist och Hård (1981).

3.25 *Sammanfattande synpunkter*

Det är omöjligt att här lämna något entydigt svar på frågan om vilket vatten som kan infiltreras utan risk för olägenheter. Kunskapen härom är helt enkelt ännu för dålig. I avvaktan på ett bättre kunskapsunderlag har här valts att ändå lägga fram vissa preliminära rekommendationer. Dessa kan givetvis längre fram komma att behöva omprövas.

Med hänsyn till den ovan beskrivna ackumuleringen av föroreningar och den därmed sammanhängande risken för igensättningar bör infiltration och perkolation av dagvatten främst utnyttjas för relativt rent vatten. Vad som skall betraktas som rent dagvatten kan naturligtvis diskuteras. Tills vidare föreslås att perkolationsmagasin ej tillförs dagvatten med högre medelhalter suspenderat material än 50 mg/l. I praktiken innebär detta att det främst är dagvatten från takytor, tomtmark och ej alltför hårt exploaterade bostadsområden som kan komma ifråga. Dagvatten från industriområden, hårt belastade trafikytor och utpräglade cityområden bör alltså ej leda till perkolationsmagasin.

Vid utnyttjande av perkolationsmagasin måste man alltid räkna med att få en viss avsättning av slam i magasinet. Denna blir naturligtvis större ju mer förorenat dagvattnet är. Genom olika förebyggande åtgärder t ex att anordna filter på inloppssidan eller att förse magasinet med en sedimentationsdel kan man minska riskerna för igensättning av anläggningen.

Med hänsyn till att markpåverkan och grundvattenpåverkan av

olika föroreningar ännu är relativt litet kända bör man tills vidare helt undvika LOD om dagvattnet kan förväntas innehålla höga halter av någon av följande föroreningskomponenter:

- Svavel- och kväveföroreningar
- Vägsalt
- Olja
- Tungmetaller
- Organiska miljögifter

LOD bör ej heller utnyttjas inom speciellt utsatta områden, t ex i närheten av grundvattentäkter. För större vattentäkter finns det ofta redan fastställda skyddsområden.

4 TEKNISKA ANORDNINGAR

Under rubriken "Tekniska anordningar" skall här lämnas en del synpunkter på detaljutformningen av olika anläggningar för lokalt omhändertagande av dagvatten. De anläggningstyper som tas upp är:

- Anordningar för infiltration
- Anordningar för perkolation
- Fördröjningsmagasin

Som berörts i inledningen till denna publikation utformas LOD-anläggningar genom kombination av ett lämpligt urval av följande LOD-byggstenar:

Infiltrationsyta



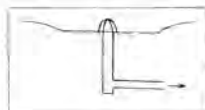
Perkolutionsanläggning



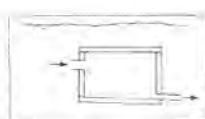
Dräneringsledning



Klent dimensionerad dagvattenledning



Fördröjningsmagasin



Det måste understrykas att utformningen långt ifrån är fastlåst till några få typlösningar. Som skall visas i det följande har man vid projekteringen tvärtom ganska stor handlingsfrihet vid detaljutformningen av anläggningen. I stor utsträckning gäller det att med fantasi och ingenjörsmässigt systemtänkande försöka anpassa den tekniska lösningen till de speciella förutsättningar som gäller i varje enskilt fall.

4.1 Anordningar för infiltration

4.1.1 Allmänt

Den enklaste formen av dagvatteninfiltration är att helt enkelt leda ut vattnet på någon lämplig vegetationsklädd yta. En infiltrationsanläggning omfattar dock i regel flera delar än enbart infiltrationsytan. Exempelvis måste denna ofta kompletteras med anordningar för avledning av sådant vatten som inte kan infiltrera, se vidare kapitlet "Dimensionering". I figur 7 ges några exempel på hur man genom att kombinera olika LOD-byggstenar kan komma fram till olika tekniska lösningar. Det gemensamma för dem är att huvuddelen av dagvattnet tas om hand genom infiltration.

Infiltration

Dagvatten leds ut på en grönyta där det får infiltrera.



Infiltration + Perkolation

Dagvatten leds ut på en grönyta. Det vatten som inte kan infiltrera leds till en perkolationsanläggning.



Infiltration + Dränering

Dagvatten leds ut på en grönyta. För att få en effektiv dränering av marklagren anläggs ett system av dräneringsledningar under infiltrationsytan.



Infiltration + Dagvattenavledning

Dagvatten leds ut på en grönyta. Det vatten som inte kan infiltrera samlas upp i områdets lågpunkt och avleds därifrån i en "klent" dimensionerad dagvattenledning.



Figur 7. Exempel på olika principiella möjligheter att utforma anordningar för infiltration av dagvatten.

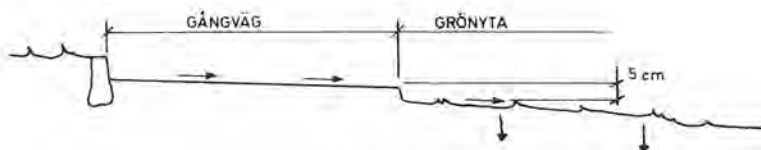
I de här följande avsnitten skall närmare redogöras för den tekniska utformningen av anläggningar för dagvatteninfiltration. Eftersom detaljutformningen i stor utsträckning är beroende av de lokala förhållanden som råder, har framställningen inriktats mot att beskriva principutformningen av vissa viktiga anläggningsdelar.

4.12 Tillförsel av vatten till infiltrationsyta

En anläggning för infiltration på grönytor innebär att dagvatten från närbelägna hårdgjorda ytor leds ut på infiltrationsytan. Tillförseln av vatten sker på något av följande sätt:

- Dagvattnet leds ut "på bred front" längs hela begränsningslinjen mellan hårdgjord yta och infiltrationsyta.
- Dagvattnet leds ut på infiltrationsytan via diken, dagvattenledningar eller motsvarande. Tillförseln är alltså koncentrerad till vissa punkter.

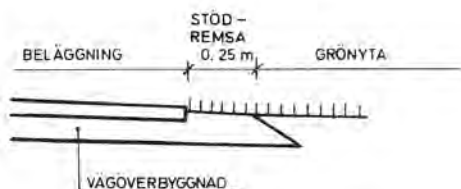
När det gäller dagvatten från vägar, gångstigar eller motsvarande är det lämpligast att låta infiltrationen ske direkt på intilliggande grönytor. Detta sker enklast genom att undvika kantstenar och andra avvattningsbegränsande anordningar. Dagvattnet kan då fritt rinna över vägens kant och ut över grönytan. För att kompensera för rottillväxt i grönytan och uppfrysning av hårt packad jord rekommenderas enligt Andersson (1977) en minsta nivåskillnad av 5 cm mellan hårdgjord yta och grönyta. Nivåskillnaden bidrar även till en effektiv avvattning, vilket är viktigt med hänsyn till trafiksäkerheten, se *figur 8*.



Figur 8. Avvallning av vägyta. Efter Andersson (1977)

Var och hur vattnet överförs från de hårdgjorda ytorna till infiltrationsytan blir naturligtvis beroende av de lutningsförhållanden som råder i varje enskilt fall. För att inte ge erosion i övergångszonen mellan hårdgjord yta och grönyta skall punktvisa flöden undvikas.

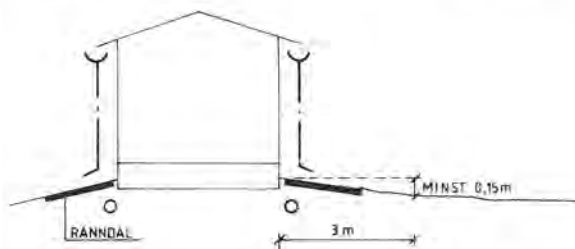
Eftersom kantstöd i regel saknas mellan de avvattade hårdgjorda ytorna och infiltrationsytan måste man anordna någon annan form av stöd för beläggningen. Detta brukar normalt ske genom att förlänga vägöverbyggnaden en bit ut i grönytan. Den på detta sätt erhållna stödremsan, som bör vara vattengenomsläpplig, innebär förutom skydd mot erosion även minskad risk för spårbildning i grönytan närmast vägen, se *figur 9*.



Figur 9. Stödremsa i övergångszonen mellan hårdgjord yta och infiltrationsyta. Enligt Andersson, Carlstedt, Paus (1979)

Vid infiltration av dagvatten från taktytor brukar man i regel utnyttja stuprörsutkastare. Vid denna typ av avvattning är det viktigt att själva utströmningsplatsen skyddas mot erosion. Som erosionsskydd kan man exempelvis anlägga en stenbeklädd rännal av betongplattor eller gatsten, se *figur 10*. Om det under stenbeklädningen finns erosionsbenäget material bör man utföra ett filter mellan stenen och detta material. Filtret kan exempelvis bestå av ett lager grus, sten eller makadam.

Efter utströmningsplatsen måste markytan luta från byggnaden så att man inte får vattensamlingar intill huskroppen, se *figur 10*. Man riskerar annars att få fuktskador på källarkonstruktionen. För att undvika stänk på sockel eller fasad bör man vidare se till att utkastaren



Figur 10. Området närmast huskroppen måste ges ordentlig lutning. Efter SBN, Kommentarer (1981)

mynnar nära markytan och är riktad ut från huset. Husgrunden bakom utkastaren skyddas med ett tätt skikt eller vid hus med källare med en god väggdränering.

Om den utnyttjade infiltrationsytan ligger långt från de avvattnade hårdgjorda ytorna kan det ibland bli aktuellt att utnyttja dagvattenledningar eller diken för överföringen av vatten. Man måste i dylika fall vara speciellt uppmärksam på risken för erosion i nedströmsändan av dagvattenledningen och på botten av det öppna diket.

4.13 Infiltrationsyta

Begreppet infiltrationsyta definieras här som en yta som förutom nederbördsvatten även får ett tillskott av dagvatten från anslutna hårdgjorda ytor. I samband med dagvatteninfiltration kan man skilja mellan följande tre typer av infiltrationsytor:

- Skogs- eller ängsmark
- Yta som anlagts utan speciell tanke på dagvatteninfiltration
- Yta som anlagts med speciell tanke på dagvatteninfiltration

Gräsytor som beräknas komma att få betydande tillskott av dagvatten bör byggas upp så att man får en så slitstark och permeabel yta som möjligt. Vegetationstäckets utveckling har härvid visat sig ha en avgörande betydelse.

En gräsyta där vegetationen, främst olika slag av gräs, är väl etablerad kan i hög grad motstå påverkan av erosion. Detta beror på att vegetationen har förmåga att dämpa avrinningsförloppet varvid mer vatten kan infiltrera. Vidare får man genom vegetationens rotsystem en stabilisering av jorden. Erosionsbegränsande åtgärder bör alltså i första hand inriktas mot att bevara och förbättra befintlig vegetation samt att vid sådd av blivande grönytor söka få en så snabb etablering av vegetationen som möjligt. Erfarenheter har visat att det kan dröja upp till ett par år innan en nyanlagd gräsyta hunnit etableras ordentligt. Under den första tiden kan man alltså ibland få vissa problem med erosion och ytuppmjukning.

Inom känsliga områden kan det ibland bli nödvändigt att vidta vissa förstärkningsåtgärder. Som exempel kan nämnas:

- Utläggning av färdiga gräsmattor
- Erosionsskydd i branta slänter
- Tillfälligt skydd av frilagda jordytor

Om man tänker infiltrera dagvatten inom ett område bör man kontrollera att grundvattenytan alltid ligger minst 0,5 m under markytan.

Inom områden där grundvattenytan tidvis ligger högre, t ex inom utströmningsområden, kan det ibland bli aktuellt att anlägga särskilda dräneringsledningar. På detta sätt är det alltså möjligt att hålla grundvattenytan nere på konstgjord väg.

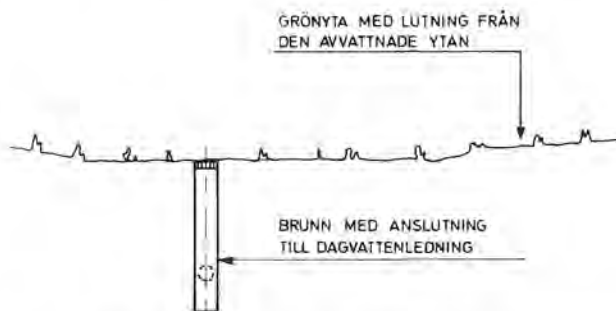
Vid detaljplanering av en infiltrationsyta måste man se till att eventuellt överskottsvatten, dvs vatten som inte kan infiltrera, har möjlighet att ledas bort. I finkorniga jordar med högt grundvattenstånd uppstår lätt ytuppmjukning om överskottsvattnet blir stående. Genom långvarig vattenmättnad finns det också risk för att vegetationens levnadsbetingelser begränsas. För att undvika dessa problem bör man se till att infiltrationsytan ges sådan lutning att överskottsvattnet kan rinna av på ytan. Lågpunkter inom infiltrationsytan avvattnas med diken eller klint dimensionerade dagvattenledningar, jfr nedan.

4.14 Avvattning av lågpunkt

Om infiltrationsytans vattenupptagande förmåga överskrider kommer man som tidigare berörts att få en viss avrinning av överskottsvatten. Detta kan exempelvis inträffa om infiltrationsytan är täckt av isbark. För att förhindra vattensamlingar måste lågpunkterna avvattnas på något av följande sätt:

- Dike eller dikesanvisning
- Perkolationsanläggning
- Klint dimensionerad dagvattenledning

Vid slutet avledning av överskottsvatten bör man enligt Andersson (1977) utforma lågpunkten som en stor plan yta. Uppsamlingen av vatten inom denna sker genom en intagsbrunn som skall ligga i nivå med markytan, se *figur 11*. Det är då lämpligt att använda en brunn med



Figur 11. Infiltration på grönyta med dagvattenbrunn i lågpunkt

plant galler. Vid avledning av överskottsvatten från dikeslägpunkt utnyttjas i stället en kupolbrunn.

Dagvattenbrunnar i gräsytor bör vara försedda med sandfång. Erforderligt tömningsintervall för dessa beror på mängden slam i dagvattnet. Den klen dimensionerade dagvattenledningen från brunnen kan enligt Andersson, Carlstedt, Paus (1979) beräknas för en avrinning av 5 l/s·ha från den avvattnade hårdgjorda ytan.

Om de lokala förhållandena så medger kan avledningen av överskottsvatten ske i speciellt anlagda diken eller dikesanvisningar. Dessa får dock ej utsättas för kontinuerliga flöden eller hållas ständigt fuktiga, eftersom detta försämrar dikesvegetationens levnadsbetingelser. I utsatta områden kan man förbättra dräneringen av marken genom att anlägga en dräneringsledning under diket.

4.2 Anordningar för perkolation

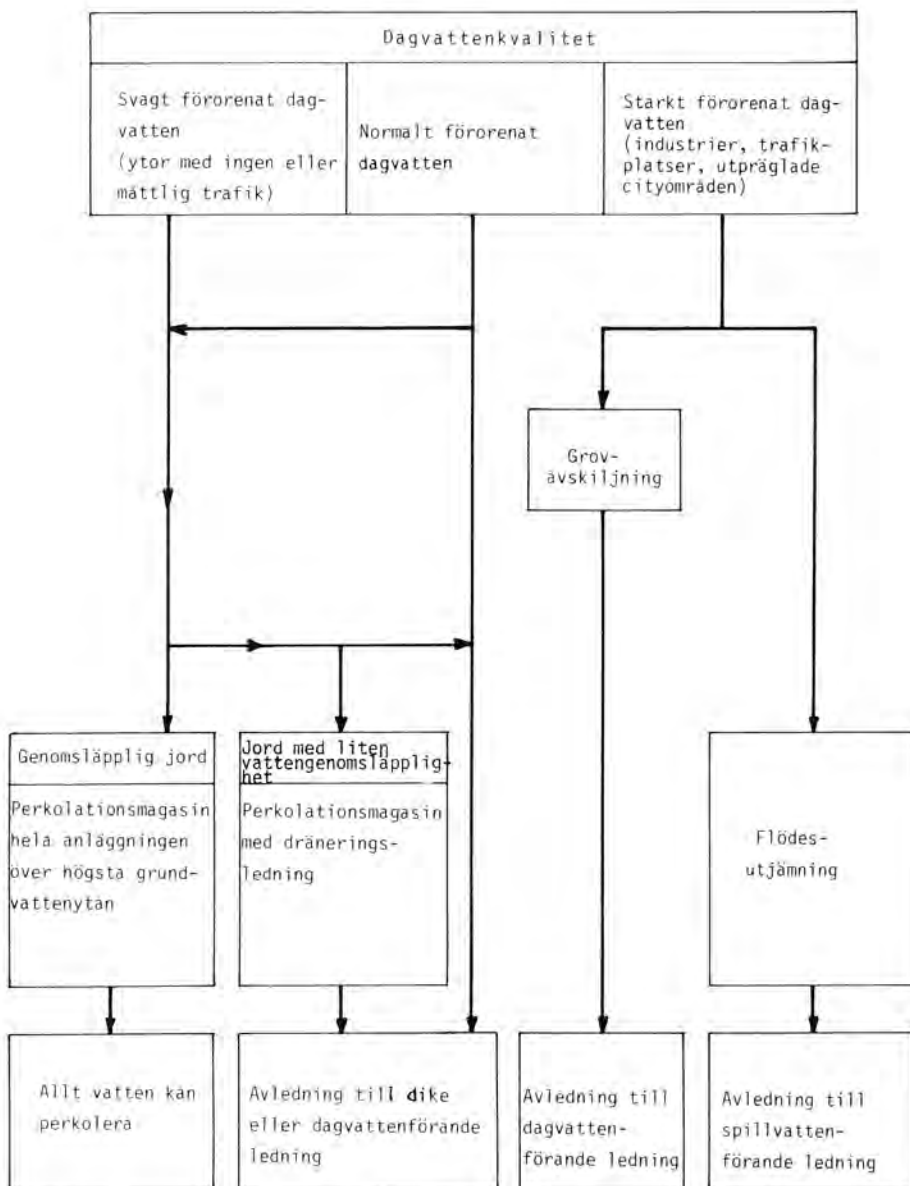
4.2.1 Allmänt

Det finns inte alltid ytor tillgängliga som lämpar sig för infiltration. Dagvattnet måste då tas omhand på annat sätt. Innan man tillgriper traditionell avledning i ledningar bör man undersöka möjligheterna att perkolera dagvattnet. Man måste härvid bl a ta hänsyn till dagvattnets föroreningsinnehåll samt marklagrens vattengenomsläpplighet. Som hjälp vid denna bedömning kan man använda sig av *figur 12*.

Som framgår av figuren bör perkolationsmagasin främst komma i fråga för omhändertagande av svagt förorenat dagvatten. Vad som skall betraktas som svagt förorenat i detta sammanhang kan naturligtvis diskuteras. Här föreslås att den övre gränsen för svagt förorenat vatten tills vidare sätts vid 50 mg/l, räknat som medelhalt suspenderat material i dagvattnet. Beträffande dagvatten med större föroreningsinnehåll krävs i allmänhet någon form av förbehandling om perkolation skall utnyttjas.

Detaljutformningen av en perkolationsanläggning bestäms i stor utsträckning av de lokala förutsättningar som gäller. I *figur 13* visas hur man genom att kombinera olika LOD-byggstenar kan komma fram till olika tekniska lösningar.

I det följande skall utformningen av olika delar av en perkolationsanläggning beskrivas mer i detalj. Av utrymmesskäl har endast de viktigaste anläggningsdelarna tagits med.



Figur 12. Schema för bedömning av hur dagvattnet bör avledas om möjligheter till infiltration saknas

Perkolationsanläggning

Dagvatten tillförs en perkolationsanläggning varifrån det får perkolera vidare till underliggande marklager.

Perkolationsanläggning + Dränering

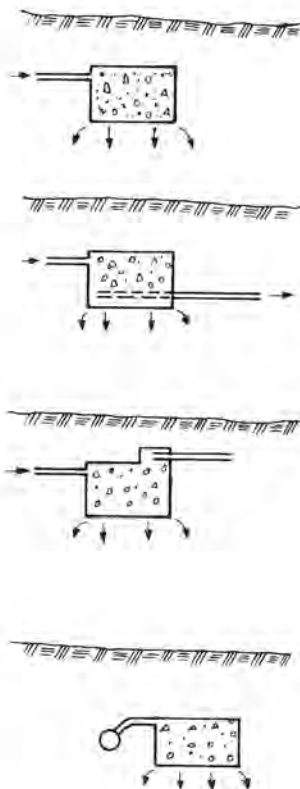
Dagvatten tillförs en perkolationsanläggning. Som komplement till den avtappning som sker genom perkolationsanläggningen har magasinet förses med en dräneringsledning med strypt utlopp.

Perkolationsanläggning + Dagvattenavledning

Dagvatten tillförs en perkolationsanläggning. När perkolationskapaciteten inte räcker till fylls magasinet och bräddning sker till en klen dimensionerad dagvattenledning.

Dagvattenledning + Perkolationsanläggning

Dagvatten avleds i en dagvattenledning som avsiktligt dimensionerats klen. Vid stora flöden får man då en uppdamning som innebär att en del vatten kan bräddas över till ett perkolationsmagasin anordnat parallellt med ledningsnätet.



Figur 13. Exempel på olika principiella möjligheter att utforma anordningar för perkolationsanläggning av dagvatten

4.22 Magasinsintag

Utformningen av intaget till ett perkolationsmagasin är bl a beroende på hur anläggningen ser ut samt på det tillförda vattnets mängd och beskaffenhet. Magasinsintaget kan utformas på många olika sätt. För att minska risken för igensättningar av den magasinsbildande fyllningen bör det dock alltid vara utformat så att grövre partiklar i dagvattnet kan avskiljas.

I de flesta fall brukar avskiljningen ske i speciellt anordnade avskiljningsbrunnar, placerade i anslutning till perkolationsmagasinet. Brunnnsdimensionen kan normalt väljas $\varnothing$ 400. I *figur 14* visas några exempel på hur man genom filtrering och sedimentering kan åstadkomma en viss förbehandling av vattnet innan det leds in i magasinet. Det måste här understrykas att man genom enbart sedimentering bara kan avskilja det allra grövsta materialet.

De för filtreringen utnyttjade syntetfiberdukarna anordnas så att de vid behov kan bytas ut. Hur ofta detta blir aktuellt beror på det infiltrerade vattnets kvalitet. Innan vattnet passerar syntetfiberduken bör det helst ha genomgått en viss grovavskiljning genom sedimentering. Man kan på detta sätt minska intervallen mellan filterduksbytena. Praktiska drifterfarenheter har visat att fiberduken vid intaget bör anordnas vertikalt. En horisontellt anordnad fiberduk blockeras nämligen i allmänhet snabbt av sedimenterade partiklar och orsakar därmed mycket större underhållskostnader.

Enbart sedimentering bör endast tillgripas i de fall dagvattnet är relativt rent. Man måste i dylika fall räkna med att ibland behöva sätta in vissa kompletterande rensningsåtgärder. Som exempel kan nämnas renspolning av de fördelningsledningar som leder in i magasinet.

Det är naturligtvis omöjligt att i avskiljningsbrunnarna få bort allt suspenderat material som finns i vattnet. Man kan vid filtreringen inte välja en alltför finmaskig fiberduk, eftersom denna då snabbt kommer att sättas igen. En duktäthet på ca 100 g/m^2 har i dessa sammanhang visat sig vara lämplig.

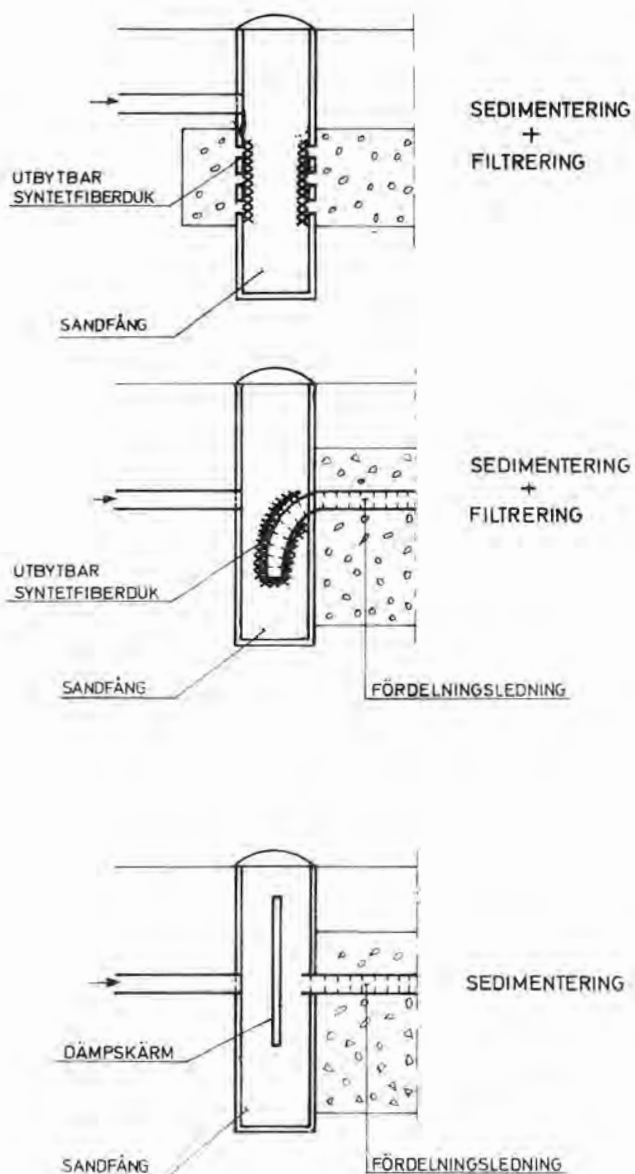
4.23 Fördelningsledning

För att få en jämn fördelning av vattnet i perkolationsmagasinet måste man ibland anlägga en fördelningsledning i fyllningen. Speciellt gäller detta i större magasin. Fördelningsledningen, som normalt brukar placeras ganska högt upp i fyllningsmassorna, utgörs av ett rör med fria öppningar. De fria öppningarna väljs så att inget material kan tränga in i fördelningsledningen. Exempel på de rörtyper som kan användas är:

- Slitsade markavloppsrör
- Infiltrationsrör

4.24 Magasinsbildande fyllning

P g a slamavsättningar kommer bottenytan i ett perkolationsmagasin på sikt alltid få nedsatt perkolationsförmåga. Tömningen kommer då huvudsakligen att ske genom magasinets sidoytor. Vid utformningen



Figur 14. Exempel på utformning av avskilningsbrunn vid perkoleringsmagasin

av ett perkolationsmagasin bör man därför sträva efter att få största möjliga sidoyta i förhållande till bottenyta. I praktiken innebär detta att magasinet normalt bör göras långsmalt.

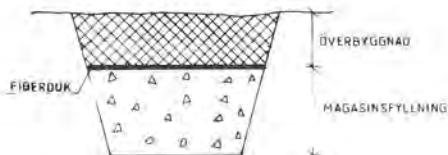
Generellt gäller att perkolationsmagasin bör ha horisontell botten och horisontell överyta samt vara uppbyggt av en fyllning med stor effektiv porvolym. Som magasinsbildande fyllning brukar man använda tvättad makadam eller likvärdigt material. I *figur 15* visas den principiella uppbyggnaden av ett perkolationsmagasin.



Figur 15. Principiell uppbyggnad av ett perkolationsmagasin efter Andersson, Carlstedt, Paus (1979)

För att undvika att finmaterial transporteras ned i magasinsfyllningen bör denna på ovansidan vara försedd med ett tätande filter. Tätningen kan såsom visats i *figur 15* utföras som ett sk omvänt filter av sand och grus. Vanligare är dock att magasinsfyllningen på ovansidan skyddas av en grov syntetfiberduk enligt *figur 16*. Detta är en lösning som byggnadstekniskt är enklare att utföra.

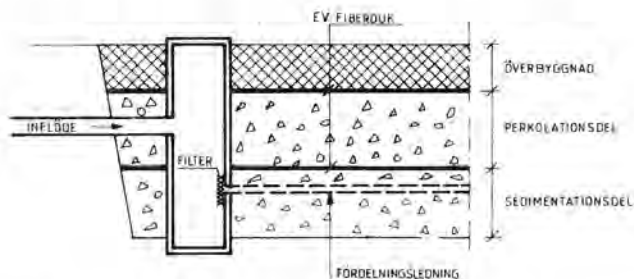
Den magasinsbildande fyllningen läggs på plats så snart som möjligt efter schaktens utförande. På så sätt undviks att schakten rasar och att tätande material samlas på schaktbotten. Man bör undvika att packa materialet i schaktens sidor och botten.



Figur 16. Syntetfiberduk på ovansidan av den magasinsbildande fyllningen i ett perkolationsmagasin

Som tidigare berörts kan man aldrig helt förhindra att en del finare suspenderat material tillförs perkolationsmagasinet. Huvuddelen av detta material kommer att ackumuleras på botten av magasinet. Efter några år kommer magasinets botten och den nedre delen av dess väggar att nästan helt ha tätats av det tillförda suspenderade materialet. Genom denna tätning kommer magasinets undre del att mer eller mindre stå ständigt fylld med vatten och samtidigt fungera som en effektiv slamavskiljare. Ett perkolationsmagasin har i allmänhet mycket god effekt när det gäller avskiljning av suspenderat material.

För att öka livslängden hos ett perkolationsmagasin kan det ibland finnas skäl att redan från början förse detta med en sedimentationsdel. Speciellt gäller detta naturligtvis om det tillförda vattnet innehåller mycket suspenderat material. Sedimentationsdelens volym räknas då inte in i magasinets effektiva volym. I *figur 17* ges exempel på hur ett perkolationsmagasin med sedimentationsdel kan utformas.



Figur 17. Exempel på perkolationsmagasin som kompletteras med en sedimentationsdel

Sedimentationsdelen av den i *figur 17* redovisade perkolationsanläggningen kommer på sikt att stå ständigt fylld med vatten. Det vatten som tillförs magasinet leds genom en fördelningsledning till sedimentationsdelen, där huvuddelen av det återstående suspenderade material som finns i vattnet kommer att avskiljas. Vid genomströmning stiger vattnet uppåt i sedimentationsdelen, passerar en horisontellt anordnad fiberduk och når anläggningens perkolationsdel. Härifrån perkolerar vattnet ut i den omgivande marken.

En speciell typ av perkolationsmagasin är sk ledningsgravsmagasin. Som framgår av namnet utnyttjar man i detta fall ledningsgraven som magasin. Med hänsyn till risken för inläckning i de ledningar som lig-

ger i ledningsgraven bör denna lösning användas med viss försiktighet. Speciella krav bör ställas på tätheten hos eventuella spillvattenledningar förlagda i ledningsgravsmagasinet.

4.25 Tömning

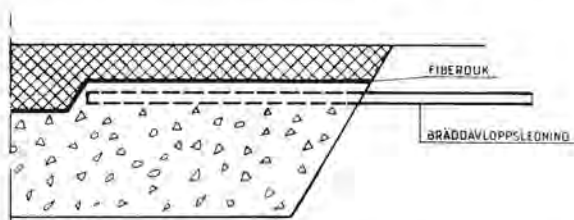
som framgår av namnet skall tömningen av ett perkolationsmagasin helt eller delvis ske genom perkolation till omgivande marklager. Om markens vattengenomsläpplighet är dålig ($k < 2 \cdot 10^{-5}$ m/s) kommer det att ta mycket lång tid innan magasinet hinner tömmas. För att anläggningen i dylika fall skall kunna ta emot dagvatten från flera på varandra följande regn, är det i regel nödvändigt att förstärka tömningskapaciteten med en dränerande tömningsledning, se vidare avsnittet för dröjningsmagasin nedan.

4.26 Bräddavlopp

Om det finns risk för skador på grund av överfyllning av perkolationsmagasinet bör anläggningen förses med bräddavlopp. Bräddning kan ske antingen till dag- eller spillvattennätet eller genom utledning av överskottsvattnet på någon lämplig markyta. I det senare fallet måste man vid koncentrerade utsläpp beakta risken för ytuppmjukning och erosion.

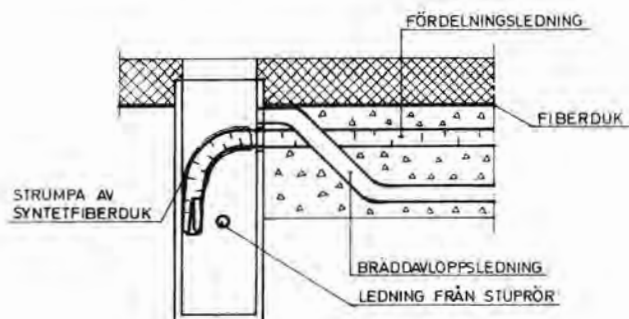
Det måste här understrykas att bräddavloppet normalt endast får träda i funktion om den dimensionerande tillrinningen skulle överskridas. Vid eventuella bräddningar från ett fullt magasin kan man nämligen inte räkna med att få någon större dämpning av flödestoppen på det vatten som passerar anläggningen. Magasinet bör därför utformas så att bräddning endast sker ett begränsat antal gånger per år.

Bräddavloppet i ett perkolationsmagasin kan utformas på olika sätt. En möjlighet är att låta bräddningen ske genom en horisontellt lagd perforerad ledning, placerad i magasinets överkant, se *figur 18*. Man



Figur 18. Exempel på horisontellt förlagd bräddavloppsledning

kan också låta bräddningen ske innan vattnet tillförts magasinet. I figur 19 visas ett exempel på denna lösning.



Figur 19. Exempel på bräddavloppsbrunn

4.27 Placering av perkolationsmagasin

Anläggningar för perkolation av dagvatten bör med hänsyn till risken för fuktskador på källarkonstruktionen alltid placeras någon meter utanför schaktkanten för husgrunden. Normalt innebär detta att perkolationsmagasinet inte placeras närmare husgrund än 4 m. Vid källarlösa hus kan avståndet minskas. Anläggningen bör alltid ligga horisontellt och placeras i rät vinkel mot markens lutningsriktning. Anläggningens avstånd till tomtgräns bör inte understiga 1 m.

Vid placering av LOD-anläggningar måste man även göra en bedömning av vilka effekter som kan uppkomma på den närmaste omgivningen. Försumpning, påverkan på grundvattentäkt, vattenfyllning av källare m m får inte bli följden av ett lokalt omhändertagande av dagvatten.

4.28 Inspektionsmöjligheter

Samtliga brunnar som ingår i en perkolationsanläggning utformas så att de blir tillgängliga för inspektion. Framför allt gäller detta intagsbrunnar och eventuella bräddavloppsbrunnar. Själva magasinetsfyllningen kan normalt inte inspekteras. Vid mer omfattande driftsuppföljningar av en anläggning kan det därför ibland bli nödvändigt att slå ned observationsrör i fyllningsmassorna. Härigenom skapar man en möjlighet att kontrollera eventuella igensättningstendenser.

4.3 Fördröjningsmagasin

4.3.1 Allmänt

I de två föregående kapitlen har närmare redogjorts för de möjligheter som finns att ta hand om dagvatten genom lokal infiltration och perkolation. I vissa fall kan man inte tillgripa dessa lösningar. Framför allt gäller detta då dagvattnet är starkt förorenat, markens vattengenomsläpplighet är liten eller grundvattenytan ligger nära markytan, jfr figur 12. I dylika situationer kan det bli aktuellt att tillfälligt fördröja vattnet i speciellt anordnade sk fördröjningsmagasin.

I motsats till de anläggningar för infiltration och perkolation som beskrivits tidigare i denna publikation sker från ett fördröjningsmagasin ingen eller mycket måttlig tillförsel av vatten till marklagren.

Med hänsyn till utformningen kan man särskilja följande två typer av fördröjningsmagasin:

- Hålrumsmagasin
- Volymmagasin

vilka i det följande skall beskrivas mer i detalj.

4.3.2 Hålrumsmagasin

Begreppet hålrumsmagasin används här som benämning på ett fördröjningsmagasin där den utnyttjade volymen utgörs av de hålrum som finns i en magasinsbildande fyllning och där den huvudsakliga avtappningen sker genom en speciellt anordnad tömningsledning. Ett hålrumsmagasin är alltså uppbyggt på samma sätt som ett perkolationsmagasin som kompletterats med tömningsledning. Det går inte heller att dra någon skarp gräns mellan de bägge magasinstyperna.

Avgörande för om en anläggning skall betraktas som perkolationsmagasin eller som fördröjningsmagasin av hålrumstyp är i vilken utsträckning tömningen sker genom perkolation. Beräkningsmässigt brukar man betrakta magasin belägna i jordar med lägre K-värde än $2 \cdot 10^{-5}$ som renodlade fördröjningsmagasin. Anledningen härtill är att omgivande jordar då är så finkorniga att magasinet knappast inom rimlig tid kan tömmas genom enbart perkolation, se vidare under kapitlet "Dimensionering".

Intaget till hålrumsmagasinet bör liksom hos perkolationsmagasin förses med en anordning för avskiljning av suspenderat material. Kraven behöver dock inte vara lika stora som för perkolationsmagasin. Det har nämligen visat sig att volymen av det material som ackumuleras i magasinsfyllningen vanligen är förhållandevis liten.



Figur 20. Den magasinbildande fyllningen i ett hålrumsmagasin sveps med syntetfiberduk

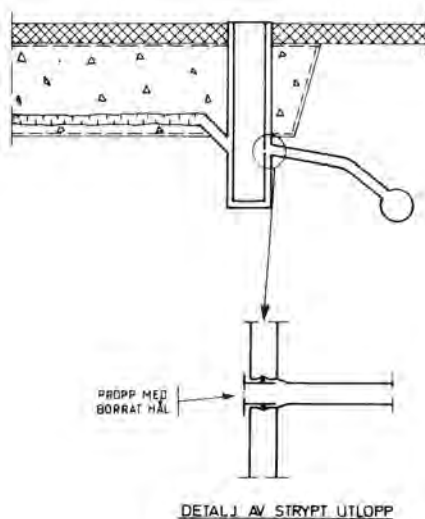
Fördelningsledningar och magasinbefyllning anordnas på samma sätt som hos perkolationsmagasin. En skillnad är dock att hela magasinbefyllningen sveps med syntetfiberduk, se *figur 20*.

Den fiberduk som används för inklädningen av ett hålrumsmagasin har till uppgift att förhindra att finare material från de omgivande marklagren tränger in i magasinbefyllningen. Efter en viss tid kommer fiberduken att ha blivit effektivt igensatt och alltså inte medge någon vattengenomsläpplighet.

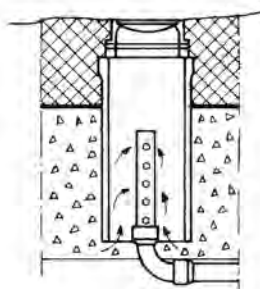
Eftersom avtappningen från ett hålrumsmagasin till övervägande del sker genom en särskild tömningsledning har anläggningens geometriska form inte så stor betydelse. I regel låter man tömningen av magasinet ske genom en särskild dräneringsledning placerad nära botten av magasinbefyllningen. För att tömningen inte skall bli för snabb måste dräneringsledningens kapacitet begränsas. Ett exempel på hur detta kan ske visas i *figur 21*. Med denna lösning kan man undvika stötblastningar på det ledningssystem som tar emot vatten från dräneringsledningen.

I *figur 22* visas en annan form av utlopp från ett hålrumsmagasin. Tömningsledningen har i detta fall kombinerats med ett bräddavlopp. Genom att ta upp små hål på olika nivåer av den vertikalt anordnade bräddavloppsledningen kan man åstadkomma en långsam avtappning av det vatten som finns i magasinet.

Vid avtappning av magasin genom en lågt liggande ledning kan det i vissa fall finnas risk för skadlig utdränering av omgivande marklager. För att förhindra detta måste tömningsledningen ibland förläggas på en högre nivå. Speciellt gäller detta för magasin utförda i torrskorpelera eller torrskorpesilt. Avsikten med dessa magasin är att en del vatten skall försvinna ut i torrskorpesprickorna och på så vis förbättra grundvattenbildningen. Torrskorpemagasinet dimensioneras dock som ett retnodlat fördröjningsmagasin.



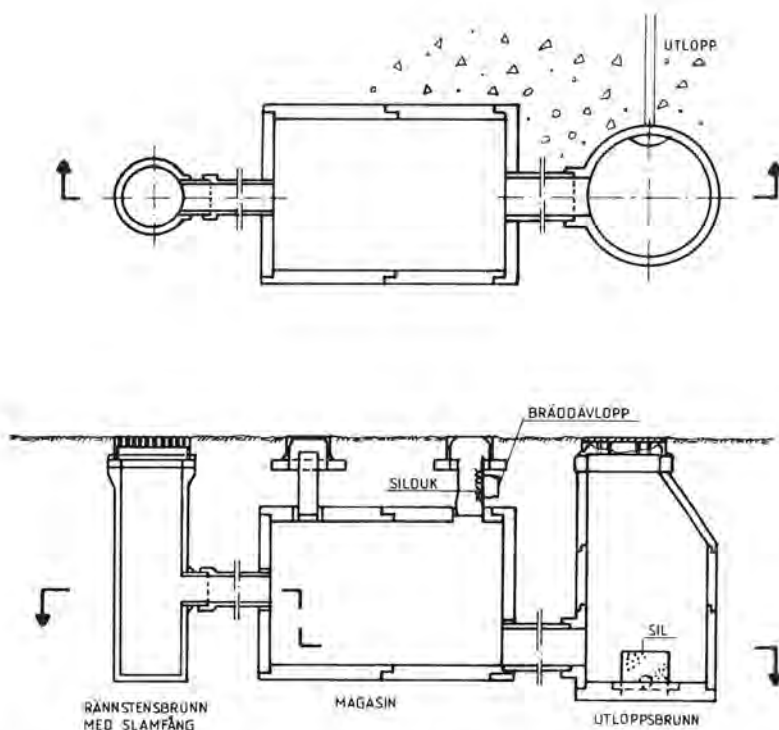
Figur 21. Exempel på utformning av strypt bottenutlopp från ett perkolationsmagasin. enligt VBB-Backögruppen (1982)



Figur 22. Exempel på hur bräddavlopp och tömningsledning kan kombineras. Enligt Andersson, Carlstedt, Paus (1979)

4.33 Volymmagasin

Lokal fördröjning av dagvatten kan även ske i s k volymmagasin. Benämningen volymmagasin används för att markera att det till skillnad från hålrumsmagasin är fråga om volymeffektiva anläggningar där hela den tillgängliga magasinensvolymen kan utnyttjas för fördröjningen.



Figur 23. Exempel på utformning av volymmagasin. Enligt Andersson, Carlstedt, Paus (1979)

Ett volymmagasin kan utformas på en rad olika sätt. Om så är möjligt byggs magasinensheten upp av förtillverkade betongelement, vanligen då rör med standarddimensioner. För att underlätta rensningen av volymmagasinet behöver detta ibland kompletteras med ett sandfång. Man får härigenom en viss avskiljning av sand och annat grövre material. En del material kommer naturligtvis även att hamna i själva magasinet. Detta måste därför vara utformat så att anläggningen kan rensas genom exempelvis slamsugning.

Avtappningen från volymmagasinet sker genom ett strypt bottenutlopp. Vid extremt stora tillrinningar till magasinet kommer anläggningen att fyllas upp helt. Överskjutande vattenmängder måste då avledas genom bräddning. Bräddavloppet i ett volymmagasin brukar ibland anordnas så att eventuellt bräddat vatten leds ut i de fyllnings-

massor som finns närmast magasinet, varifrån det sedan kan perkolera ut i grunden. För att det bräddade vattnet inte skall förorsaka igensättningar, måste bräddningsanordningen då förses med någon form av silduk.

I *figur 23* visas ett exempel på hur ett volymmagasin kan utformas. För en mer fullständig genomgång av olika magasinstyper hänvisas till Stahre (1981).

5 DIMENSIONERING

Under rubriken "Dimensionering" skall här redogöras för beräkningsgången vid dimensionering av anläggningar för lokal infiltration, perkolation och fördröjning av dagvatten. I ett särskilt avsnitt skall dessutom redogöras för de undersökningar som kan bli aktuella i samband med projektering av LOD-anläggningar.

5.1 Beräkningsprinciper

5.1.1 Allmänt

Dimensionering av infiltrations- och perkolationsanläggningar sker på i princip samma sätt som dimensionering av övriga typer av utjämningsmagasin. Detta innebär att anläggningarna skall klara en viss dimensionerande tillrinning utan att överbelastas. I de riktlinjer för dimensioneringen som redovisas i denna publikation har det varit nödvändigt att göra vissa förenklade antaganden vad gäller hydrologiska och markfysikaliska parametrar. Som utgångspunkt för dimensioneringen har valts att använda blockregn med en viss återkomsttid, dvs samma regn som traditionellt brukar utnyttjas för ledningsberäkningar.

I det följande skall närmare redogöras för hur man bör gå till väga vid dimensioneringen. Framställningen har delats in enligt följande:

- Tillrinning till LOD-anläggningen
- Avtappning från LOD-anläggningen
- Dimensionering av infiltrationsytor
- Dimensionering av perkolationsmagasin
- Dimensionering av fördröjningsmagasin

5.1.2 Tillrinning till LOD-anläggning

Hur mycket vatten som kommer att tillföras en LOD-anläggning beror dels på den anslutna avrinningsytans storlek och beskaffenhet, dels på de aktuella nederbörds- och snösmältningsförhållandena. I det följande skall två olika fall diskuteras, vilka kan tänkas bli dimensionerande för magasinet.

Dagvattentillrinning

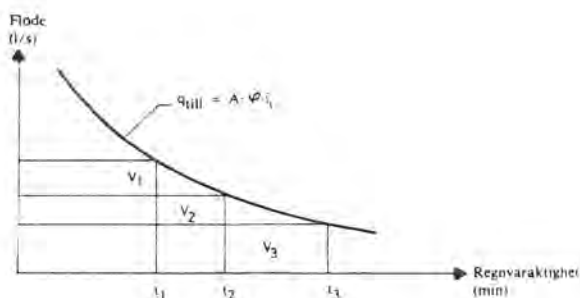
Beräkning av dagvattentillrinningen till en LOD-anläggning brukar normalt ske med hjälp av den rationella metoden. Man utgår då ifrån s k blockregn, vilkas intensitet är konstant under hela regnvaraktighe-

ten. Uppgifter om regnets intensitet för olika varaktigheter och återkomsttider finns tillgängliga i form av sk intensitets-varaktighetskurvor. Dylika kurvor fanns tidigare endast tillgängliga för ett fåtal platser i Sverige. SMHI har dock tagit fram ett generellt samband med vars hjälp man numera kan få fram intensitets-varaktighetskurvor för helt godtyckliga platser i landet, se Dahlström (1979). Som exempel har i tabell 2 ställts samman en del uppgifter för Stockholm, Göteborg och Malmö. I tabellen har endast tagits upp regn med varaktigheter större än 2 timmar. Det har nämligen i allmänhet visat sig vara dessa längre regn som blir dimensionerande för LOD-anläggningar.

Genom att vid beräkning av tillrinningen till magasinet utnyttja rationella metoden försummar man inverkan av vattnets rinntid genom avrinningsområdet. Som framgår av figur 24 innebär detta att tillrinning till magasinet blir blockformad. Det fel man begår genom denna förenkling är dock försumbart eftersom upptagningsområdet till en LOD-anläggning i regel är ganska litet.

Det i beräkningarna utnyttjade blockregnet utgör egentligen bara en del av det totala regnet. Eftersom dimensioneringen av LOD-anläggningar i första hand är ett volymproblem är det nödvändigt att på något sätt ta hänsyn till den nederbörds mängd som faller omedelbart före respektive efter det centrala blockregnet. Detta kan ske genom att i beräkningarna öka de traditionellt utnyttjade blockregnsintensiteterna.

Sjöberg och Mårtensson (1982) har genom kontinuerliga simuleringar av en LOD-anläggning under en 18-årsperiod visat hur stort fel man gör genom att vid dimensioneringen utgå ifrån blockregn. Av de simuleringar som genomförts i samband med den aktuella studien kan



Figur 24. Beräkning av tillrinningen till en LOD-anläggning vid olika regnvaraktigheter. V betecknar tillförd vattenvolym till magasinet

Tabell 2. Karakteristiska nederbördsvärden för några olika orter i landet. Tabellen anger intensiteten i l/s ha för regn med olika varaktigheter och återkomsttider. Enligt Dahlström (1979).

Stockholm									
Åter- komst- tid	Regnvaraktighet (tim)								
	2	4	6	8	10	12	24	36	48
0,5 år	15,0	9,1	6,8	5,5	4,7	4,1	2,5	1,9	1,5
1 år	19,1	11,6	8,6	7,0	6,0	5,2	3,2	2,4	1,9
2 år	23,7	14,4	10,8	8,8	7,5	6,5	4,0	3,0	2,4
5 år	31,9	19,3	14,5	11,7	10,0	8,8	5,3	4,0	3,2

Göteborg									
Åter- komst- tid	Regnvaraktighet (tim)								
	2	4	6	8	10	12	24	36	48
0,5 år	18,6	11,3	8,4	6,8	5,8	5,1	3,1	2,3	1,9
1 år	23,1	14,0	10,5	8,5	7,3	6,4	3,9	2,9	2,3
2 år	28,1	17,1	12,7	10,4	8,8	7,7	4,7	3,5	2,9
5 år	36,4	22,1	16,5	13,4	11,4	10,0	6,1	4,5	3,7

Malmö									
Åter- komst- tid	Regnvaraktighet (tim)								
	2	4	6	8	10	12	24	36	48
0,5 år	12,3	7,5	5,6	4,6	3,9	3,4	2,1	1,5	1,3
1 år	16,0	9,7	7,3	5,9	5,0	4,4	2,7	2,0	1,6
2 år	20,5	12,4	9,3	7,6	6,4	5,6	3,4	2,6	2,1
5 år	28,4	17,3	12,9	10,5	8,9	7,8	4,8	3,5	2,9

man dra slutsatsen att de traditionella blockregnsintensiteterna bör ökas med 25 % för att få ett korrekt resultat. Härvid har förutsatts att en överbelastning av anläggningen definierats som en eller flera bräddningar inom en tidsrymd mindre än 48 timmar. Eftersom tömningsti-

den ibland kan vara mycket lång, bör man försäkra sig om att en överbelastning inte kommer att innebära någon risk för skador på fastigheter.

Vilken återkomsttid för regnet som skall väljas vid dimensioneringen beror på den avrinningsstandard som önskas. I de flesta fall torde det vara rimligt att använda återkomsttiden 2 år. Möjligen kan man i vissa fall tänka sig att istället utnyttja 1-årsregn eller 5-årsregn. Om man väljer den lägre återkomsttiden bör man dock noga överväga konsekvenserna av en eventuell överbelastning av anläggningen.

Vid beräkning av tillrinningen till en LOD-anläggning antas endast anslutna hårdgjorda ytor ge något bidrag. Avrinningskoefficienten för dessa sätts lika med 1,0. Den nederbörd som faller på grönytor förutsätts helt kunna tas upp av vegetationstäcket.

Smältvattenavrinning

I vissa situationer kan snösmältningen bli dimensionerande för en LOD-anläggning. Speciellt gäller detta i sådana fall då ytavrinningen från stora arealer icke hårdgjord yta, t ex gräsmattor, parkmark, skogs-partier eller motsvarande, kan komma att belasta anläggningen. Det kan här nämnas att snösmältningen från enbart hårdgjorda ytor normalt aldrig blir dimensionerande. Detta beror på att regnvattenavrinningen nästan alltid ger större flöden än smältvattenavrinningen.

Erfarenheter har visat att snösmältningen i huvudsak är koncentrerad till dagtid. Vid högskolan i Luleå har man nyligen tagit fram uppgifter om dimensionerande snösmältningsintensiteter för olika delar av landet, se *tabell 3*. Som framgår av tabellen finns dylika uppgifter för närvarande endast tillgängliga för tre olika återkomsttider. De redovisade värdena avser snösmältning från helt opåverkade ytor. Inom utpräglade stadsområden torde avsmältningen ibland kunna bli ända upp till 15-30 mm/12 tim större.

När det gäller hårdgjorda ytor och hårt packade grusytor kan avrinningsintensiteten sättas lika med snösmältningsintensiteten. I detta fall erhålls avrinningen helt enkelt genom att multiplicera den anslutna ytans storlek med den smältintensitet som anges i *tabell 3*. Detta gäller naturligtvis under förutsättning att någon snöröjning inte skett.

När det gäller grönytor kommer avrinningsintensiteten i regel inte att bli lika stor som smältintensiteten. Detta beror framför allt på förluster genom infiltration till underliggande marklager. Avrinningen av smältvatten kommer i stor utsträckning att bli beroende av de lokala förhållanden som råder och således variera inom mycket vida gränser. Med hänsyn till de osäkerheter som råder, föreslås smältvattenavrinning

Tabell 3. Snösmältningsintensitet uttryckt i mm/12 tim för olika orter och olika statistiska återkomsttider. Enligt Bengtsson (1982).

ORT	2 år	5 år	10 år
Karesuando	37	53	63
Haparanda	33	41	46
Stensele	22	28	32
Härnösand	20	30	36
Östersund	28	42	51
Falun	24	41	52
Stockholm	23	35	43
Karlstad	21	30	35
Linköping	20	30	36
Göteborg	21	30	36
Visby	21	30	36
Växjö	20	25	30
Lund	22	36	46

ningen vid beräkning av LOD-anläggningar tills vidare sättas lika med 1,5 l/s·ha från hela det anslutna avrinningsområdet, dvs från såväl hårdgjorda som icke hårdgjorda ytor. Detta motsvarar den "flodavrinning" som brukar användas för beräkning av snösmältningen från åkermark. Värdet 1,5 l/s·ha avser främst förhållandena i Götaland och de södra delarna av Svealand. För norra Svealand och Norrland bör man i stället använda värdet 2,0 l/s·ha.

5.13 Avtappning från LOD-anläggning

För att kunna dimensionera en LOD-anläggning måste man känna till hur avtappningen sker från anläggningen, dvs hur mycket vatten som kan infiltrera eller perkolera ned i grunden.

Infiltration

När det gäller infiltrationsanläggningar sker avtappningen genom infiltration till underliggande marklager. Vid Chalmers tekniska högskola har man genomfört ett stort antal infiltrationsförsök för att kartlägga hur infiltrationskapaciteten hos en vegetationsyta varierar med marktyp och underliggande jordart, se Lindblad (1981).

I tabell 4 har gjorts en sammanställning av de slutsatser beträffande infiltrationskapacitetens slutvärde som kan dras av den ovan nämnda Chalmersundersökningen. Med "ursprunglig mark" avses naturmark som ej påverkas av direkt mänsklig aktivitet t ex skogs- och ängsmark.

Tabell 4. Överslagsmässig bedömning av infiltrationskapacitetens slutvärde. Resultat av en Chalmersundersökning. Bearbetad av VIAK (1982).

Jordart	Marktyp	F_c (medel) mm/h	F_c ($p > 0.8$) mm/h
Morän	Ursprunglig	47	20
Sand	Ursprunglig	68	32
Silt	Anlagd	27	8
Lera	Anlagd	4	1
Matjord (> 10 cm)	Anlagd + Urspr	25	8

Med "anlagd mark" avses mark som är bearbetad och förändrad av människan, t ex parkmark, gräsytor, åkrar etc.

Som en överslagsmässig ansats vid dimensioneringen av infiltrationsytor bör man använda de infiltrationskapaciteter som anges under rubriken F_c ($p > 0.8$). Sannolikheten för att dessa värden skall överskridas är 0.8. Vid utnyttjande av tabell 4 måste man vara medveten om att de angivna värdena baseras på ett relativt begränsat antal mätningar och att varje plats är unik med sina speciella förutsättningar och infiltrationsegenskaper.

Perkolations

När det gäller anordningar för perkolations sker avtappningen från magasinet genom utströmning av vatten i den omgivande marken. Som ett mått på marklagrens vattengenomsläpplighet brukar man använda begreppet hydraulisk konduktivitet. Med kännedom om konduktiviteten och den hydrauliska gradienten kan strömningshastigheten beräknas med hjälp av Darcys lag

$$U = K \cdot I$$

där

U = Strömningshastighet (m/s)

K = Hydraulisk konduktivitet (m/s)

I = Hydraulisk gradient

Darcys lag gäller under förutsättning att marken är vattenmättad. För omättad strömning är förhållandena betydligt mer komplicerade. Vid beräkning av perkolationsmagasin kan man i allmänhet göra det förenklade antagandet att strömningen är mättad och att den hydrauliska gradienten är lika med 1,0.

I tabell 5 redovisas teoretiska värden på den hydrauliska konduktiviteten för några olika jämnkorniga jordar. Eftersom naturliga jordar i praktiken aldrig är homogena, bör vattengenomsläppligheten alltid bestämmas genom infiltrationsförsök i fält, se vidare avsnittet 5.2 "Undersökningar" nedan.

Tabell 5. Ungefärliga värden på vattengenomsläppligheten för några olika jordar. Enligt BFR (1972).

Kornstorlek	Hydraulisk konduktivitet (m/s)	
Grus	10^{-3}	10^{-1}
Sand	10^{-5}	10^{-2}
Silt	10^{-9}	10^{-5}
Lera (vattenmättad)	< 10^{-9}	
Morän	10^{-10}	10^{-6}

5.14 Dimensionering av infiltrationsyta

Med utgångspunkt från vad som i kapitel 3 sagts om naturliga förutsättningar för LOD kan man dra upp vissa allmänna riktlinjer för bedömning av möjligheterna att infiltrera dagvatten på grönytor.

Som allmän regel gäller att infiltration normalt endast bör utnyttjas då den högsta grundvattenytan ligger minst 0,5 m under markytan. Detta innebär att man inom utpräglade utströmningsområden där dränering ej sker på konstgjord väg i regel måste tillgripa andra lösningar.

De faktorer som har störst betydelse för möjligheterna att infiltrera dagvatten är:

- Förhållande mellan avvattnad tätyta och utnyttjad infiltrationsyta
- Humusjordens art
- Underliggande mineraljord
- Infiltrationsytans lutning
- Vegetationstyp
- Infiltrationsytans användning

I det följande skall närmare redogöras för tillvägagångssättet vid dimensionering av infiltrationsytor. Framställningen inleds med en beskrivning av hur man kan göra en första preliminär bedömning av förutsättningarna för infiltration.

Preliminär bedömning av förutsättningarna för infiltration

I *tabell 6* visas ett exempel på hur man med hjälp av ett särskilt poängsystem kan värdera betydelsen av de ovan uppräknade faktorerna. Det måste här understrykas att det finns en viss osäkerhet i den föreslagna poängsättningen, jfr nedan. Eftersom de angivna poängintervallen i tabellen ibland är ganska stora kan det i vissa fall vara lämpligt att interpolera mellan två värden.

Avsikten med det i tabellen redovisade bedömningssystemet är att det skall ge en viss indikation om i vilken utsträckning man kan utnyttja infiltration på grönytor. Genom sammanräkning av poängen får man en ganska god uppfattning om en viss ytas lämplighet som infiltrationsyta.

Om man vid summeringen får ihop 25 poäng eller mer kan förutsättningarna för infiltration bedömas vara goda. Skulle summan överstiga 30 å 35 poäng kan man i allmänhet räkna med att infiltrationsytan "tar hand om" allt vatten. Vid kraftig snösmältning kan dock en viss ytavrinning förekomma. Speciellt gäller detta om marken är tjälad.

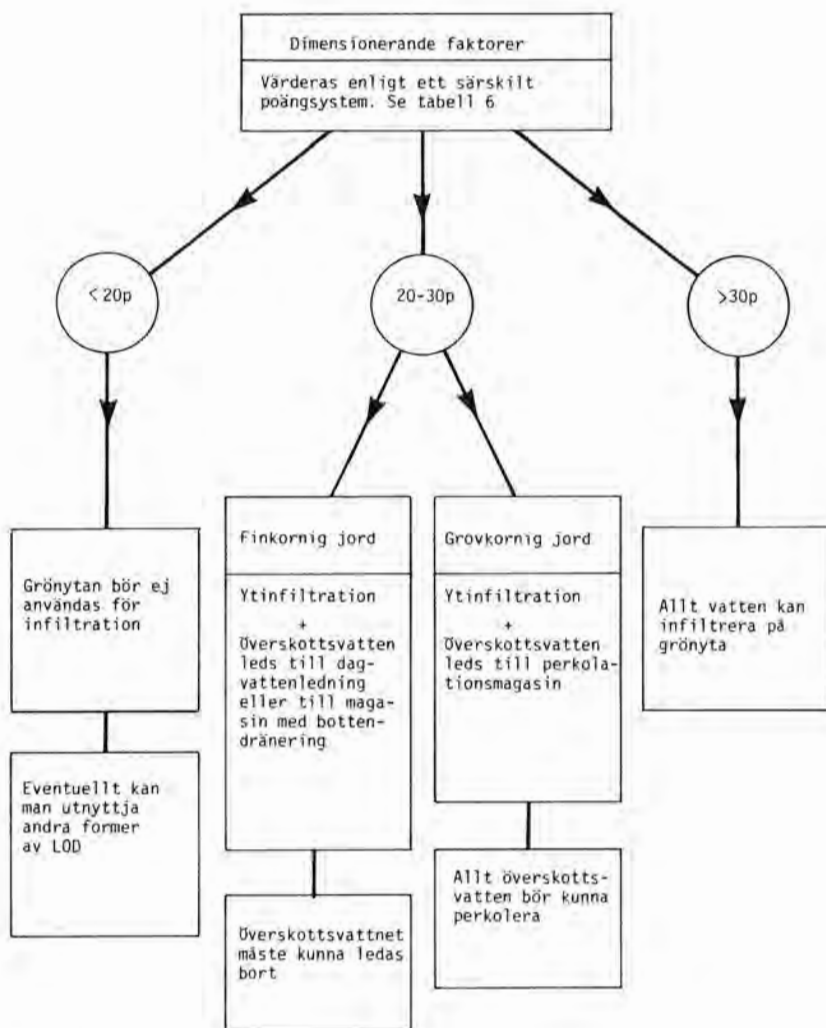
Om summan understiger 25 poäng är förutsättningarna för infiltration mindre goda. Blir summan 15 poäng eller därunder kan grönytan i princip betraktas som tät.

Med utgångspunkt från den ovan beskrivna poängbedömningen har i *figur 25* gjorts en sammanställning av möjligheterna att infiltrera dagvatten. I figuren ges en viss antydning om hur man i de olika fallen kan ta hand om eventuellt överskottsvatten.

Det skall här understrykas att *tabell 6* och *figur 25* måste användas med viss försiktighet. De olika faktorer som är av betydelse för möjligheterna till infiltration på grönytor är nämligen svåra att kvantifiera och kan dessutom variera både i tid och rum. Det redovisade poängsystemet bör därför endast användas för översiktliga bedömningar av möjligheterna till dagvatteninfiltration.

Tabell 6. Poängsättning av dimensionerande faktorer vid översiktlig bedömning av möjligheterna att infiltrera dagvatten på grönytor. Grundvattnet förutsätts ligga minst 0,5 m under markytan (naturligt eller genom dränering).

1) Förhållandet mellan avvattnad tätyta A_T och infiltrationsyta A_I	
$A_I \geq 2 A_T$	20 P
$A_T \leq A_I < 2 A_T$	10 P
$0.5 A_T \leq A_I < A_T$	5 P
Grönytor mindre än $0.5 A_T$ bör ej användas för infiltration	
2) Humusjordens art	
Humusjord på morän eller sandbas, låg humushalt	7 P
Humusjord på morän eller grovsiltbas, måttlig humushalt	5 P
Humusjord på ler- eller finsiltbas, hög humushalt	0 P
3) Underliggande mineraljord	
a) Om den underliggande mineraljorden är grövre än humusjorden kommer mineraljorden att fungera som ett kapillärbrytande skikt. I dessa fall används samma poäng som för humusjorden enligt 2) ovan	
b) Om den underliggande mineraljorden är lika grov eller mer finkornig används följande poäng.	
Grus och sand eller grusiga och sandiga moräner	7 P
Siltiga moräner, grovsilt eller torrskorpelera	5 P
Moränlera, finsilt eller lera utan torrskorpa	0 P
4) Infiltrationsytans lutning	
$I \leq 7 \%$	5 P
$7 \% < I < 20 \%$	3 P
$I \geq 20 \%$	0 P
5) Vegetationstyp	
Skogsmark, ängsmark	5 P
Anlagd gräsyta, etablerad	3 P
" " nyanlagd	0 P
6) Användningssätt	
Obetydligt slitage	5 P
Måttligt slitage	3 P
Hårt slitage	0 P

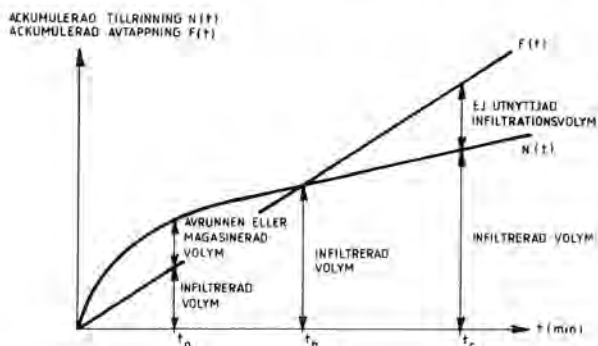


Figur 25. Schema för översiktlig bedömning av möjligheterna att infiltrera dagvatten på grönytor

Beräkningsgång vid dimensionering av infiltrationsytor

Vid beräkning av infiltrationsytor gäller det att ta reda på hur stor andel av den vattenmängd som tillförs den aktuella ytan som kan avledas genom infiltration till underliggande marklager.

Om man känner tillrinningen till magasinet vid olika regnvaraktigheter samt de aktuella marklagrens infiltrationskapacitet kan skillnaden mellan tillförd vattenmängd $N(t)$ och ackumulerad avtappning $F(t)$ bestämmas. Ett förenklat exempel på hur detta kan ske visas i figur 26.



Figur 26. Principer för dimensionering av infiltrations- och perkolationsmagasin. Enligt Hård, Jonasson och Holm (1979).

Avtappningskurvan $F(t)$ för den i figur 26 redovisade anläggning är så brant att den skär tillrinningskurvan $N(t)$. Detta inträffar vid tiden t_b . Innebörden härav är att den aktuella anläggningen för regnvaraktigheter större än t_b har en viss överkapacitet. För regnvaraktigheter mindre än t_b räcker infiltrationskapaciteten inte till. Överskjutande vattenmängder kommer då antingen att rinna av på markytan eller magasineras. Som framgår av figuren blir den för anläggningen dimensionerande regnvaraktigheten t_a minuter.

Om avtappningskurvan från magasinet skulle ha så liten lutning att den aldrig skär tillrinningskurvan kan anläggningen inte tömmas genom enbart infiltration. Man måste då se till att överskottsvattnet leds bort, antingen genom ytavrinning eller via en särskild dräneringsledning.

I de fall överskottsvatten samlas upp och avleds i en ledning bör denna enligt Andersson, Carlstedt, Paus (1979) dimensioneras för en avrinning av $5 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ från hela den avvattnade ytan.

5.15 Dimensionering av perkolationsmagasin

Dimensionering av perkolationsmagasin kan ske såväl analytiskt som grafiskt. För praktisk dimensionering kan man nå fullt godtagbara re-

sultat med hjälp av tumregler. I det följande skall redogöras för en förenklad grafisk beräkningsmetod.

K-värde

Som första steg bestäms markens vattengenomsläpplighet (K-värde). Detta sker genom uppmätningar i fält på några olika platser inom det område som är aktuellt för perkolationsmagasinet. Se vidare kapitlet 5.2 "Undersökningar". Det genom fältundersökningar erhållna K-värdet multipliceras med 0,5. K-värden uppskattade med hjälp av Hazens formel multipliceras med 0,3.

Motiven till att K-värdena här föreslås multipliceras med 0,5 resp 0,3 innan de används i beräkningarna är:

- Successivt minskad vattengenomsläpplighet under anläggningens livslängd
- Naturlig spridning av K-värdet pga inhomogeniteter m m i marklagren

Det måste här understrykas att den föreslagna reduktionen av K-värdena inte finns verifierad genom uppmätningar i fält. I avvaktan på att detta sker kan man tills vidare utnyttja de angivna värdena 0,5 resp 0,3.

Effektiv porositet

Ett perkolationsmagasins effektiva porositet anger hur stor del av magasinetsfyllningen som kan utnyttjas för magasinering av vatten i anläggningen. I *tabell 7* redovisas ungefärliga värden på porositeten hos några olika stenmaterial.

Tabell 7. Ungefärliga värden på den effektiva porositeten hos några olika stenmaterial

Material	Effektiv porositet (%)
Sprängstensfyllning	30
Singel och makadam	40
Grus (2-20 mm)	30
Sand	25
Naturgrus (osorterat)	15-25

Effektiv perkolationsarea

Vid dimensioneringen antas perkolationsmagasinets bottenyta vara helt tät. All utströmning av vatten till omgivande mark antas alltså ske genom magasinets sidoytor. Beträffande perkolationsmagasin med sedimentationsdel, jfr figur 17, räknas inte sedimentationsdelens sidoytor som verksam perkolationsarea.

Dimensioneringssamband

Tillrinningen till magasinet p g a nederbörd kan beräknas med hjälp av rationella metoden. Som tidigare berörts antas endast den till magasinet anslutna hårdgjorda ytan bidra till avrinningen. Med hänsyn till inverkan av för- och efterregn korrigeras de vid beräkningarna använda blockregnsintensiteterna genom ett påslag med 25 %. Den tillförda vattenmängden kan nu tecknas på följande sätt:

$$V_{in} = A_T \cdot 1,25 \cdot i \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot 3\,600 \quad (1)$$

där

V_{in} = Tillförd vattenmängd (m^3)

A_T = Avvattnad tät yta (ha)

i = Blockregnsintensitet för regn med en viss varaktighet (l/s · ha)

t = Regnets varaktighet (h)

Avtappningen från ett perkolationsmagasin sker genom perkolation till omgivande marklager. Uppfyllnadshöjden i magasinet kan under tömningsförloppet i genomsnitt antas uppgå till halva den maximala fyllnadshöjden. Detta innebär att den effektiva perkolationsarean blir lika med hälften av magasinets sidoytor. Vid beräkning av magasinsovtappningen kan man som tidigare berörts vidare anta att den hydrauliska gradienten är lika med 1,0. Med hjälp av Darcys lag kan man nu beräkna avtappningen från magasinet:

$$V_{ut} = \frac{A_{mag}}{2} \cdot K \cdot 3\,600 \cdot t \quad (2)$$

där

V_{ut} = Avtappad vattenmängd (m^3)

A_{mag} = Magasinets totala sidoyta (m^2)

K = Hydraulisk konduktivitet (m/s)

t = Tid under vilken avtappningen pågår (h)

Den erforderliga magsinsvolymen V_{erf} bestäms som maximala skillnaden mellan tillrinningen till perkolationsmagasinet och avtappningen därifrån under motsvarande tidsperiod. Med *ekvation (1) och (2)* kan magasinsvolymen tecknas enligt följande:

$$V_{\text{erf}} = \max[V_{\text{in}} - V_{\text{ut}}]$$

$$V_{\text{erf}} = \max[A_T \cdot 1,25 \cdot i \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot 3\,600 - \frac{A_{\text{mag}}}{2} \cdot K \cdot 3\,600 \cdot t]$$

Genom att dividera bägge leden i ovanstående ekvation med A_T erhålls följande uttryck

$$\frac{V_{\text{erf}}}{A_T} = \max[1,25 \cdot i \cdot t \cdot 3,6 - \frac{A_{\text{mag}} \cdot K}{A_T \cdot 2} \cdot 3\,600 \cdot t] \quad (3)$$

Om man i detta nya uttryck sätter

$$D = \frac{V_{\text{erf}}}{A_T} \quad (4)$$

$$E = \frac{A_{\text{mag}} \cdot K}{A_T \cdot 2} \cdot 1\,000 \quad (5)$$

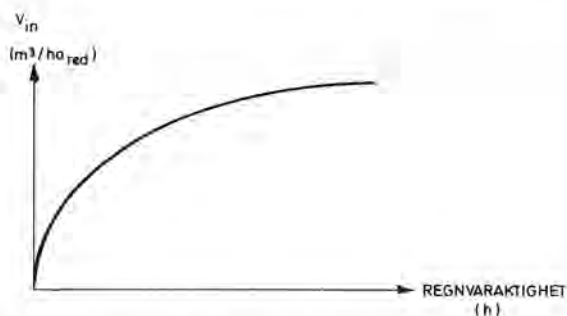
erhålls följande förenklade samband

$$D = \max[4,5 \cdot i \cdot t - E \cdot t \cdot 3,6] \quad (6)$$

Parametern D anger hur stor magasinsvolym som erfordras per ha avvattnad hårdgjord yta. Den specifika magasinsvolymen uttrycks i $\text{m}^3/\text{ha}_{\text{red}}$. Parametern E anger avtappningen från magasinet per ha avvattnad hårdgjord yta. Sorten är $\text{l/s} \cdot \text{ha}_{\text{red}}$. Beräkningsmässigt innebär det en fördel att arbeta med de ovan härledda uttrycken för specifik magasinsvolym och specifik magasinsavtappning.

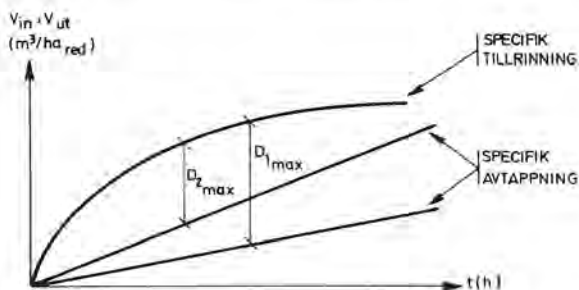
Som första steg konstrueras en $s-k$ enveloppkurva över den specifika tillrinningen till magasinet. Detta sker helt enkelt genom att i ett dia-

gram pricka in $4,5 \cdot i \cdot t$ för olika värden på t . Samhörande värden på i och t kan därvid direkt hämtas ur *tabell 2*. I *figur 27* visas ett exempel på en sålunda konstruerad enveloppkurva.



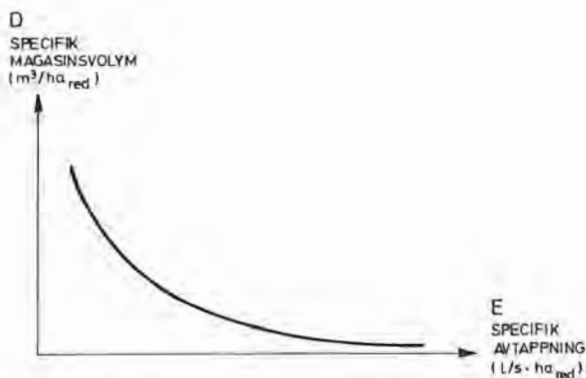
Figur 27. Exempel på enveloppkurva över specifik tillrinning till en LOD-anläggning.

I samma diagram som enveloppkurvan läggs nu in avtappningslinjer för olika specifika avtappningar. Dessa kommer att ha formen av räta linjer med olika lutningar. Den erforderliga specifika magasinsvolymen (D) svarande mot en viss specifik avtappning (E) kan enkelt bestämmas grafiskt genom att mäta det maximala vertikala avståndet mellan enveloppkurvan och den aktuella avtappningslinjen, se *figur 28*.



Figur 28. Grafisk bestämning av den maximala skillnaden mellan tillrinning till och avtappning från ett perkolationsmagasin vid olika specifika avtappningar.

På ovan beskrivet sätt bestäms den erforderliga magasinsvolymen D för ett antal olika magasinsavtappningar E . Samhörande värden på



Figur 29. Erforderlig specifik magasinsvolym D som funktion av den specifika avtappningen från anläggningen.

variablerna D och E prickas in i ett diagram och sammanbinds till en kurva enligt figur 29.

Dimensioneringsdiagram enligt figur 29 kan tas fram för helt godtyckliga platser i landet. Den enda förutsättning som krävs är att man har tillgång till intensitets-varaktighetskurvor för den aktuella orten. Varje kurva representerar en viss bestämd återkomsttid hos regnet. I det följande skall närmare redogöras för hur kurvorna används vid dimensionering av perkulationsmagasin.

Beräkningsgång

Praktisk dimensionering av perkulationsmagasin sker i följande steg:

1. En dimensioneringskurva tas fram som beskriver sambandet mellan erforderlig specifik magasinsvolym D och specifik avtappning E , se figur 29.
2. Den totala arealen hårdgjord yta A_T som är ansluten till magasinet uppskattas.
3. Den specifika avtappningen E från magasinet beräknas. Detta sker med hjälp av ekvation (5).

$$E = \frac{A_{\text{mag}} \cdot K}{A_T \cdot 2} \cdot 1\,000$$

I uttrycket insätts kända värden på parametrarna A_T och K . Som tidigare berörts skall i fält uppmätta K -värden härvid först multiplicera

ras med 0,5. För att kunna lösa ut E är det nödvändigt att göra ett antagande beträffande värdet på magasinets totala sidoyta A_{mag} . Detta sker med utgångspunkt från följande överväganden.

$$A_{\text{mag}} = 2(a + b)h$$

Värdet på magasinshöjden h bestäms med hänsyn till de lokala höjdförhållanden som råder på den plats, där magasinet skall anläggas. Man måste härvid se till att hela perkolationsmagasinet hamnar över högsta grundvattenytan. Eftersom all avtappning förutsätts ske genom magasinets sidoytor, bör man sträva efter att få så stor sidoyta som möjligt i förhållande till bottenytan. I praktiken innebär detta att magasinet bör göras långsmalt. Värdet på magasinbredden b brukar i normalfallet väljas till 1 å 2 m. Magasinslängden a slutligen väljs nu så stor som kan anses praktiskt möjligt med hänsyn till de lokala förhållandena.

- Med det ovan beräknade värdet på den specifika avtappningen E erhålls erforderlig specifik magasinvolym D ur dimensioneringsdiagrammet enligt figur 29.

- Med hjälp av *ekvation (4)* beräknas den erforderliga magasinvolymen

$$V_{\text{erf}} = D \cdot A_T$$

- Om magasinstryllningens effektiva porositet är n , kan man beräkna dess bruttovolym

$$V_{\text{ber}} = \frac{V_{\text{erf}}}{n}$$

- Magasinets beräknade bruttovolym V_{ber} jämförs nu med den under punkt 3 antagna bruttovolymen V_{ant}

$$V_{\text{ant}} = a \cdot b \cdot h$$

Om $V_{\text{ant}} < V_{\text{ber}}$, är magasinet underdimensionerat. Man måste då gå tillbaka till punkt 3 och återupprepa beräkningarna med större magasin dimensioner. Om $V_{\text{ant}} > V_{\text{ber}}$, har man gjort en överdimensionering av anläggningen. På motsvarande sätt kan man då gå tillbaka till punkt 3 och välja mindre magasin dimensioner.

Kontroll av belastningen vid snösmältning

Vid kontroll av magasinets möjligheter att klara en snösmältningssituation måste man ta hänsyn till avrinningen från såväl hårdgjorda ytor som icke hårdgjorda ytor. Som tidigare berörts kan smältvattenavrinningen från hela det område som är anslutet till magasinet, antas uppgå till 1,5 respektive 2,0 l/s ha. Det lägre värdet avser förhållandena i södra delen av Sverige.

Om snösmältningen är kritisk kan hela magasinet antas vara fullt under en längre tid. Den effektiva fyllnadshöjden i magasinet kan då alltså sättas lika med 1,0 h. Den effektiva perkolationsarean blir då $A_{\text{eff}} = 1,0 \text{ h}^2 (a + b)$. Det gäller nu att kontrollera om de tidigare beräknade magasinetsdimensionerna klarar en smältvattenavrinning av 1,5 respektive 2,0 l/s ha från hela det avrinningsområde Y (ha) som är anslutet till magasinet, dvs att följande villkor är uppfyllt:

$$A_{\text{mag}} \cdot K \cdot I \cdot 1\,000 > 1,5Y$$

som också kan uttryckas

$$h \cdot 2(a + b) K \cdot 1\,000 > 1,5Y \quad (7)$$

Behov av särskild tömningsledning

Vid dimensionering av perkolationsmagasin kan man i vissa situationer få en orimligt stor magasinvolym. Anledningen till detta är i allmänhet att de omgivande jordlagren är så täta att magasinet inte hinner tömmas genom enbart perkolation. Anläggningens tömningskapacitet måste då förstärkas. Detta kan ske genom komplettering av magasinet med ett strypt bottenutlopp.

I tabell 8 har gjorts en sammanställning över när ett perkolationsmagasin normalt behöver förses med tömningsledning. Som framgår av tabellen bör man för magasin belägna i jordar med lägre permeabilitet än $K \leq 2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ inte räkna med någon perkolation alls. Detta kan tyckas vara en något konservativ beräkningsgrund. Det har dock visat sig att man med minskad permeabilitet hos de omgivande marklagren får en drastisk ökning av tömningstiden. Med den definition på överbelastning av en LOD-anläggning som använts kan ett och samma överbelastningstillfälle i praktiken ibland upplevas som flera skilda händelser. För att undvika de negativa effekterna av dessa är det därför nödvändigt att förse magasin belägna i täta jordar med tömningsledning. Se vidare avsnittet 5.16 "Fördröjningsmagasin".

Tabell 8. Översikt över behovet av tömningsledning i perkolationsmagasin. Enligt VBB-Backögruppen (1982).

	Jordens hydrauliska konduktivitet K m/s	Exempel på jordarter	Behov av tömnings- ledning
Perkola- tions- magasin	$K > 5 \times 10^{-4}$	Grus Grusig sand Grovsand	Tömningsledning behövs ej
	$5 \times 10^{-4} \geq K > 2 \cdot 10^{-5}$	Mellansand Finsand	Magasinet dimensione- ras som renodlat perkola- tionsmagasin. Töm- ningsledning bör ibland finnas som säkerhet, sär- skilt vid magasin i in- stängda lågpunkter. Tömningsflödet bör ej vara större än halva teo- retiska perkolationskapa- citeten.
Fördröj- nings- magasin	$K < 2 \cdot 10^{-5}$	Morän Moränlera Silt Lera	All tömning skall kunna ske genom ledning eller eventuellt genom kon- trollerad uppdämning på någon lämplig markyta. Vid dimensioneringen räknas inte med någon perkolation alls.

5.16 Dimensionering av fördröjningsmagasin

Dimensionering av lokala fördröjningsmagasin sker i likhet med perkolationsmagasin med den sk regnenveloppmetoden. Den enda principiella skillnaden är att avtappningen från ett fördröjningsmagasin sker genom en speciellt anordnad tömningsledning i stället för genom perkolation till omgivande marklager.

Eftersom avtappningen från lokala fördröjningsmagasin i regel är ganska liten, måste man på samma sätt som för perkolationsmagasin vid dimensioneringen ta hänsyn till inverkan av för- och efterregn.

Detta innebär att man, när det gäller fördröjningsmagasin kan använda samma dimensioneringskurvor som för perkolationsmagasin, se *figur 29*. Beräkningarna sker enligt följande

1. En dimensioneringskurva tas fram som beskriver sambandet mellan erforderlig specifik magasinvolym D och specifik avtappning E , se *figur 29*.
2. Den totala arealen hårdgjord yta A_T som är ansluten till magasinet uppskattas.
3. Den önskade medelavtappningen q_{med} från anläggningen bestäms. Man kan härvid göra det förenklade antagandet att medelavtappningen motsvarar avbördningen från ett till hälften fyllt magasin. Genom att dividera medelavtappningen med den till magasinet anslutna hårdgjorda ytan kan den specifika avtappningen E beräknas

$$E = \frac{q_{med}}{A_T}$$

där q_{med} uttryckts i l/s och A_T i ha.

4. Med det ovan beräknade värdet på den specifika avtappningen E erhålls erforderlig specifik magasinvolym D ur dimensioneringsdiagrammet enligt *figur 29*.
5. Med hjälp av *ekvation (4)* beräknas den erforderliga magasinvolymen

$$V_{erf} = D A_T$$

6. I de fall fördröjningen sker i s k hålrumsmagasin väljs anläggningens dimensioner så att

$$a \cdot b \cdot h = \frac{V_{erf}}{n}$$

där n är magasinstryllningens effektiva porositet.

När det gäller fördröjningsmagasin med stor specifik avtappning ($> 7,5 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{red}$) kommer inverkan av för- och efterregnen inte att ha så stor betydelse för volymbestämningen. Anläggningarna kan i dylika fall dimensioneras enligt den i VAV-publikationen P31 angivna beräkningsmetoden.

5.17 Beräkningsexempel

Exempel 1

Dagvatten från en 100 m^2 stor takyta skall tas om hand genom infiltration på en 210 m^2 stor gräsyta. Gräsmatten som underlagras av grovsilt har en lutning av 10 % från det hus som skall avvattnas. Humusjorden är baserad på grovsilt. Kontrollera om den aktuella gräsytan är tillräcklig för att ta hand om allt takvatten.

Som första steg görs en preliminär bedömning av förutsättningarna för infiltration. En genomgång av de dimensionerande faktorerna enligt *tabell 6* ger följande resultat.

- 1) Förhållandet mellan avvattnad tätyta och infiltrationsyta är:
 $A_I = 2,1 A_T$ vilket ger 20 p.
- 2) Humusjorden är baserad på grovsilt vilket ger 5 p.
- 3) Den underliggande mineraljorden är grovsilt vilket ger 5 p.
- 4) Infiltrationsytan har en lutning av 10 % vilket ger 3 p.
- 5) Vegetationstypen är nyanlagd gräsyta vilket ger 0 p.
- 6) Gräsmattan antas här komma att utsättas för normalt slitage vilket ger 3 p.

Vid ihopsummering av samtliga dimensionerande faktorer erhålls 36 p. Enligt schemat i *figur 25* kan man när poängsumman överstiger 30 räkna med att allt vatten kan infiltrera på grönytan.

Efter denna inledande bedömning av den tillgängliga vegetationsytans lämplighet för infiltration görs en mer detaljerad beräkning av infiltrationsförloppet.

Den aktuella infiltrationsytan tar emot nederbördsvatten från areal av $100 + 210 = 310 \text{ m}^2$. Om man tar hänsyn till inverkan av för- och efterregn kan tillrinningen till infiltrationsytan tecknas enligt *ekvation (1)*.

$$V_{in} = A_T \cdot 1,25 \cdot i \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot 3\,600$$

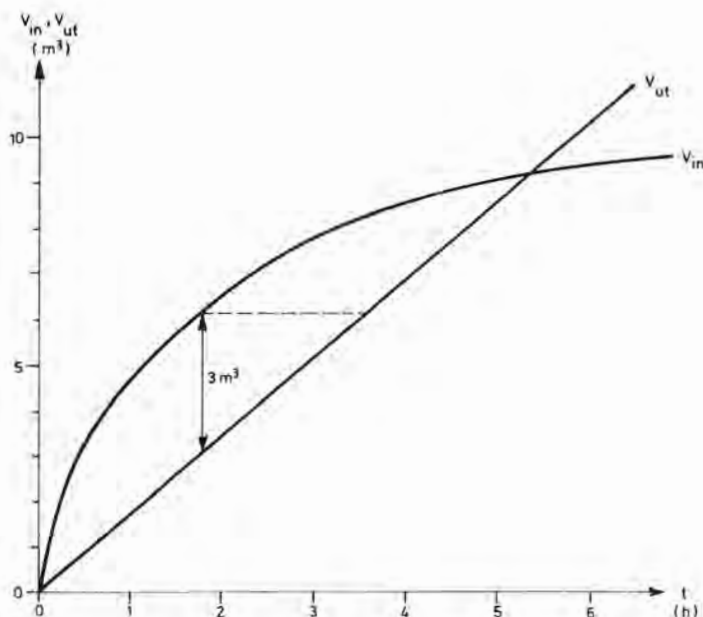
$$V_{in} = 0,0310 \cdot 1,25 \cdot 3,6 \cdot i \cdot t = 0,1395 \cdot i \cdot t$$

Enligt *tabell 4* kan man för siltjordar anta en beräkningsmässig infiltrationskapacitet på 8 mm/h. Med en infiltrationsyta på 210 m^2 kan den infiltrerade vattenmängden tecknas enligt följande

$$V_{ut} = A_I \cdot F_C \cdot t$$

$$V_{ut} = 210 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot t = 1,68 t$$

där A_I är infiltrationsytans storlek i m^2 , F_C infiltrationskapaciteten i



Figur 30. Grafisk beräkning av infiltrationsytan i exempel 1. Återkomsttid 2 år.

m/h och t regnvaraktigheten i timmar. I figur 30 har uttrycken för V_{in} och V_{ut} illustrerats grafiskt.

Som framgår av figuren kommer allt nederbördsvatten inte att hinna infiltrera under den tid regnet pågår. En del vatten kan alltså bli stående på grönytan någon timme efter det att regnet upphört. Eftersom infiltrationskapaciteten är relativt stor torde det inte vara några svårigheter att få ned vattnet.

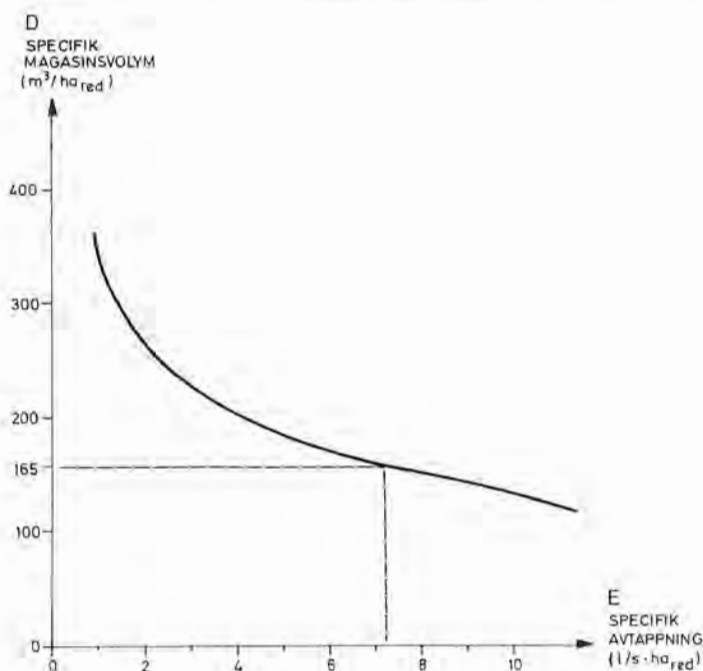
Exempel 2

Regnvattnet från taket av en industribyggnad skall avledas till ett perkulationsmagasin. Byggnadens längd är 40 m och dess bredd 20 m. Magasinet skall förläggas till industribyggnadens ena långsida eftersom hela takytan avvattnas mot denna sida. Perkulationsmagasinets höjd skall vara 0,8 m och dess bredd 1,0 m och det skall fyllas med makadam med en effektiv porositet av 0,4. Överytan på magasinet skall ligga 1,0 m under markytan. Grundvattenytans högsta nivå beräknas

ligga 2,5 m under marknivån på den plats där magasinet skall förläggas. Det naturliga markmaterialets permeabilitet har genom fältmätningar uppmätts till $4 \cdot 10^{-5}$ m/s. Industribyggnaden är belägen i Stockholms-trakten. Hur långt skall perkolationsmagasinet göras för att anläggningen skall klara ett 2-årsregn?

Dimensioneringen av perkolationsmagasinet sker i följande steg:

1. En dimensioneringskurva för 2-års regn i Stockholm konstrueras (jämför avsnittet dimensioneringssamband sid 73 ff). Se *figur 31*.
2. Den till magasinet anslutna hårdgjorda ytan A_T är $40 \cdot 20 = 800 \text{ m}^2 = 0,08 \text{ ha}$.
3. Med hänsyn till att markens vattengenomsläpplighet successivt kommer att minska med anläggningens ålder, multipliceras det genom fältmätningar erhållna permeabilitetsvärdet med 0,5. Enligt förutsättningarna gäller att perkolationsmagasinet höjd h skall vara 0,8 m och dess bredd b 1,0 m. Som en första ansats antas ma-



Figur 31. Dimensioneringskurva för LOD-anläggningar i Stockholm. Återkomsttid 2 år.

gasinslängden a till 35 m. Den specifika magasinsavtappningen E blir då:

$$E = \frac{2(35 + 1,0)0,8}{0,08} \cdot \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 10^{-5}}{2} \cdot 1\,000 = 7,2 \text{ l/s.ha}_{\text{red}}$$

4. Med en specifik magasinsavtappning av 7,2 l/s.ha erfordras enligt dimensioneringskurvan i *figur 31* en specifik magasinsvolym av 165 m³/ha.
5. Med en ansluten hårdgjord areal av 0,08 ha blir magasinets nettovolym $165 \cdot 0,08 = 13,2 \text{ m}^3$.
6. Med en effektiv porositet av 0,4 kan magasinets bruttovolym beräknas till

$$V_{\text{ber}} = \frac{13,2}{0,4} = 33 \text{ m}^3$$

7. Den under pkt 3 ovan antagna bruttovolymen uppgår till

$$V_{\text{ant}} = 35 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 28 \text{ m}^3$$

Eftersom $V_{\text{ant}} < V_{\text{ber}}$ måste magasinet göras större för att klara den dimensionerande tillrinningen.

Man är då tvungen att gå tillbaka till pkt 3 och återupprepa beräkningarna med ett större värde på magsinslängden a . Om man exempelvis väljer $a = 39 \text{ m}$ erhålls

$$V_{\text{ber}} = 30,8 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ant}} = 31,2 \text{ m}^3$$

Skillnaden är nu så liten att beräkningarna kan avbrytas. Magasinslängden väljs till 39 m.

Kontrollen av om magasinet klarar snösmältning sker med hjälp av *ekvation (7)*. Enligt förutsättningarna är ingen grönyta ansluten till magasinet.

$$0,8 \cdot 2(39 + 1,0) \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 1\,000 = 1,28$$

$$1,5 \cdot 0,08 = 0,12$$

$$1,28 > 0,12$$

Magasinet klarar alltså snösmältning.

Exempel 3

Dimensionera perkolationsmagasinet i exempel 2 för det fall då anläggningens upptagningsområde förutom den aktuella takytan på 800 m² även utgörs av ett 10 000 m² stort skogsområde.

Den erforderliga magasinlängden a har enligt exempel 2 beräknats till 39 m.

Kontroll av om magasinet klarar snösmältning sker med hjälp av *ekvation (7)*. Enligt förutsättningarna uppgår magasinets totala upptagningsområde till $800 + 10\,000\text{ m}^2$, dvs $10\,800\text{ m}^2$. Enligt formeln erhålls då:

$$0,8 \cdot 2 \cdot (39 + 1,0) \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 1\,000 = 1,28$$

$$1,5 \cdot 1,08 = 1,62$$

$$1,62 > 1,49$$

Det med utgångspunkt från enbart nederbördstillrinning beräknade magasinet klarar inte en kraftig snösmältningsperiod. Hur stor magasinlängd som erfordras för detta fall kan bestämma genom att i *ekvation (7)* sätta vänstra ledet lika med 1,62. Detta ger följande uttryck:

$$0,8 \leq 2 \cdot (a + 1,0) \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 1\,000 = 1,62$$

$$a = 49,62\text{ m}$$

Magasinlängden behöver i detta fall tydligen vara ca 50 m.

Exempel 4

Dimensionera perkolationsmagasinet i exempel 2 för det fall då markens permeabilitet ligger på $8 \cdot 10^{-6}\text{ m/s}$. I övrigt oförändrade beräkningsförutsättningar.

Eftersom permeabiliteten i detta fall är lägre än $2 \cdot 10^{-5}\text{ m/s}$ måste magasinet förses med tömningsledning och dimensioneras då som ett renodlat fördröjningsmagasin. Kapaciteten på tömningsledningen väljs exempelvis till $0,75\text{ l/s}$.

Dimensionering av magasinet sker i följande steg

1. En dimensioneringskurva för 2-årsregn i Stockholm konstrueras. Se *figur 31*.
2. Den till magasinet anslutna hårdgjorda ytan A_T är $0,08\text{ ha}$.
3. Den önskade specifika medelavtappningen från magasinet blir

$$E = \frac{0,75}{0,08} = 9,4\text{ l/s} \cdot \text{ha}_{\text{red}}$$

4. Enligt dimensioneringskurvan i *figur 31* blir den erforderliga specifika magasinvolymen $140\text{ m}^3/\text{ha}$.
5. Med en ansluten areal av $0,08\text{ ha}$ blir magasinets nettovolym $140 \cdot 0,08 = 11,2\text{ m}^3$.

6. Med en effektiv porositet av 0,4 kan magasinets bruttovolym nu beräknas

$$V_{\text{ber}} = \frac{11,2}{0,4} = 28 \text{ m}^3$$

Den sökta magasinetsvolymen blir 28 m³. Magasinets dimensioner kan exempelvis väljas till höjden h = 0,8, bredden b = 2 m och längden a = 17,5 m. Som tidigare berörts behöver fördröjningsmagasin inte nödvändigtvis göras långsmala.

5.2 Undersökningar

5.21 Allmänt

Under rubriken "Naturliga förutsättningar för LOD" har tidigare beskrivits hur man genom en förenklad geohydrologisk studie kan bilda sig en första uppfattning om möjligheterna att infiltrera och perkolera dagvatten i grunden. Det måste understrykas att denna första bedömning som regel alltid bör följas upp med mer detaljerade undersökningar.

I det följande skall ges exempel på några vanligt förekommande undersökningar som kan bli aktuella vid detaljplanering av LOD-anläggningar. De undersökningar som tas upp är:

- Infiltrationsmätningar med infiltrometer
- Infiltration i provgrop
- Infiltration i skruvborrhål
- Mätningar med permeameter
- Empirisk bestämning av vattengenomsläppligheten
- Grundvattenståndsmätningar

För en mer fullständig beskrivning av genomförandet av olika undersökningar hänvisas till den speciallitteratur som finns på området. Se exempelvis SGI (1982).

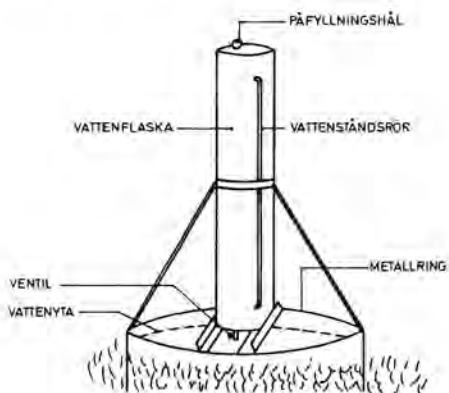
5.22 Infiltrationsmätningar med infiltrometer

Denna metod lämpar sig bäst för uppskattning av infiltrationsmöjligheterna i markytan och alltså mindre väl för dimensionering av perkolationsmagasin. Infiltrationsmätningar kan ske med enkel- eller dubbelringsinfiltrometer.

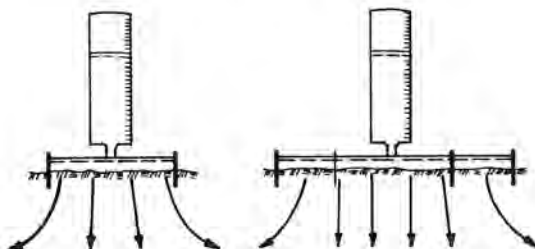
Marken där infiltrationskapaciteten skall undersökas iordningsställs i önskat skick. Metallringen på infiltrometern slås ned 5-10 cm i mar-

ken. På infiltrometerringen finns en ställning fastsvetsad som håller en vattenflaska, se *figur 32*. Flaskan är försedd med ett påfyllningshål i toppen och en nippel med avstängningskran i botten. Flaskan kan antingen vara tillverkad i plexiglas eller vara försedd med ett vattenståndsrör. När mätningarna börjar öppnas avstängningskranen så att vattnet stiger upp till nippeln. Genom successiv påfyllning från flaskan hålls vattenytan där konstant under hela försökets gång.

Vattennivån i flaskan avläses efterhand som vattnet tränger ned i marken. Lämpliga tidsintervall mellan avläsningarna är 5-10 min. Är infiltrationshastigheten stor måste man fylla på flaskan under pågående mätning. Påfyllning bör göras så snabbt att vattnet i ringen inte hinner sjunka undan. Försöket pågår tills dess ett konstant värde på infiltrationskapaciteten erhållits, vilket vanligen innebär 3-5 timmar.



Figur 32. Enkelringsinfiltrometer med vattenflaska. Enligt Kaufman, Röine (1978).



Figur 33. Sidospridningen vid enkel- respektive dubbelringsförsök. Efter Eriksson (1978)

Med enkelringsinfiltrometer får man en viss sidospridning av vattnet som ger för höga värden på infiltrationskapaciteten. Se *figur 33*. För att minska sidospridningen kan man förse infiltrometern med en yttre ring. Denna slås ned lika djupt i marken som den inre ringen. Därefter fylls bägge ringarna med vatten till samma nivå. Meningen är nu att vattnet från den yttre ringen skall hindra att vattnet från den inre ringen sprider sig i sidled. I övrigt går mätningen till på samma sätt som med enkelringsinfiltrometer. För en mer detaljerad beskrivning av hur mätningarna går till hänvisas till Eriksson (1978).

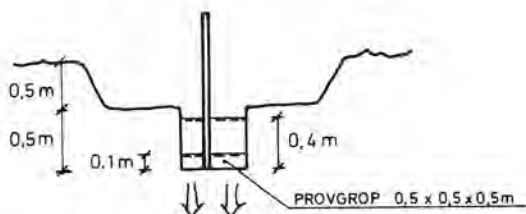
5.23 Infiltration i provgrop

Denna metod lämpar sig bäst för uppskattning av vattengenomsläppligheten när det gäller perkolationsmagasin. Nackdelen är att försöken ofta är ganska tidsödande och därmed också blir dyra att genomföra. Infiltration i provgropar kan ske på flera olika sätt.

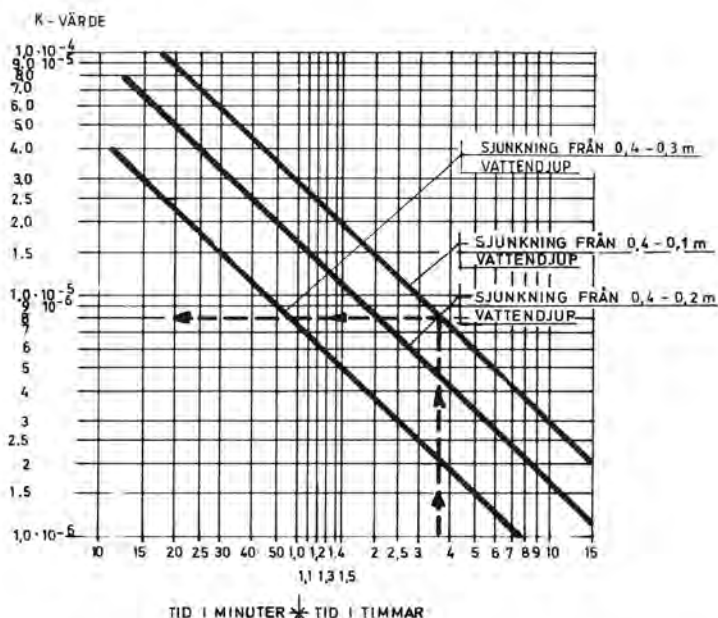
För att provgropen skall hamna på rätt djup under markytan måste man först avlägsna det övre jordlagret. Därefter grävs själva gropen. Vid grävning bör man "störa" jorden så lite som möjligt så att den inte blir packad eller på annat sätt förlorar sina naturliga egenskaper. Väggar i gropen behöver inte vara vertikala men man måste avlägsna allt löst material. I grövre jordarter som sand eller grus kan väggarna ibland behöva stagas upp med exempelvis hönsnät.

Göteborgs va-verk har tagit fram underlag för infiltrationsmätningar i provgropar med utseende enligt *figur 34*. Efter att gropen hållits vattenfylld 3 timmar, mäts den tid det tar för vattnet att sjunka från 0,4 m vattendjup till 0,1 m. Om det skulle åtgå mycket lång tid för vattnet att sjunka kan man i stället bestämma tiden det tar för vattnet att sjunka till 0,2 m eller 0,3 m över botten.

Med den av Göteborgs va-verk angivna metoden för provgropsmätning kan jordens vattengenomsläpplighet (permeabilitet) bestämmas med hjälp av de teoretiskt beräknade kurvorna i *figur 35*.



Figur 34. Provgropsmätning enligt Göteborgs va-verk (1980)



Figur 35. Diagram för bestämning av vattengenomsläppligheten i provgrop $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ m. Enligt Göteborgs va-verk. (1980)

Exempel: Antag att det åtgår 3,5 timmar för vattnet i en provgrop att sjunka från 0,4 till 0,1 m vattendjup. Ur diagrammet i figur 35 får man genom att följa den streckade linjen fram vattengenomsläppligheten $K = 8 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Man får av figur 35 inte förledas att tro att man fått fram ett exakt "rätt" K -värde. Det måste här understrykas att man vid den typ av utvärderingar som ligger till grund för diagrammet alltid är tvungen att göra vissa förenklade antaganden, bl a beträffande de aktuella marklagrens homogenitet.

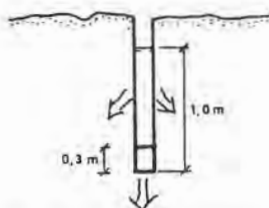
5.24 Infiltration i skruvborrhål

Bestämning av markens vattengenomsläpplighet kan även ske genom infiltration i s k skruvborrhål. Detta är helt enkelt en modifierad variant av provgropsinfiltration.

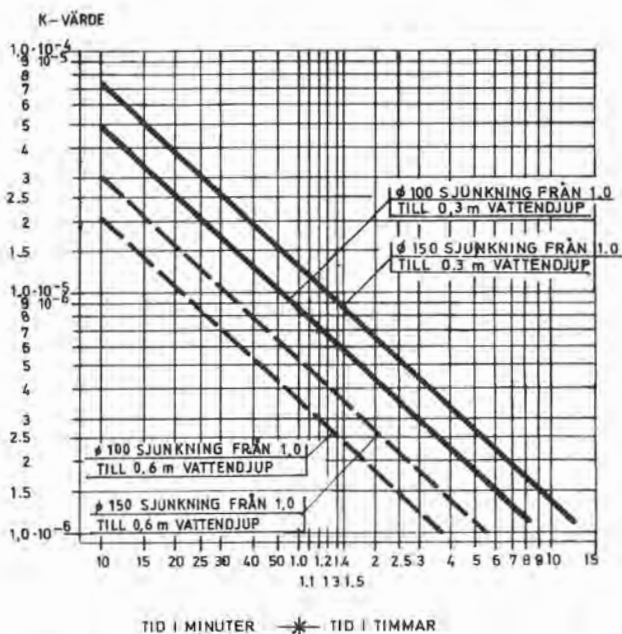
I stället för att gräva en provgrop borrar ett hål i marken, vanligen med diametern 100 mm eller 150 mm, till ett djup av 1,2 m under mar-

kytan. På motsvarande sätt som vid infiltration i provgropar måste hålet hållas vattenfyllt en viss tid innan mätningarna påbörjas.

För bestämning av vattengenomsläppligheten uppmäts hur lång tid det tar för vattnet att sjunka från 1,0 m till 0,3 m över hålets botten, jfr figur 36. Om det skulle ta mycket lång tid för vattnet att sjunka kan man istället mäta den tid det tar för vattnet att sjunka till 0,6 m över botten.



Figur 36. Infiltration i skruvborrhål.

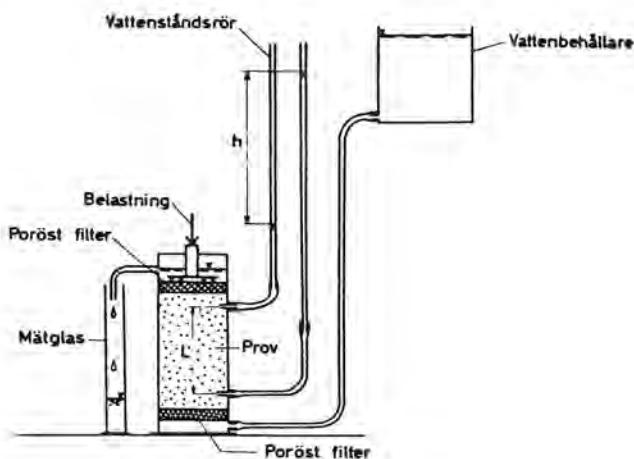


Figur 37. Diagram för bestämning av vattengenomsläppligheten vid infiltration i skruvborrhål. Diagrammet har tagits fram av Göteborgs vaverk. (1980)

Om infiltrationsmätningarna skett enligt ovan kan vattengenomsläppligheten (permeabiliteten) bestämmas med hjälp av de teoretiskt beräknade kurvorna i figur 37.

5.25 Mätningar med permeameter

Det är inte alltid man har möjlighet att bestämma vattengenomsläppligheten i fält. Man kan då ta ett prov på det aktuella jordmaterialet och göra bestämningen inne på laboratorium. Detta kan ske med hjälp av en s k permeameter. I figur 38 visas en principskiss över permeameters funktion.



Figur 38. Principskiss över permeameters funktion. Enligt Reinius (1968).

Det aktuella jordmaterialet innesluts i en cylinder mellan två porösa plattor. Provet mäts och utsätts för ett konstant vattentryck. På sträckan L uppmäts tryckskillnaden till h m. Om provets area är $A \text{ m}^2$ och vattenföringen $q \text{ m}^3/\text{s}$ kan provets hydrauliska konduktivitet beräknas enligt följande:

$$K = \frac{q}{A} \cdot \frac{L}{h} \text{ (m/s)}$$

Permeameterförsök lämpar sig bäst för friktionsmaterial med ej för stor andel finmaterial. Det finns annars risk för urspolning av de fin-

kornigare fraktionerna med ett för högt K-värde som följd. Innehåller jordmaterialet en stor andel sten kan försöken störas genom inhomogeniteter i provet.

5.26 Empirisk bestämning av vattengenomsläppligheten

Empiriskt kan man bestämma vattengenomsläppligheten med utgångspunkt från en siktkurva för det aktuella jordmaterialet. Metoden är enkel och billig, men kan dock ge ganska stora fel om den används utanför sitt ursprungliga giltighetsområde, jfr nedan.

Vattengenomsläppligheten bestäms med Hazens formel. Om man antar att vattentemperaturen är 10°C kan vattengenomsläppligheten tecknas på följande sätt:

$$K = 116 \cdot 10^{-4} \cdot d_{10}^2$$

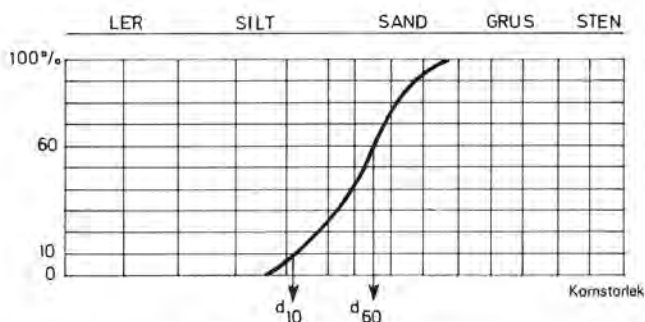
där

K = Hydraulisk konduktivitet m/s

d_{10} = Effektiv kornstorlek i mm, definierad som maskvidden hos en sikt som släpper igenom 10 % av provets vikt. Material med större diameter än 20 mm skall därvid först ha sorterats bort från provet.

Konstanten 116 kan enligt Hazen vid jämnkornig sand stiga till 150 och vid ojämnkornigt tätare material sjunka till 60. Formeln anses gälla för finkorniga friktionsjordar med $d_{60}/d_{10} \leq 2$, jfr figur 39.

Stor försiktighet måste iaktas vid uppskattning av K-värdet med hjälp av siktkurvor. Porositeten och kornformen hos den naturliga grunden har stor betydelse för resultatet.



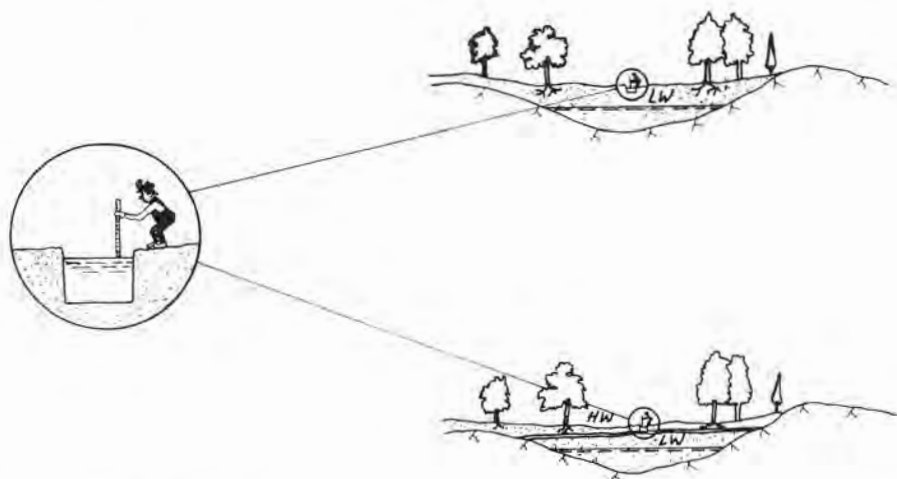
Figur 39. Exempel på siktkurva.

5.27 Grundvattenståndsmätningar

Uppmätningar av ett jordmaterials vattengenomsläpplighet är av ganska begränsat värde om resultaten inte sätts in i sitt geohydrologiska sammanhang. Det är nödvändigt att alltid skaffa sig en bild av vad som kan hända med grundvattenytan, jfr *figur 40*. Det måste alltid vara förhållandena vid högt grundvattenstånd som avgör om LOD skall utnyttjas eller inte.

Ett perkolationsmagasin bör alltid placeras ovanför den högsta grundvattenytan. Det är alltså nödvändigt att förvissa sig om hur högt grundvattnet maximalt kan stiga. Detta sker vanligen genom att man under en längre period observerar grundvattenståndets variationer. Som tidigare berörts brukar de högsta värdena kunna registreras under snösmältningen och under regnrika senhöstar.

Hittills har man ofta ansett det vara för dyrt att göra ordentliga grundvattenståndsobservationer. Denna inställning kan vid planering av LOD-anläggningar ibland få olyckliga konsekvenser i form av fuktskador på fastigheter eller t o m källaröversvämningar. Det måste i detta sammanhang framhållas att det numera finns automatiskt registrerande instrument för grundvattenståndsmätningar, varigenom kostnaderna kan nedbringas avsevärt jämfört med manuella mätningar.



Figur 40. Uppmätning av vattengenomsläppligheten inom ett område bör alltid kopplas till en bedömning av grundvattenståndets variationer.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) företar fortlöpande observationer av grundvattenståndsvariationerna i ett stort antal punkter runt om i landet. Vid planering av grundvattenståndsmätningar kan man inhämta värdefull information från detta grundvattennät, jfr SGU (1979).

6 ANLÄGGNING OCH DRIFT

6.1 Allmänt

Anläggningar för infiltration och perkolation av dagvatten har sedan mitten av 1970-talet kommit att utnyttjas i allt ökande omfattning. De funktionsuppföljningar som företagits på olika anläggningstyper uppvisar i regel goda resultat. Det måste dock understrykas att kunskapen om långtidseffekterna av LOD ännu är relativt begränsade.

Den hittills mest omfattande undersökningen av driftförhållandena vid LOD-anläggningar har utförts av Lindvall och Hogland (1981). Den aktuella studien har omfattat anläggningar i såväl Danmark, Norge som Sverige. Följande framställning är i huvudsak baserad på resultaten från nämnda undersökning. Som underlag för framställningen har även utnyttjats driftiakttagelser rapporterade av Stahre (1981). De punkter som här skall tas upp är:

- Byggekroll
- Skyddsåtgärder under anläggningsskedet
- Infiltrationsytor
- Perkulationsmagasin
- Tjälfrågor
- Skötsel och underhåll
- Driftansvar vid LOD

6.2 Byggekroll

En förutsättning för att en anläggning skall fungera tillfredsställande, är att den utförts på rätt sätt. Så länge det gällt konventionella dagvattensystem, vars funktion knappast kan misstolkas, har utförandet sällan eller aldrig inneburit några egentliga svårigheter. Beräffande anläggningar för infiltration eller perkolation av dagvatten, där en helt ny teknik kommer till utnyttjande, är funktionssambanden i allmänhet inte lika uppenbara. Det kan många gånger vara så att den byggansvarige inte i detalj känner till hur den aktuella anläggningen är tänkt att fungera. Inte heller de byggnadsarbetare som skall utföra själva arbetet kan då förväntas känna till anläggningens speciella karaktär.

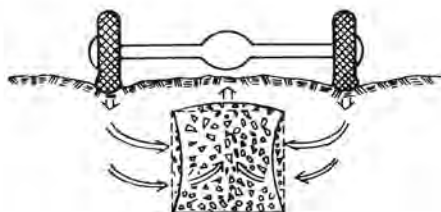
Det har av ovan angivna skäl ofta visat sig motiverat att skärpa kontrollen av anläggningsarbetenas utförande. Det är naturligtvis därvid nödvändigt att den utsedda kontrollanten känner till vilka arbetsmoment som är mest kritiska för den aktuella anläggningen. När det gäller mer komplicerade infiltrationsanläggningar bör man överväga att utse en särskild kontrollant för dagvattensystemet.

De problem som redovisats ovan kan framför allt sägas vara en fråga om bristande kommunikation mellan projektör, entreprenör och kontrollant samt bristande kunskap hos dem som utför och kontrollerar anläggningen. Vikten av att i varje enskilt fall försöka komma tillrätta med dessa till synes enkla problem kan inte nog understrykas.

6.3 Skyddsåtgärder under anläggningsskedet

När man skall anlägga infiltrations- eller perkolationsmagasin inom ett nyexploateringsområde utförs dessa vanligen i samband med alla övriga markarbeten. Risker att anläggningarna skall komma till skada och att driftstörningar därigenom skall uppstå är speciellt stor i detta skede. När det gäller perkolationsmagasin bör man redan på planeringsstadiet försöka vidta vissa skyddsåtgärder för att säkerställa anläggningarnas framtida funktion. Som exempel kan nämnas:

- Planering av transportvägar inom exploateringsområdet. Om tyngre fordon tillåts köra över sådana ställen där magasinbildande fyllningar redan lagts på plats finns det risk att omgivande tätare jordar tränger in i fyllningsmassorna och orsakar igensättningar. I olyckliga fall kan man då bli tvungen att lägga om hela eller delar av magasinet, se *figur 41*.
- Planering och samordning av de byggnadsaktiviteter inom exploateringsområdet som kan påverka infiltrationssystemet i negativ riktning. För att minska risken för igensättningar måste exempelvis betongblandning och liknande verksamheter förläggas på betryggande avstånd från den magasinbildande fyllningen.
- Skydd av magasinet mot övriga tänkbara störningar. Med hänsyn till att dagvatten från en byggnadsplats i allmänhet är mycket förorenat bör magasinet om möjligt inte tas i drift förrän huvuddelen av arbetena inom byggnadsområdet är avslutade.



Figur 41. Deformering av magasin vid belastning av tung trafik. Enligt Lindvall och Hogland (1981).

Om så är möjligt bör man försöka vänta med att utföra perkolationsmagasinet tills dess alla tyngre anläggningsarbeten är avslutade. Den bästa lösningen torde vara att utföra magasinet i samband med den avslutande finplaneringen av området.

6.4 Infiltrationsytor

Vid infiltration av dagvatten i gräsytor har marken efter iordningställandet ibland visat sig ha otillräcklig infiltrationskapacitet vid stor nederbörd. Speciellt gäller detta inom nyexploateringsområden med fin-korniga jordar. Orsaken till den måttliga infiltrationsförmågan är i allmänhet att vegetationen i de översta marklagren inte hunnit fullt utbildas.

De faktorer som styr sprickzonens utbildning är framför allt växtrötternas nedträngning i marken, mark- eller jordlagrens sammansättning samt inte minst markens påverkan av tjäle. Det är således fullt tänkbart att utnyttjade gräsytor uppnår önskad infiltrationskapacitet först några år efter anläggandet. Det kan i detta sammanhang nämnas att man genom att lägga ut färdiga gräsmattor i regel får väsentligt högre vattenupptagningsförmåga än för en nysådd gräsyta.

Vid utnyttjande av infiltrationsytor bör man genom lämpliga markplaneringsåtgärder se till att det vatten som inte infiltrerar i grunden kan avledas genom ytavrinning på markytan. För instängda delar av avrinningsområdet måste man därför i regel anordna särskilda dräneringsledningar.

Även om ytavrinningen anordnats på ett tillfredsställande sätt kan problem ibland uppstå. Framför allt gäller detta i områden med sättningsbenägna jordar. Det är i sådana områden naturligtvis omöjligt att helt gardera sig mot smärre förändringar av de ursprungliga marknivåerna. Öönskade lågpunkter kan sålunda uppkomma efter det att området har färdigställts. Med hänsyn till risken för ytterligare sättningar bör man vara försiktig med kompletterande utfyllningar till ursprungliga marknivåer.

För att förebygga översvämning av gräsmattor, erosion av slänter och liknande olägenheter krävs ett nära samarbete mellan dem som ansvarar för markplaneringen å ena sidan och dem som projekterar dagvattenssystemet å den andra. Trots att detta samarbete tycks självklart har det många gånger brustit just på denna punkt.

6.5 Perkulationsmagasin

När det gäller perkulationsmagasin är det framför allt risken för igensättningar av anläggningen som bör uppmärksammas. Det är naturligtvis omöjligt att helt förhindra att en del förorenat material transporteras ned i grunden tillsammans med det infiltrerade vattnet. Den oorganiska delen av dessa föroreningar kommer på lång sikt att bidra till att successivt minska infiltrationskapaciteten. Hur lång tid denna igensättning tar, är framför allt beroende av den aktuella jordens porositet, det infiltrerade vattnets kvalitet samt inte minst periodiciteten i tillförseln av infiltrationsvatten. Som tidigare berörts i kapitlet "Tekniska anordningar" kan man genom olika tekniska åtgärder åstadkomma en viss avskiljning av grövre partiklar innan dagvattnet leds till infiltration. Finare material och vattenlösliga ämnen låter sig däremot inte lika lätt avskiljas.

Med hänsyn till tidsförloppet brukar man skilja mellan följande två typer av igensättningar:

- Korttidsigensättningar
- Långtidsigensättningar

Till korttidsigensättningar räknas sådana igensättningar som uppträder relativt snart efter det att anläggningen tagits i drift. Det kan t ex röra sig om blockering av filter eller silar vid inloppet till själva magasinet. Rensningen kan i dessa fall normalt klaras med relativt enkla åtgärder.

Till långtidsigensättningar räknas framför allt en anläggnings successivt minskade infiltrationskapacitet till följd av ackumulering av föroreningar i själva magasinet. Normalt dröjer det åtskilliga år innan igensättningar av detta slag blir märkbara. De anläggningar för lokalt omhändertagande som finns i Sverige har varit i drift för kort tid för att långtidsigensättningar ännu skall ha hunnit uppträda. Heise (1977) redovisar erfarenheter från ett infiltrationssystem i Danmark, som anlades omkring 1950. Anläggningen, som till största del tillförts dagvatten från gatuytor, fungerade under de första åren fullt tillfredsställande. Efter ungefär 20 års drift hade infiltrationskapaciteten dock reducerats så mycket att det var nödvändigt att gräva upp anläggningen. Med hänsyn till risken för oljeföroreningar i gatudagvattnet, beslöt man att i det aktuella fallet i stället utnyttja konventionella dagvattenledningar. Se vidare Lindvall och Hogland (1981).

6.6 Tjälfrågor

Ett perkolationsmagasin måste utformas så att tjälen i marken inte påverkar anläggningens funktion. Detta kan exempelvis ske genom att isolering läggs in omedelbart ovanför den magasinbildande fyllningen. I det fall infiltration sker direkt från markytan, bör man som tidigare berörts alltid försäkra sig om att dagvattnet kan avledas genom ytavrinning.

Perkolationsanläggningars funktion under vinterförhållanden har närmare studerats av Andersson, Carlstedt och Paus (1978). Några speciella problem med magasinfunktionen under tjälände förhållanden tycks inte föreligga enligt den aktuella studien. I samband med temperaturväxlingar omkring 0°C noterades visserligen risk för svallisbildning vid magasinintagen. Detta är dock inget problem som är specifikt just för perkolationsmagasin.

6.7 Skötsel och underhåll

För att infiltrationsanläggningar skall fungera tillfredsställande under hela den planerade drifttiden krävs ett viss mått av löpande skötsel och underhåll. Detta gäller inte enbart själva magasinet utan även de ytor som avvattnas till detsamma. Erfarenheter från den infiltrationsanläggning som kommit till utförande vid Landvetter flygplats understryker vikten av en fortlöpande driftkontroll, jfr Stahre m fl (1980).

Ett vanligt problem vid utnyttjande av infiltrationsanläggningar är att man ofta försummat att utse någon huvudansvarig för skötseln och underhållet av anläggningen. Det hör vidare till ovanligheterna att någon driftinstruktion tagits fram för anläggningen. Dessa förhållanden har lett till att fastighetsskötare eller motsvarande ibland kan vara helt ovetande om en infiltrationsanläggnings existens. Det är alltså angeläget att man upprättar någon form av instruktion för skötsel och underhåll. Denna bör dels ge information om hur den aktuella anläggningen fungerar, dels ge anvisningar om vilka underhållsåtgärder som erfordras. Hur driftinstruktionen skall utformas i detalj beror på anläggningens utformning i varje enskilt fall. I normalfallet bör man enligt Holmstrand och Lindwall (1979) ta med följande punkter.

1. Information

- Kortfattad bakgrund till varför dagvattnet infiltreras, anläggningens allmänna funktion och nytta.
- Plankartor och ritningar över förekommande anläggningar inom det aktuella området.

2. Funktionskontroll

- Beskrivning av hur anläggningen normalt förväntas fungera utgående från dimensioneringsförutsättningarna.
- Anvisningar för hur funktionskontrollen skall göras samt lämpliga tidsintervall. Med funktionskontroll menas exempelvis att undersöka vattenytans avsänkning i perkolationsmagasin efter vattenpåfyllning. Tidsintervallen bestäms t ex av konstruktionstyp, belastning och anläggningens betydelse. Funktionskontroll av perkolationsmagasin bör alltid göras när magasinet är nybyggt.

3. Skötsel

- Skötsel av hårdgjorda ytor i tillrinningsområdet. Genom noggrann renhållning undviker man onödig belastning på inloppsanordningarna och minskar materialtillförseln och därmed igensättningsrisken i magasinen.
- Skötsel av infiltrationsytor. Vegetationen inom infiltrationsytor bör vara så frodig som möjligt. Uppläggning av ovidkommande föremål på ytan liksom hårt slitage och annan verksamhet som kan åstadkomma komprimering bör förhindras.
- Skötsel av intagsanordningar. Ledningar, brunnar och andra typer av magasinsintag kontrolleras och rensas regelbundet. I de fall filter används måste dessa regelbundet rengöras eller bytas. Skötselintervallen bestäms av konstruktion och belastning. Behovet av skötsel avgörs genom regelbunden tillsyn.
- Skötsel av bräddavlopp. Bräddavlopp från infiltrationsytor och magasin måste rensas regelbundet.

6.8 Driftansvar vid LOD

Det traditionella sättet att ta hand om dagvatten från ett bebyggelseområde är att samla upp och avleda vattnet i särskilda dagvattenledningar. Normalt ägs och administreras ledningsanläggningen av kommunen som också svarar för att den fungerar på ett tillfredsställande sätt. Man talar i detta fall om en allmän va-anläggning till skillnad från gemensamhetsanläggningar och privata anläggningar.

Frågor rörande allmänna va-anläggningar regleras i lagen om allmänna vatten- och avloppsanläggningar (VAL). Enligt denna lag är kommunen som regel skyldig att med hänsyn till den allmänna hälsovårdens krav förse befintlig eller blivande bebyggelse med vatten och

avlopp. Lagen gäller inom kommunens verksamhetsområde för dess va-anläggning, d v s inom de flesta tätortsbildningar.

VAL utgör inget hinder mot att kommunen i stället för eller som komplement till konventionella dagvattenledningar utnyttjar LOD. I dylika fall brukar man tala om allmänna LOD-anläggningar. För dessa gäller samma regler och ansvarsförhållanden som för övriga delar av den den allmänna va-anläggningen.

För kommunen gäller att en allmän LOD-anläggning måste dimensioneras och utformas så att man får samma avrinningsstandard som för övriga delar av den allmänna avloppsanläggningen.

En allmän LOD-anläggning behöver inte nödvändigtvis ligga på allmän mark. I vissa situationer kan tomtmark behöva disponeras för allmän LOD-anläggning. Vid upprättande av stadsplan kan detta ske genom att fastlägga s k U-områden. Ett annat sätt är att upprätta speciella avtal i varje enskilt fall.

Frågor rörande icke allmänna LOD-anläggningar regleras i allmänhet av de bestämmelser som finns i svensk byggnorm (SBN 80). Man kan till skillnad från allmänna LOD-anläggningar i detta fall tala om enskilda LOD-anläggningar eller LOD-installationer. Kommunernas prövning av LOD-installationer enligt SBN 80 faller inom byggnadsnämndens ansvarsområde. Det är dock inget som hindrar att byggnadsnämnden som stöd för bedömningen tar hjälp av sakkunnig personal från va-verk, gatukontor eller motsvarande.

Även om byggnadsnämnden godkänt en LOD-installation ligger det formella ansvaret för installationen hos den enskilda fastighetsägaren. Det ligger alltså i dennes eget intresse att sköta anläggningen så att den fungerar på ett tillfredsställande sätt. Se vidare kapitel 2, "Juridiska och administrativa aspekter".

6.9 Uppföljning av drifterfarenheter

Drifterfarenheter av LOD-anläggningar är ännu relativt begränsade. I *tabell 9* redovisas en sammanställning över erfarenheter från tre olika typer av LOD-anläggningar. Rent allmänt kan sägas att risken för olägenheter är minst för infiltrationsytor och störst för perkolationsmagasin.

Eftersom antalet LOD-anläggningar i landet ständigt ökar är det angeläget att få igång en mer systematisk insamling av drifterfarenheter. Det skulle på detta sätt vara möjligt att bygga upp en informationsbank med olika erfarenheter och iakttagelser om den praktiska driften av LOD-anläggningar.

Tabell 9. Sammanställning över drifterfarenheter från olika LOD-anläggningar. Enligt Lindvall och Hogland (1981)

	INFILTRATIONSYTA		DIKE		PERKOLATIONSMAGSIN	
	FÖRDELAR	NACKDELAR	FÖRDELAR	NACKDELAR	FÖRDELAR	NACKDELAR
BYGGNADSSKEDE	Naturpartier har god funktion från början.	Nyetablerad vegetationsyta kan ha låg infiltrationskapacitet de första åren, kan utgöra problem under byggnadstiden.	Bra funktion redan i anläggningsskedet.	Innan vegetation etablerats finns risk för erosion.	Bra funktion redan i anläggningsskedet.	Påverkar i viss utsträckning planeringen av byggnadsp platsens utnyttjande.
	Låg anläggningskostnad.	Påverkar planeringen av byggnadsp platsens utnyttjande.	Påverkar ej direkt planeringen av byggnadsp platsens utnyttjande.	Kräver utökad gatuumråde.	Anordningar för möjliggörande av funktionskontroll och skötsel.	Risk för igensättning av intag och magasinbildande fyllning genom tillförsel av finmaterial.
			Låg anläggningskostnad.			Kräver utökad kontroll
DRIFTSKEDE	Små olägenheter vid överbelastning.	Saknas bra utformning för övergång mellan asfalt och vegetationsyta — risk för erosionsskador.	Säkert system pga två funktioner: 1) infiltration, 2) avledning. Liten risk för skador vid överbelastning.	Saknas bra utformning för övergång mellan asfalt och diketslant, risk för erosionsskador.	Små olägenheter vid överbelastning av riktigt utformad anläggning.	Nedsättning av infiltrationskapacitet vid belastning med förorenat vatten.
	Lätt att upptäcka driftsstörningar.				Inspektions- och spolbrunnar möjliggör en riktig skötsel. Regelbunden kontroll av intag och bräddavlopp möjliggör tidig upptäckt av igensättning	Risk för driftproblem då inspektions- och spolbrunnar saknas.
	Verkar reducerande på flöde och föroreningar.	Hård belastning kan leda till ytuppmjukning.	Lätt att upptäcka driftsstörningar.	Risk för vattenansamlingar vid dämning.		Konstruktioner som kräver regelbundna spolningstillfällen ger ökad driftskostnad.
	Viss självvåtervunnen funktion genom vegetationens inverkan.	Försämrad infiltrationskapacitet vid isbildning i ytskiktet.	Verkar reducerande på flöde och föroreningar.	Svårigheter att utnyttja idag använda maskiner för skötsel.		Igensättningstenden ser på anläggningar, som belastas med vatten med höga susp.halter.
	Inga extra skötselåtaganden.		Viss självvåtervunnen funktion genom vegetationens inverkan.		Kräver normalt liten skötsel. Högtryckspolning av igensatt anläggning visar på goda resultat vad gäller återvunnen funktion.	
	Inga extra driftskostnader.		Fungerar vintertid som snöupplag — god kapacitet vid snösmältning.		Intagsbrunnar som medger avtappning genom väggar har bra funktion.	Intagsbrunnar med öppen botten är olämpliga ur skötselsynpunkt.
			Låga driftkostnader.		Inga driftproblem vintertid.	Kräver information till fastighetsägare/skötare. Kräver extra skötselåtagande — medför vissa extra driftkostnader.

7 LITTERATUR

- Abrahamsen S. Filtrationssystemet, separat kloaksystem med udnyttelse av jordens filtrationsevne. Ingeniøren nr 38, 1951.
- Alm K, Peterson B-L. Dimensionering av perkolationsmagasin — ny teknik i gamla spår. Stadsbyggnad nr 10-12, 1980.
- Andersson R. Regnvattenavledning i byggd miljö. Byggcentrum. 1977.
- Andersson R, Carlstedt B, Paus K. Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Tjälens inverkan på magasin i mark och porös fyllning. BFR, R73:1978.
- Andersson R, Carlstedt B, Paus K. Dagvattenavledning genom infiltration, magasinering i tätort. BFR-rapport R27:1980.
- Bengtsson L. Dimensionerande snösmältningsintensiteter. Väg- och Vattenbyggaren 1-2, 1982.
- Bergman G. Bestämning av infiltrationskoefficienter i bergytor och perkolationsbanor i jordlager. Kvartärgeologiska institutionen vid Stockholms universitet. 1972
- BFR. Permeabilitet och kapillaritet. Byggforskningens informationsblad B7:1972.
- Bucht E, Carlsson L, Falk J, Hällgren J Malmquist P-A. Dagvatten, resurs och belastning. SNV:s PM 873, 1977.
- Bäckman L, Göransson G, Knutsson G, Rühling Å. Vägars inverkan på omgivande natur. SNV PM 1177, 1979.
- Bäckman L. Vintervägsaltets miljöpåverkan. Statens väg- och trafikinstitut, VTI, rapport 197, 1980.
- Carlstedt B. Dagvattenavledning, komplettering av kombinerade ledningar med magasin vid källan. BFR, R40:1976.
- Carlstedt B. the Natural Method of Storm Water Management. Stadsbyggnad nr 5-6, 1978.
- Cederwall K, Eriksson A. Dimensionering av infiltrationsmagasin enligt regnenvelopemetoden. Väg- och Vattenbyggaren nr 4, 1977.
- Dahlström B. Regional fördelning av nederbördsintensitet — en klimatologisk analys. BFR-rapport R18:1979.

- Eriksson A, Lindvall P. Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande 27, 1978.
- Eriksson E, Gustafsson Y, Nilsson K. Ground Water Problems. Pergamon Press, Oxford 1968.
- Eriksson LO. Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, meddelande 30, 1978.
- Erikssons LO. Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, meddelande 31, 1978.
- Eriksson LO. Lokalt omhändertagande av dagvatten. Handläggning och dimensionering. VIAK intern teknisk information TS:82:10, 1982.
- Florgård C, Palm R. Vegetationen i dagvattenhanteringen. SNV, 1980.
- Göteborgs va-verk. Projekteringsanvisningar för lokalt omhändertagande av dagvatten. 1980.
- Hallgren G, Tjernström R. Om avrinning från odlad jord. Grundförbättring nr 2, 1966.
- Heise, P. Infiltrationssystemer. Övervannsteknologi. Referat från seminarium i Fagernes 21-23 mars 1977.
- Holmstrand O, Lindvall P. Infiltrera dagvatten. planering och metoder. SNV och BFR. Liber förlag, Stockholm 1979.
- Hård S, Jonasson S, Holm T. Dagvatteninfiltration på grönytor. Litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande 45, 1979.
- Jonasson S. Dimensionering av perkolationsmagasin. Publ B138 CTH GU.
- Kaufman M, Röine D. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. Examensarbete Publ B122, Geologiska institutionen, CTH. 1978.
- Knutsson G, Morfeldt C-O. Vatten i jord och berg. Stockholm 1973.
- Lindblad A. Infiltrationsmätningar utförda vid geologiska institutionen CTH/GU. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, meddelande 60, 1981.

- Lindvall P, Hogland W. Driftaspekter på dagvatteninfiltration. BFR-rapport R14:1981.
- Lundberg A. Infiltration och perkolation i det översta markskiktet. IHD-rapport 35, 1974.
- Malmquist P-A, Hård S. Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, meddelande 59, 1981.
- Niemczynowicz J. Fysikalisk modell av urbaniseringspåverkat avrinningsområde. LTH, Teknisk Vattenresurslära. Rapport nr 3010, 1977.
- Niemczynowicz J, Dahlblom P. Tröga system för fördröjd kvittbildning av dagvatten. LTH, Teknisk Vattenresurslära. Rapport nr 3070, 1983.
- Paus K, Andersson R, Carlstedt B. Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. BFR-rapport R23:1974.
- Reinius E. Kompendium i Hydraulik. KTH, Institutionen för vattenbyggnad 1968.
- Sandgren O, Peterson B-L. Dagvattenhantering — juridiska aspekter. BFR-rapport R95:1982.
- SGI. Mätning av infiltrationskapacitet och permeabilitet in situ. Projekt nr 1-351/79. SGI Varia 1982.
- SGU. Information om grundvattennätet, 1979.
- Sjöberg A, Mårtensson N. Regnenvelopemetoden. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, meddelande 64, 1982.
- SNV. Dagvattenhantering — planering och miljöeffekter. meddelande 1/1983.
- SNV. Sanering av avloppssystem — planering och exempel, meddelande 3/1983.
- Stahre P, Torell S. Infiltration av dagvatten. KTH, Vattenvårdsteknik. Rationella avloppssystem. meddelande 5, Stockholm 1978.
- Stahre P. Infiltration of Peak Flows — an Efficient and Economic Way of Handling Urban Storm Water. Vatten nr 2, 1980.
- Stahre P, Beskow C, Bylund S, Pettersson G. Dagvatteninfiltration. Drifts- och funktionsuppföljning av infiltrationsanläggning i Landvetter. BFR, R19:1980.

Stahre P. Flödesutjämning i avloppsnät. BFR-rapport T13:1981.

Statens Forurensningstilsyn. Veiledning ved infiltrasjon av overvann — metoder og tekniske løsninger. Oslo 1982.

Statens Planverk. Svensk Byggnorm — Kommentarer, 1981.

VAV. Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar. VAV-publikation P28, 1976.

VAV. Utjämningsmagasin i avloppsnät. VAV-publikation P31, 1976.

VAV. Dagvatten från fastighet. VAV orienterar nr 34, 1977.

VBB — Backögruppen. Det våras för avloppet. Kompendium i LOD-teknik, 1982.

Westin L. Miljömässiga aspekter på dagvattenhantering. BFR, R94:1977.

VAVs skrifter beställs hos
SVENSK BYGGTJÄNST
Box 7853
103 99 STOCKHOLM
Tel 08-730 51 00

ISSN 0347-1799
VAV P46 1983-06 4000

