

REDUKTION AV FOSFOR I HORISONTELLA MARKBÄDDAR – PROVTAGNING OCH ANALYS

REDUCTION OF PHOSPHORUS IN HORIZONTAL SAND FILTER BEDS – SAMPLING AND ANALYSIS



Johan Hedin¹

¹ Bärmö 156, 193 91 Sigtuna
E-post: johan.olof.bedin@gmail.com

Abstract

Sand filter beds in Sweden are almost always built without a liner. As with infiltration, treated wastewater will then percolate towards the groundwater table. The need for determining the reduction of phosphorus for these types of beds are increasing. One challenge when doing so is to determine the portion of wastewater that will percolate. In this article a possible method for this is presented. Furthermore a theoretical analysis has been done describing how the share of percolation affects the reduction of phosphorus. Field studies are showing that one can expect high levels of percolation in horizontal sand filter beds. Hence horizontal sand filter beds can be expected to reach about the same level of reduction of phosphorus as infiltrations. The result of sampling and analysis of a 17 year old sand filter bed is presented. It has been possible to determine the amount of external drainage water, the share of percolation and hence the reduction of phosphorus in both the sand filter itself and for the share that percolates. The cost for such a project is preventive so it is not recommended for single housing properties. A project where this instead is determined for a greater number of beds is thereby recommended.

Sammanfattning

I Sverige utförs markbäddar nästan alltid med öppen botten. Precis som vid infiltrationer kommer då behandlat avloppsvatten att perkolera ner mot grundvattnet. Behovet av att kunna fastställa reduktionen av fosfor för denna typ av konstruktion ökar. En utmaning är då att man måste veta hur stor andel av flödet som perkolerar. I denna artikel redovisas en möjlig metod för att fastställa detta. Vidare redovisas en teoretisk analys av hur andelen perkolation påverkar reduktionen av fosfor. Studier i fält visar på att man för horisontella markbäddar kan förvänta sig en hög andel perkolation. Horisontella markbäddar kan därmed i stort väntas ha en reduktion av fosfor i nivå med den för infiltrationer. Provtagning och analys av en 17 år gammal markbädd redovisas. Det har varit möjligt att fastställa påverkan av externt s.k. dränvatten, fastställa andelen som perkolerar och därmed också reduktionen av fosfor både i grusmaterialet i bädden och för andelen som perkolerade. Kostnaden för denna provtagning slutade på en sådan nivå att det knappast är aktuellt att genomföra detta på enskilda fastigheter. Ett projekt där man fastställer reduktionen på teknisk nivå, d.v.s. för ett stort antal bäddar är därför lämpligt att genomföra.

Keywords: horizontal, sand filter, beds, reduction, phosphorus, percolation, sampling, statistical, chloride, field

Inledning

Under de senaste två åren har det kommit domar som högst troligt kommer att påverka provtagning av små avlopp med anslutning mindre än 200 pe. Mål nr. M4660 – 20 i Mark- och miljödomstolen i Växjö meddelades 2020-12-21. I domen kan man bl.a. läsa att en tillsynsmyndighet inte kan döma ut en anläggning baserat enbart på hög ålder. Mål nr. M4906-20 i Mark- och miljööverdomstolen i Nacka meddelades 2021-06-08. Domen behandlar huruvida en viss typ av avloppsanläggning klarar en viss reduktion av fosfor. Den provtagning som ligger till grund för domslutet är tyvärr i hög grad irrelevant.

Domarna belyser behovet av att kunna fastställa reduktionen av fosfor i markbäddar. Syftet med denna artikel är att redovisa en möjlig sådan metod.

Data som använts vid analysen i denna studie har ställts till förfogande av FANN VA – teknik AB. Författaren vill härmed framföra sitt tack och vill även tacka fastighetsägarna på Orust som ställde sin anläggning till förfogande för provtagning.

Analysen baseras på data från inventering och provtagning av äldre horisontella markbäddar utförda med biomoduler och markbäddssand. Det övergripande resonemanget i artikeln är dock giltigt även för andra typer av markbäddar.

Metodik

Vad som komplicerar analysen vid det vi till vardags benämner markbäddar är att dessa i de allra flesta fallen i Sverige är utförda som ”förstärkt infiltration med bräddmöjlighet” (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2009). Det innebär att de anläggs

utan tät botten. I en stor mängd fall kommer då allt behandlat vatten att infiltrera ner mot grundvattnet, se figur 1. Detta är identiskt med hur en infiltration fungerar. I det fortsatta i denna artikel kommer begreppet perkolera att användas för att beskriva när vatten infiltrerar under en markbädd.

I samband med förarbetena till de gamla allmänna råden för små avloppsanläggningar, ”AR 87:6” (Naturvårdsverket, 1990) konstaterades att det i fler än 50 % av fallen inte kom något vatten i utloppsröret på markbädden (Nilsson, 2021). I samband med inventering av drygt 200 hushåll i Uppland kunde enbart 51 % av markbäddarna provtas (Hedin, 2018). Den största anledningen var att det inte fanns något utgående flöde att ta prov på.

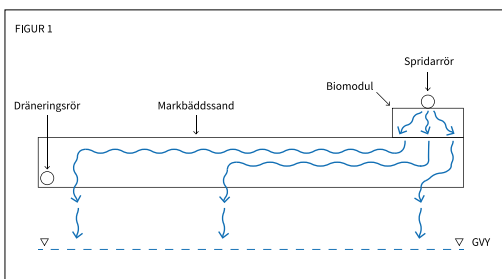
Som ett första steg i denna studie gjordes därför en analys av inverkan av perkolationen under markbädden. Därefter genomfördes en studie i fält på ett befintligt avlopp.

Teoretisk studie

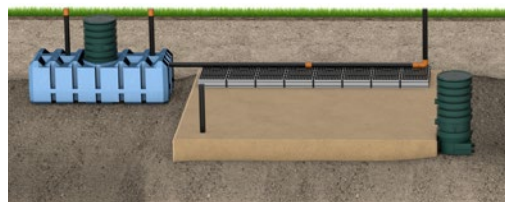
Markbaserad rening består av tre steg. Först ett mekaniskt steg (slamavskiljaren), därefter ett biologiskt steg (en bädd i någon form) och sist ett kemiskt steg (grus och jord i och under bädden).

I figur 2 redovisas en komplett avloppsanläggning för ett hushåll. Slamavskiljaren som är blå ligger till vänster, den horisontella markbädden är ljusbrun och ligger i mitten och till höger har man en grön s.k. kontrollbrunn dit det reade vattnet från bädden leds.

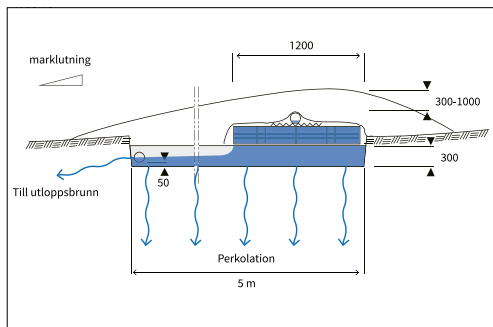
I slamavskiljaren avskiljs cirka 10–20 % av de parametrar vi mäter avseende miljöskydd, bl.a. cirka 15 % fosfor (SMED, 2015). I den följande biologiska processen i och under modulerna i figurens bakkant avskiljs inte särskilt mycket fosfor. Vattnet rör sig sedan långsamt genom gruslagret. Normalt



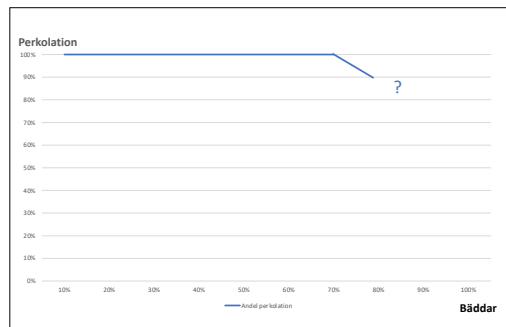
Figur 1. Tvärsnitt av en horisontell markbädd. Allt vatten perkolerar mot grundvattnet.



Figur 2. Avloppsanläggning för ett hushåll.



Figur 3. Flöde av slamavskiljt hushållspvatten genom horisontell markbädd.



Figur 4. Fördelning av flöde mellan perkolering och utlopp.

tar det flera dygn för vattnet att passera bädden. Om inte allt vatten perkolerar kommer en del att nå utsläppspunkten.

Fördelningen av flödet, d.v.s. vad som perkolerar och vad som når utloppet, styrs i huvudsak av belastningen och genomsläppligheten i befintliga jordmassor under gruset. En schematisk bild av flödet redovisas i figur 3.

Reduktionen av tot-P i bädden beskrivs därmed av tre faktorer:

- red_i : reduktionen vid perkolering (det flöde som perkolerar under markbädden),
- red_u : reduktionen vid avskiljning i bädden (det flöde som når utloppet),
- p : andelen som perkolerar.

Den totala reduktionen beskrivs då av formeln:

$$red_{tot} = p * red_i + (1-p) * red_u \quad (1)$$

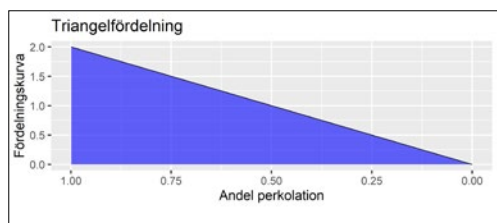
Sommaren 2020 inventerades 19 st 15 – 20 år gamla horisontella markbäddar med biomoduler (Persson, 2020). I 67 % av fallen perkolerade allt vatten i markbäddarna mot grundvattnet, d.v.s. inget vatten kom till utloppet. Att andelen som perkolerar är högre än för vertikala markbäddar enligt AR 87:6 är väntat då en horisontell markbädd är uppbyggd för att maximera perkolationen. En tidigare studie av yngre horisontella markbäddar redovisar att i upp mot 90 % av alla fallen perkolerar allt vatten, d.v.s. att i endast 10 % av fallen når vatten utloppsörret (Nilsson, 2007).

I den fortsatta studien har antagits att i 70 % av alla fall så perkolerar allt vatten mot grundvattnet. Därmed kan flödet genom bädden beskrivas enligt figur 4.

Som framgår av figuren så ställs vi här inför nästa utmaning. För de resterande 30 procenten kommer inte i alla fall allt vatten att nå utloppet utan en del kommer fortsatt att perkolera. Detta kommer att variera från anläggning till anläggning, i huvudsak som tidigare nämnts beroende av belastningen och av befintliga jordmassor under grusbädden.

På teknisk nivå, d.v.s. för ett stort antal anläggningar, vet vi att det är helt osannolikt att allt vatten skulle perkolera, det kommer ju bevisligen vatten i utloppet i 30 % av fallen. Men det är samtidigt osannolikt för dessa 30 % att allt vatten skulle nå utloppet, d.v.s. att inget vatten skulle perkolera. Därför kommer modelleringen på teknisk nivå att baseras på ett antagande av en triangelfördelning för de 30 % av fallen där vatten når utloppet, se figur 5.

För den teoretiska analysen behöver vi vidare inte bara anta vilken reduktion av fosfor man kan vänta sig för den del som perkolerar och för den del som når utloppet. Vi behöver också anta något vad gäller förväntad spridning i reduktion. Vad gäller reduktionen vid perkolering så är det enligt tidigare rimligt att det sätts lika med vad som gäller vid infiltration. Baserat på Havs- och vattenmyndighetens vägledning för prövning av små avlopp (Havs- och vattenmyndigheten, 2019)



Figur 5. Antagen triangelfördelning.

antar vi att den del som perkolerar i 95 % av fallen klarar mellan 70 % - 90 % reduktion av tot-P, d.v.s. klarar det som benämns normal skyddsnivå men inte hög skyddsnivå. Väntevärde för den del som perkolerar sätts till 80 % och 2,5 % antas falla under gränserna för normal skyddsnivå (70 %) och 2,5 % antas falla över hög skyddsnivå (90 %).

För den del av vattnet som når utloppet antas på motsvarande sätt ett väntevärde och en spridning. Baserat på en analys av 30 stycken provtagna markbäddar antas att reduktionen i 95 % av fallen ligger mellan 20 % till 60 %. Väntevärdet sätts till 40 % och 2,5 % antas falla under 20 % reduktion och 2,5 % antas falla över 60 % reduktion.

Docent Måns Thulin vid Statistikonsult.com har varit behjälplig vid den statistiska bearbetningen av data (Thulin, 2021).

Studie i fält

I samband med inventeringen sommaren 2020 hittades en anläggning på Orust där vattenmätare fanns installerad (Persson, 2020). Det är sällsynt på små avlopp. Det är ett måste med vattenmätare på enskilda anläggningar om man med någon säkerhet skall kunna jämföra utgående halt med tillämpliga begränsningsvärden (Hedin, 2019).

Anläggningen på Orust togs i drift 2004. Den ligger i en för Bohuslän typisk dalgång med berg i dagen som reser rakt upp ur betesmarkerna. Marken under bädden består av en riktigt tät ”smacklera” vilket förväntades ge låga värden på andelen som perkolerar.

Vid inventeringen 2020 fanns inga tecken på störningar i funktion hos anläggningen, se tabell 1.

För en period om drygt 300 dygn fram till juni 2020 kunde vattenförbrukningen fastställas till 80

l/p,d vilket får anses vara ett normalvärde vid 65 % hemmavaro (SMED, 2015). Kloridhalten indikerade att ingen större spädning av externt vatten som dräneras via bädden, s.k. dränvatten förekommer. Den biologiska funktionen mätt som både BOD₇ och tot-N indikerade en väl fungerande rening. Därmed fanns inga tecken på att vattnet passerade bädden för snabbt. Den kemiska funktionen mätt som tot-P indikerade en reduktion av fosfor på cirka 50 %. Med detta som bakgrund valdes hastigheten på Orust för studien i fält.

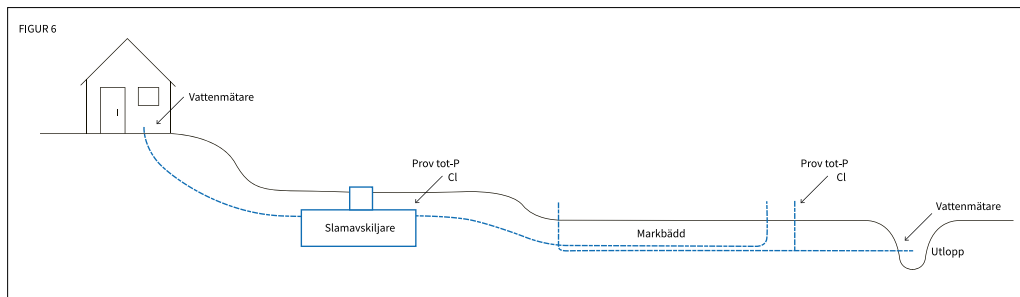
Anläggningen på Orust är byggd för 2 hushåll. Förutom boningshuset finns även ett mindre hus med egen slamavskiljare ansluten till bädden. Det huset användes fram till 2011. Kl+BDT vatten från hygienutrymmen i ett stall på gården är idag också anslutet till markbädden. Vid provtagningsstillfället belastades avloppet av 4 personer. Fastighetsägarna bedömer att cirka 5 personer har belastat anläggningen i snitt under de 17 åren. Vattenförbrukningen till djuren i stallet har mätts av fastighetsägarna och bestämdes till cirka 80 l/d. Inget spillvatten från djuren belastar avloppet.

Provuppställningen framgår av figur 6. I tabell 2 redovisas schemat för hur prover m.m. tagits ut. Flödet in i anläggningen lästes av på befintlig vattenmätare. Flödet ut ur anläggningen lästes av genom att en liten pumpbrunn monterades under markbäddens utloppsrör, se figur 7. Pumpbrunnen kontrollerades innan den monterades och befanns ha en mätnoggrannhet i nivå med den som den monterade vattenmätaren hade.

Tabell 1. Provrresultat 2020. Reduktionen i tabell 1 är beräknad med schablonvärden för inkommande föroreningar enligt Hedin (2019) samt baseras på aktuell vattenförbrukning.

Parameter	Stickprov utlopp (mg/l)	Reduktion (%)
BOD ₇	3,6	99
tot-P	6,8	51
tot-N	45	60
Cl*	62	

* < 50 mg/l indikerar ej försumbar påverkan av dränvatten



Figur 6. *Provupställning.*

Utfallet av provtagningen sommaren 2020 samt antalet personer i hushållet jämfört med bäddens storlek har varit det som legat till grund för bedömningen att det tar fem dygn för vattnet från hushållet att nå utloppet. Ett dygn för att passera slamavskiljaren och 4 dygn för att passera bädden. Som framgår av tabell 2 är prover tagna tre på varandra följande dygn både ut ur slamavskiljaren och ut ur bädden. Provet ut ur bädden är taget i en för det syftet monterad spolbrunn med dimension 160. Tot-P och Cl är taget vid varje tillfälle och för säkerhets skull är duplikatprov också taget vid varje tillfälle.

Resultat

Teoretisk studie

Nedan redovisas först resultatet för enskilda anläggningar. Syftet är att åskådliggöra hur reduktionen av tot-P beror av perkolationen. Resultatet framgår av figur 8 och tabell 3.

Observera att fallen ovan rör de 30 % där det kommer vatten i utloppet på markbädden. Hur kan man då förvänta sig att reduktionen av fosfor kommer att falla ut på teknisk nivå, d.v.s. för ett stort antal anläggningar inkluderat de 70 % av fallen där allt vatten perkolerar? För att kunna be-

Tabell 2. *Schema för provtagning.*

Dag	Datum	Läsa av vm* huset	Prov ut SA**	Läsa av vm* utsläppspunkt	Prov spolbrunn efter bädd
1	20210715	08:00			
2	20210716		X		
3	20210717		X		
4	20210718	08:00	X		
5	20210719			08:00	
6	20210720				X
7	20210721				X
8	20210722			08:00	X

* vattenmätare

** slamavskiljare



Figur 7. Pumpbrunn vid utloppet.

skriva reduktionen på teknisk nivå används det resonnement för fördelning för p bland anläggningarna om fördes i avsnittet om metodik. Vi simulerar ett stort antal (30 000) anläggningar utifrån antagna fördelningar för p , red_i och red_u . Dessa används sedan för att beräkna fördelningskurvor, andelen som uppfyller krav, samt medelvärde för reduktion av tot-P.

Fördelningen för reduktion på teknisk nivå för markbäddar i stort ser nu ut ungefär som en normalfördelningskurva, men med en extra lång "svans" åt vänster, se figur 9.

Andelen bäddar som når >70% reduktion är

Tabell 3. Reduktion av tot-P som funktion av andel perkolation.

Andel perkolation	Andel bäddar med reduktion > 70 %	Andel bäddar med reduktion > 90 %	Medelvärde total reduktion tot-P
0%	0%	0%	40%
20%	0%	0%	48%
40%	1%	0%	56%
60%	11%	0%	64%
80%	67%	0%	72%
99%	97%	2%	80%

hög, eftersom även bäddar utan 100 % infiltration kan få en relativt hög reduktion, se tabell 4.

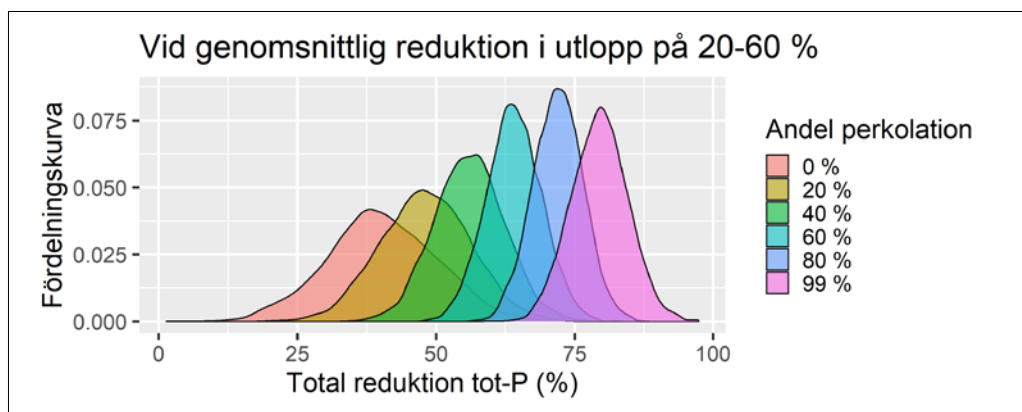
Studie i fält

Vattenförbrukningen i hushållet och flödet vid utloppet ur markbädden framgår av tabell 5.

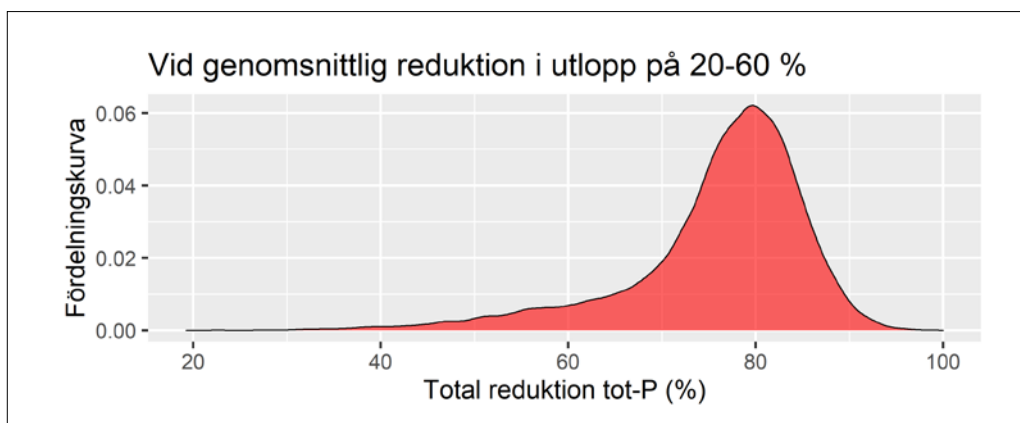
Stickprov tagna ut slamavskiljare redovisas i tabell 6.

Under antagande att cirka 15 % av tot-P reduceras i slamavskiljaren (SMED, 2015) kan värdena in slamavskiljare beräknas, se tabell 7.

Stickprov tagna vid utsläppspunkten redovisas i tabell 8 och 9.



Figur 8. Reduktion av tot-P som funktion av andel perkolation.



Figur 9. Reduktion av tot-P på teknisknivå.

Tabell 4. Sammanställning av reduktion av tot-P på teknisknivå.

Andel bäddar med reduktion > 70 %	Andel bäddar med reduktion > 90 %	Medelvärde total reduktion tot-P
81%	2%	76%

Tabell 5. Vattenförbrukning.

	vm hus	vm utsläppspunkt
15-juli	248 134	
18-juli	249 463	
19-juli		67 974
22-juli		69 017
Total förbrukning	1329	1043
Antal dygn	3	3
Förbrukning/dygn	443	348
Antal pe (inkl. stall ~ 1 pe)	5	4
Förbr l/p,d	88,6	86,9

Tabell 6. Stickprov ut slamavskiljare (mg/l).

1 och 2 avser nummer på prov.

Ut SA (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	Cl 1	Cl 2
20210716	19	19	96	95
20210717	20	20	96	96
20210718	21	22	100	100

Tabell 7. Beräkning belastning in slamavskiljare.

Medel ut SA	tot-P	20,2	mg/l
	Cl	97,2	mg/l
Medel in SA	tot-P	23,7	mg/l
	tot-P	2,1	g/p,d

Kloridhalten minskar mellan slamavskiljaren och utloppet från 97,2 mg/l till 86 mg/l.

Vattenförbrukningen in och ut ur anläggningen är i princip densamma. Det innebär att vi har externt vatten som dräneras via bädden och samti-

digt perkolerar ungefär motsvarande mängd renat avloppsvatten. Utifrån tagna prover kan vi beräkna mängden dränvatten som följer.

Vi antar att reduktionen av klorid i markbädden är så liten att den är försumbar. Den är vanligen 1-3

Tabell 8. Stickprov ut bädd (mg/l). 1 och 2 avser nummer på prov.

Ut bädd (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	Cl 1	Cl 2
20210720	11	11	72	72
20210721	13	13	77	78
20210722	11	11	86	86

Tabell 9. Medelvärden stickprov ut bädd.

Medel ut bädd	tot-P	11,7	mg/l
	Cl	78,5	mg/l

% och antas i detta fall vara 0 %. Vi antar vidare att kloridhalten, Cl i grundvattnet är 20 mg/l. Den är vanligen i intervallet 15-30 mg/l. Ett vattenprov taget i gårdens brunn 2006 redovisar en halt på 17 mg/l. Följande samband kan då antas gälla:

$$Q_{in} * C_{in} + Q_{drän} * C_{drän} = Q_{perk} * C_{in} + Q_{ut} * C_{ut} \quad (2)$$

där:

- Q_{in} = Flödet in till bädden (l/d),
- C_{in} = koncentrationen av Cl i avloppsvattnet ut från SA = in till bädden (mg/l),
- Q_{ut} = flödet avloppsvatten ut från bädden (l/d),
- C_{ut} = koncentrationen av Cl i avloppsvattnet ut från bädden (mg/l),
- $Q_{drän}$ = dränvattenandel i utgående flöde (l/d),
- $C_{drän}$ = koncentrationen av Cl i dränvattnet (mg/l),
- Q_{perk} = flödet som perkolerar (l/d).

Med hjälp av följande uttryck kan då andelen dränvatten lösas:

$$Q_{ut} * C_{ut} = (Q_{ut} - Q_{drän}) * C_{in} + Q_{drän} * C_{drän} \quad (3)$$

där:

- C_{in} = uppmätt värde (mg/l),
- Q_{ut} = uppmätt värde, (l/d),
- C_{ut} = uppmätt värde (mg/l),
- $Q_{drän}$ = Sättes till X l/d,
- $C_{drän}$ = 20 mg/l som schablonvärde.

Tabell 10. Bestämning av flödet som perkolerar.

Flöde in slamavskiljare	354,4	(l/d)
Dränvatten	84,1	(l/d)
Flöde in tot	438,5	(l/d)
Flöde in tot	438,5	(l/d)
Flöde ut tot	347,7	(l/d)
Flöde perkolation	90,8	(l/d)

Andelen dränvatten $Q_{drän}$ blir i detta fallet 84,1 l/d.

Andelen vatten som perkolerar kan därefter bestämmas till 90,8 l/d, se tabell 10.

Reduktionen av fosfor kan därmed bestämmas enligt tabell 11.

Diskussion

Provtagning

Inget avlopp släpper ut samma halt föroreningar över tid. Vattenförbrukningen i hushållet, föroreningar som vi spolar ner i avloppet, funktionen hos reningsprocesserna m.m. varierar. Utsläppen kommer därmed att variera inom ett spann och då kan slumpen göra att enskilda stickprov är direkt olämpliga att använda för en jämförelse med aktuellt begränsningsvärde. Istället bör man söka skatta spannet inom vilket utsläppen kan väntas variera och bestämma en övre nivå för utsläppen som man i de allra flesta fall kommer att gå under, övre konfidsgränser, och sedan jämföra dessa nivåer med aktuella begränsningsvärden (Hedin, 2019).

Detta med att fastställa en övre nivå för utsläppen ställs tyvärr på ända av Havs- och Vattenmyndighetens yttrande till Svea Hovrätt i domen M4906-20 i Mark- och miljööverdomstolen i Nacka (Havs- och Vattenmyndigheten, 2020). Myndighetens bedömning är att ett reduktionskrav om minst en viss nivå bör uppnås som ett medelvärde under en testperiod men inte i varje enskilt stickprov. Beroende på spridning kan detta

Tabell 11. Reduktion av fosfor i markbädd på Orust.

Mängd fosfor in SA	8408,3	(mg/d)
Perkolation		
Flöde perkolation	90,8	(l/d)
Andel av flödet in	25,6%	
Mängd fosfor som infiltrerar	2155,1	(mg/d)
Reduktion fosfor infiltration	80%	(antaget värde)
Total reduktion genom infiltration	1724,1	(mg/d)
Markbädd		
Flöde markbädd	263,6	(l/d, flödet in minus dränvatten)
Mängd fosfor som går genom markbädd	6253,2	(mg/d)
Uppmätt halt ut markbädd	11,7	(mg/l)
Spädning dräneringsvatten ut markbädd	24,2%	
Halt ut markbädd utan spädning	15,4	(mg/l)
Reduktion fosfor markbädd utan spädning	35,1%	
Total reduktion genom markbädd	2197,1	(mg/d)
Total reduktion		
Perkolation	1724,1	(mg/d)
Markbädd	2197,1	(mg/d)
Summa perkolation + markbädd	3921,2	(mg/d)
Reduktion %	46,6%	

innebära ett väsentligt lägre krav på reduktion än resonemanget om övre konfidensgränser.

Uppehållstiden i små avlopp beror i hög grad av flödet. Vid markbäddar får man då en varierande uppehållstid i bädden. Det är väsentligt att man beaktar detta i samband med provtagningen (Naturvårdsverket, 1998). Kan man, som på Orust, konstatera en väl fungerande biologisk funktion så kan man anta att vattnet passerar bädden som avsett.

Vad gäller själva försöksupställningen så kräver monteringen av en ev. ny pumpbrunn i diket viss omsorg. Det kan vara en utmaning i diken med litet fall att säkerställa att inget externt vatten kan rinna in i den nya brunnen. Flöden ut ur väl fungerande markbäddar är låga. De är så pass utjämnade att normalt kommer det bara en rännil ur utlopps-

röret. Då måste man säkerställa att allt vatten från utloppsröret hamnar i brunnen. Det kan krävas en styrning i någon form för att undvika att vattnet tar bakvägen ut på undersidan av utloppsröret, se figur 10.

Som avslutning på stycket om provtagning skall också konstateras att med planering och utförande så tar en fastighet cirka två veckors tid i anspråk. Det är därmed kostsamt att provta en markbädd.

Reduktion av fosfor

En större jordvolym bidrar till en högre reduktion av fosfor (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2009). Därav följer att om man vill öka reduktionen av fosfor så skall man sträva efter att nyttja en så stor del av markbäddens grusmaterial som möjligt. Vidare skall man öka möjligheten för att nyttja den



Figur 10. En väl rengjord PET-flaska får fungera som styrning vid änden på utloppsroret.

omättade zonen under bädden, d.v.s. maximera perkolationen. Principen för att maximera perkolation i markbäddar redovisas i Naturvårdsverkets faktablad 8147 (2003).

Fördelningen mellan perkolation och vad som når utloppet, se figur 4, kan för en enskild anläggning bestämmas m.h.a. den metod som tillämpades på Orust. För att närmare kunna uttala sig om hur detta ser ut på teknisknivå krävs provtagning på ett större antal anläggningar. Fram tills att det är gjort känns ansatsen med en triangelfördelning rimlig.

Antagandet om en reduktion av fosfor på i medeltal 40 % för det vatten som passerar grusmaterialet i bädden och när utloppet baseras på en analys av 30 markbäddar (Hedin, 2019), se tabell 12.

Redovisad andel baseras på ett antagande om normalfördelning. Både konventionella och horisontella markbäddar ingick i underlaget. Allt data, både för horisontella och vertikala bäddar baseras på grusmaterial av typen markbäddssand. Åldern på bäddarna var mellan 3 och 19 år. I snitt var bäddarna 8 år gamla. På 16 av bäddarna hade prov tagits på Cl så för dessa kan vi bortse från påverkan av dräneringsvatten. För 14 av bäddarna har ej prov på Cl tagits så påverkan av dränvatten kan förekomma. I medeltal var reduktionen för de 30 bäddarna 69 %.

Då Cl inte är tagit på 14 prover finns en risk för att dränvatten ger högre värden på reduktion i den mätserien. Av den anledningen men även för

att göra en justering för åldersfördelningen så har reduktionen av tot-P i analysen i medeltal satts till 40 %. Dubbla spridningen mot det vi antagit för delen som perkolerar, d.v.s. ett intervall på reduktionen på mellan 20 % och 60 % känns rimligt vid studie av mätserien ovan.

Resultat

Den teoretiska analysen visar att när avloppsvattnet kan perkolera ner mot grundvattnet så ökar reduktionen av tot-P. Även om antagandena om reduktion i grusmaterial och i jord under bädden skulle ändras så kommer inte formen på kurvan i figur 9 att ändras avsevärt. En hög andel perkolation leder på teknisknivå till att de flesta markbäddar kan antas ha ett reningsresultat i nivå med det som gäller för infiltrationer. Sammanställningen i tabell 4 redovisar på teknisknivå ett förväntat medelvärde för reduktionen av tot-P på 76 % och att 81 % av antalet bäddar förväntas klara normal skyddsnivå, d.v.s. > 70 % reduktion av tot-P.

Vattenförbrukningen under veckan proverna togs på Orust bestämdes till 89 l/p,d. Detta är i nivå med den förväntade snittförbrukningen för ett hushåll med enskilt avlopp. Inkommande belastning av tot-P bestämdes till 2,1 g/p,d, d.v.s. väl i linje med bilaga 1 i HVMFS 2016:17 (Havs- och vattenmyndigheten, 2016).

Andelen dränvatten fastställdes till 84 l/d och andelen som perkolerar kunde därefter fastställas till 91 l/d. Just i detta fall leder slumpen till att dessa flöden är ungefär lika stora. Då man i många fall inte kan utesluta att dränvatten kan påverka halten i ett stickprov förtydligar detta behovet av att ta prov på Cl. I sammanhanget kan nämnas att Cl är en stabil och lättlöslig förening och därför passar utomordentligt bra som spårämne i de här fallen (Nilsson, 2022).

Tabell 12. Andel som klarar angiven reduktion.

Reduktion tot-P	Andel
20 %	96 %
60 %	63 %
70 %	48 %

Reduktionen av tot-P genom grusmaterialet i bädden bestämdes till 35 %. Bädde n var 17 år gammal vid provtagningstillfället. Sammantaget inklusive perkolationen var reduktionen av tot-P i markbädden 47 %. Att reduktionen var förhållandevis låg beror på att andelen som perkolerade var låg, 25,6 %.

Det torde inses lätt efter ovanstående resonemang att det inte är möjligt att bestämma reduktionen av fosfor i en markbädd baserat på endast ett stickprov vid utsläppspunkten.

Vidare studier

Vi behöver på något vis kunna fastställa reduktionen av fosfor i äldre markbäddar. Kostnaden för att förbereda, genomföra och analysera en provtagning som den på Orust ligger på över 50 000 kronor varför det är uteslutet att göra detta i enskilda fall. Det enda rimliga är att göra en bedömning på teknisk nivå.

Någon borde ta initiativ till ett projekt där man provtar ett tillräckligt antal gamla bäddar där det finns ett flöde i utloppsröret. Detta torde ge ökad information om andelen som perkolerar men också mer information om vilken reduktion vi kan vänta oss i grusmaterialet efter cirka 20 år. Med detta som underlag bör man kunna uttala sig om reduktionen av tot-P på teknisk nivå. Det är i sammanhanget värt att notera att det är en mycket mödosam arbetsuppgift att spåra upp och kvalificera gamla bäddar som är möjliga att provta.

Det är författarens förhoppning att markbädden på Orust kan få fortsätta att vara i drift i många

år framåt. Det är ytterst sällsynt att man hittar en gammal bädd med vattenmätare, utan störningar och med så representativa värden på belastning och flöden. Det vore mycket intressant att över många år få följa hur reduktionen av fosfor utvecklas.

Avslutningsvis kan man som gammal väg- och vattenbyggare inte låta bli att göra en reflektion över hur regelverket för små avlopp är uppbyggt. Vid dimensionering av byggnadskonstruktioner tillämpas den s.k. partialkoefficientmetoden. Det skulle vara ett stort steg framåt om det ”mätbara regelverket” för små avlopp skulle ha en liknande uppbyggnad.

Slutsatser

- För en markbädd kan inte reduktionen av fosfor enbart bestämmas utifrån stickprov tagna vid utsläppspunkten.
- Vid provtagning måste man beakta att det finns risk för att externt dränvatten kan späda prover tagna efter markbädden. Genom att mäta flöden och halten Cl in och ut ur markbädden får man möjlighet att beräkna effekten av denna utspädning.
- Att provta en markbädd enligt den föreslagna metoden är både tidskrävande och kostsamt. Det rekommenderas inte för enskilda fastigheter.
- Reduktionen av fosfor ökar med ökande andel perkolation. En mycket hög andel perkolation kan väntas i horisontella markbäddar. Detta leder till att horisontella markbäddar kan väntas ha en reduktion av fosfor i nivå med den för infiltrationer.

Referenser

- Havs- och vattenmyndigheten (2016) Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd (HVMFS 2016:17) om små avloppsanläggningar för hushållspillvatten. Hämtad: 4 januari 2022 från [<https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/foreskrifter/register-avlopp/sma-avlopps-anordningar-for-hushallspillvatten-hvmfs-201617.html>]
- Havs- och vattenmyndigheten (2019) Vägledning för provning av små avlopp. Hämtad: 3 november 2021 från [<https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/sma-avloppsanlaggningar/vagledning-for-provning-och-tillsyn-av-sma-avlopp/vagledning-for-provning-av-sma-avlopp.html>]
- Havs- och vattenmyndigheten (2020) Yttrande över beslut om tillstånd på avloppsanläggning. Dnr. 03238-2020, 2020-11-23.
- Hedin J. (2018) Markbaserad rening – en studie av funktion i fält. VATTEN – Journal of Water Management and Research 74: 1-2
- Hedin J. (2019) Små avlopp – provtagning i fält. VATTEN – Journal of Water Management and Research 75:4
- Länsstyrelsen i Västra Götaland (2009) Markbaserad rening, En förstudie för bedömning av kunskapsläge och utvecklingsbehov. Rapport 2009:77. ISSN: 1403-168X. Hämtad: 3 november 2021 från [[http://Länsstyrelsen i Västra Götaland](http://Länsstyrelsen%20i%20Västra%20Götaland) (2009) Markbaserad rening, En förstudie för bedömning av kunskapsläge och utvecklingsbehov. Rapport 2009:77. ISSN: 1403-168X].
- Naturvårdsverket (1990) Naturvårdsverkets Allmänna Råd 87:6, Små Avloppsanläggningar, hushållspillvatten från högst 5 hushåll. Naturvårdsverkets förlag, 1990. ISBN: 91-620-0022-5. ISSN: 0282-7271.
- Naturvårdsverket (1998) Markbäddars funktion. Rapport 4895. Naturvårdsverket. ISBN 91-620-4895-3. ISSN 0282-7298.
- Naturvårdsverket (2003) Små Avloppsanläggningar, hushållspillvatten från högst 5 hushåll. Faktablad 8147, 2003. Hämtad: 3 november 2021 från [<https://www.havochvatten.se/hav/uppdrag-kontakt/publikationer/aldre-publikationer/publikationer-fran-naturvardsverket/2003-01-01-sma-avloppsanlaggningar-hushallspillvatten-fran-hogst-5-hushall.html>]
- Nilsson, P. (2007) Fosforreduktion i markbäddar, VA – teknik och vattenvård AB.
- Persson, J. (2020) Gamla markbäddar provtagningsrapport, Ramböll.
- SMED (2015) Uppdatering av kunskapsläget och statistik för små avloppsanläggningar. Svenska MiljöEmissionsData, SMED rapport 166, 2015. Hämtad: 3 november 2021 från [<https://admin.smed.se/app/uploads/2015/11/SMED-Rapport-2015-166.pdf>]
- Thulin M. (2021) Reduktion av tot-P i horisontella markbäddar. Statistikonsult.com.

Referenser muntligt/över e-post

- Nilsson Peter, VA – Teknik & Vattenvård AB, 2021-10-29
Nilsson Peter, VA – Teknik & Vattenvård AB, 2022-01-25

