

Tredjepartsgranskning av markbäddsstudie

Studien "Provtagning av horisontella markbäddar med in-drän moduler" som genomförts av Brännmossen AB (Hedin, 2024) syftar till att utvärdera fosforreduktion i horisontella markbäddar med in-drän moduler och krossmaterial. Genom att analysera flöde samt fosfor- och kloridhalter vid in- och utlopp undersöktes hur effektivt dessa system renar avloppsvatten. Resultaten visade att vid 85 % av de granskade anläggningarna perkolerade allt vatten till grundvattnet, utan att något vatten nådde utloppspunkten. Där ett flöde fanns och provtagning kunde genomföras, observerades en fosforreduktion jämförbar med konventionella infiltrationslösningar. I studien konstateras följande:

" En horisontell markbädd av typ H2, uppbyggd med in-drän moduler och bädd med krossmaterial med kornstorlek 2–4 mm, kan genom att en mycket hög andel av inkommande hushållsspillvatten perkolerar, i medeltal förväntas uppnå en reduktion av tot-P på över 70 %."

FANN VA-teknik AB (FANN), som utvecklar, tillverkar och säljer system för små avlopp, var beställare till studien och rapporten riktar sig främst till parter som är involverade i tillstånds- och tillsynsprocessen för små avlopp. Bakgrunden till studien är domslut M4906-20, meddelat av Mark- och miljööverdomstolen den 8 juni 2021, som understryker vikten av att små avloppsanläggningar uppnår en genomsnittlig fosforreduktion på minst 70 % som anges i Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd (HVMFS 2016:17). För tillverkare som levererar modulbyggda bäddar innebär detta att det är nödvändigt att ha robust och tillförlitlig dokumentation som påvisar att deras system kan uppfylla dessa krav under olika förhållanden och över tid.

För att ytterligare styrka innehåll och kvalitet i genomförd studie såg FANN ett behov av en tredjepartsgranskning. IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL), ett fristående och oberoende forskningsinstitut som bedriver forskning och konsultuppdrag inom miljö- och hållbarhetsfrågor, anlätades av FANN för att genomföra denna granskning. Granskningen avser endast den text som framställs i rapporten (Hedin, 2024); vi utgår exempelvis från att mätvärden från analysprotokoll är korrekt överförda till de beräkningar som redovisas.

IVL:s bedömning är att studiens upplägg och metodik, inte minst jämfört med de tidigare (få) studier som genomförts inom detta område är ambitiös och väl genomtänkt. Vi bedömer att urvalsprocessen varit sund genom att man med ett brett utskick identifierat närmare 30 anläggningar för inspektion varav fem hade ett faktiskt utflöde som kunde provtas och utvärderas. Vi bedömer också att de beräkningar som redovisas i rapporten gjorts på ett korrekt sätt och att dessa tillsammans med försöksuppläggen stödjer de slutsatser som dras i studien.

Att utvärdera reningseffekt av fosfor i markbaserade reningsanläggningar är både utmanande och resurskrävande, samt ofrånkomligen förknippat med osäkerheter. I rapporten lyfts och diskuteras ett flertal osäkerhetskällor, vilket vi anser ökar trovärdigheten, såsom variationer i ovidkommande vatten till anläggningarna som påverkas av nederbörd, årstid och grundvattennivå samt det begränsade antalet anläggningar som kunnat inkluderas i studien.

Mätstudien har fokuserat på rening i själva markbädden, i omättad zon, och utgått ifrån Havs- och Vattenmyndighetens reningsschablon för det avloppsvatten som perkolerar ner till grundvattenytan för att beräkna anläggningarnas totala fosforrening. Studien har inte behandlat frågan om eventuell retention av fosfor i den mättade grundvattenzonen mellan anläggningarna och närmaste ytvatten.

Texten i denna granskning utgör helt författarnas egna bedömningar.

Joakim Hållén (civ. ing. miljö- och vattenteknik)

Mikael Olshammar (civ. ing. samhällsbyggnadsteknik)



Provtagning av horisontella markbäddar med in-drän moduler

Uppdragsgivare FANN VA – teknik AB

Datum 20241023

Utgåva Slutlig version

Uppdragsledare Johan Hedin

Brännmossen AB
Bärmö 156
193 91 SIGTUNA

Organisationsnummer 556979-5239

Innehållsförteckning

Sammanfattning

1. Inledning	1
2. Genomförande och resultat	3
2.1. Djuvarp 1:21, Jönköpings kommun.....	6
2.2. Dal 1:3, Södertälje kommun	8
2.3. Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun	9
2.4. Mosjö-Råby 1:18, Örebro kommun	11
2.5. Lossby 3:3, Göteborgs kommun	13
2.6. Vara Västerbitterna1:8, Vara kommun	14
3. Diskussion och resultat	16
4. Slutsatser	20
5. Referenser.....	21

Bilagor

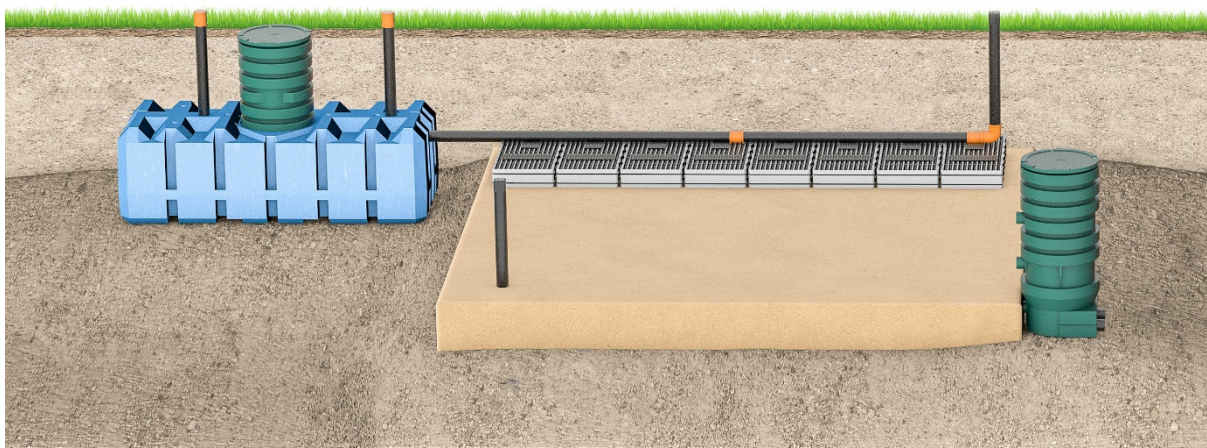
1. Inventering bäddar 2024
2. Djuvarp 1:21, Jönköpings kommun
3. Dal 1:3, Södertälje kommun
4. Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun
5. Flöden Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun
6. Simulering Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun
7. Mosjö-Råby 1:18, Örebro kommun
8. Lossby 3:3, Göteborgs kommun
9. Vara Västerbitterna 1:8, Vara kommun

Sammanfattning

I detta projekt har reduktionen av fosfor i horisontella markbäddar undersökts. Bäddarna har varit uppbyggda med biomodulen in-drän och ett krossmaterial. I Sverige utförs markbäddar nästan alltid med öppen botten. Precis som vid infiltrationer kommer då behandlat avloppsvatten att perkolera ner mot grundvattnet. För att kunna fastställa reduktionen av fosfor vid markbäddar med öppen botten behöver man känna till hur stor andel av flödet som perkolerar. Tidigare studier i fält visar på att man för horisontella markbäddar kan förvänta sig en mycket hög andel perkolation. I detta projekt visar besiktning av 27 anläggningar att hela flödet perkolerar i 85 % av fallen, d.v.s. inget behandlat avloppsvatten når utloppet på markbädden. Provtagning och analys av fem stycken horisontella markbäddar där ett flöde når utloppet redovisas. En metod där man mäter flöden in och ut ur anläggningen och i två punkter tar prov på fosfor och klorid tillämpades. 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. Horisontella markbäddar uppbyggda med in-drän moduler och krossmaterial med kornstorlek 2-4 mm kan väntas ha en reduktion av fosfor i nivå med den för infiltrationer.

1. Inledning

FANN VA – teknik AB (FANN) utvecklar, tillverkar och säljer system för små avlopp. Biomodulen in-drän används i bäddar för markbaserad rening, se figur 1. FANN önskar undersöka vilken reduktion av fosfor man kan vänta sig i horisontella markbäddar uppbyggda med in-drän moduler och krossmaterial med kornstorlek 2-4 mm. Brännmossen AB (Brännmossen) har på uppdrag av FANN provtagit och utvärderat reningsresultat m.a.p. fosfor för just sådana markbäddar. Rapporten riktar sig till de som är involverade i tillstånds- och tillsynsprocessen för små avlopp.



Figur 1. Horisontell markbädd med in-drän moduler.

Det finns inga långtidsstudier av reduktionen av fosfor att tillgå för horisontella markbäddar. De försök i full skala som genomförts hos testinstitut fokuserar på andra parametrar, oftast organiskt material och smittämnen och sträcker sig upp mot ett år.

För de markbäddar där ett flöde når utloppet kan reduktionen av fosfor istället skattas m.h.a. provtagning i fält. Som brukligt i Sverige utförs även horisontella markbäddar med öppen botten. Det innebär att avloppsvattnet inte bara kan nå utloppet på markbädden. Det kan även perkolera ner mot grundvattnet samtidigt som inläckage av externt vatten, s.k. dränvatten, kan förekomma (Hedin, 2022). Det går därmed inte att bestämma reduktionen av total fosfor (tot-P) m.h.a. stickprov vid utloppet på markbädden (Naturvårdsverket, 1998). I detta projekt valde Brännmossen istället en provserie där man mäter flöden in och ut ur anläggningen och i två punkter tar prov på tot-P och klorid (Hedin, 2022).

I denna rapport kommer begreppet perkolera att användas för att beskriva när vatten infiltrerar under en markbädd.

Utmaningen vid denna typ av projekt är att kvalificera anläggningar som är lämpliga att provta. Följande angreppssätt har tillämpats. FANN har sedan tidigt 1990 – tal dimensionerat anläggningar åt fastighetsägare och entreprenörer. Alla dessa dimensioneringar dokumenteras i den s.k. in-drän databasen. Fram till 2004 föreskrev FANN att bäddar skall utföras med markbäddssand. Fr.o.m. 2004 ändrades detta istället till material med långtidsbelastningsvärde, LTAR-värde, 100. Efter 2004 blev därmed ett krossat material med fraktion 2-4 det dominerande valet för bädden.

För att kunna uttala sig om reduktionen av fosfor över tid var en målsättning i projektet att provta bäddar som varit i drift i minst 10 år. För åren 2004 fram till 2011 söktes därför alla markbäddar som FANN dimensionerat fram. Urvalet bestämdes sedan i steg ett av de fall där fastighetsbeteckning och kommun gick att para ihop med nuvarande ägare via Lantmäteriets fastighetsregister. Detta resulterade i att 415 utskick gjordes i mitten av augusti 2022. FANN erbjöd fastighetsägarna en kostnadsfri besiktning i utbyte mot möjligheten att kunna få provta lämpliga anläggningar.

Vilka fastigheter som kunde besiktigas bestämdes sedan av de fastighetsägare som svarade på utskicket. 41 stycken anläggningar kunde besiktigas under perioden augusti 2022 till juni 2023 (Hedin, 2023). Detta är i linje med ett tidigare projekt där det också krävdes ett mycket stort antal utskick för att få tillgång till bäddar att besiktiga (Hedin, 2018).

Besiktningen omfattade följande:

- Bestämning av storlek på bädden
- Dämning i slamavskiljaren
- Förhöjd nivå i fördelningsbrunn
- Förhöjd nivå i pumpbrunn
- Status brunn för ev. fosforfälla
- Vatten/slam i spridarröret
- Vatten/slam i dräneringsrör
- Läckage från bädden

En rörkamera av fabrikat Whöler med modellbeteckning VIS 350 användes för besiktning av både spridar- och dräneringsrör.

Anläggningar som kunde bli aktuella för provtagning måste uppfylla följande krav:

- KI+BDT, d.v.s. att WC måste varit kopplat på avloppet under hela driftstiden.
- Det skall gå att installera en vattenmätare på inkommande vatten.
- Det skall finnas en utsläppspunkt där man kan montera utrustning för mätning av flöde samt för provtagning.
- Anläggningen får inte visa tecken på pågående störningar av reningsfunktionen.
- Permanentboende under hela driftstiden, d.v.s. ej fritidshus.
- Anläggningen får inte vara ombyggd under driftstiden.

En sammanfattning av besiktningarna redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Resultat av inventering.

	Antal
Antal inventerade anläggningar	41
Annat fabrikat eller fel typ av anläggning	4
Ej permanentboende	2
Ej möjlig att inspektera	1
Infiltration, d.v.s. ej markbädd	3
Markbädd med pågående störning	4
Antal markbäddar utan pågående störning	27
Därav perkolerar 100 %, d.v.s. inget flöde i utloppet	23
Antal möjliga att provta	4

Antal kvarvarande markbäddar utan tecken på pågående störning var 27 stycken. I de fall man kan lokalisera utsläppspunkten så är det enkelt att avgöra om allt avloppsvatten perkolerar mot grundvattnet eller ej. För de fall man inte kan lokalisera utsläppspunkten så ger rörkameran värdefull information då man kan gå in via luftarröret på dräneringen. Är dräneringen torr så perkolerar allt avloppsvatten. I 23 av de 27 fallen, d.v.s. i 85 % av fallen når inte avloppsvattnet utloppet.

Tidigare studier pekar på att man kan förvänta sig att flertalet anläggningar inte skulle ha något flöde vid utloppet. Vid en inventering av äldre horisontella markbäddar utförda med markbäddssand konstaterades att allt vatten perkolerade i 7 fall av 10 (Persson 2020). I ett projekt där man också tagit prov på horisontella markbäddar med markbäddssand redovisas att 9 av 10 anläggningar inte ger ifrån sig något vatten vid utloppet (Nilsson m.fl. 2007).

Sammanlagt fyra anläggningar hade flöde vid utloppspunkten. Samtliga bedömdes möjliga att provta.

Sommaren 2024 gjordes ett nytt utskick till de 363 fastighetsägare som inte svarade 2022. 19 stycken bäddar kunde därefter besiktigas, se bilaga 1. Två av dessa kunde provtas.

I tabell 2 framgår de anläggningar som var möjliga att provta.

Tabell 2. Sammanställning anläggningar.

Fastighet	År i drift	Start provtagning
Djuvarp 1:21	12	2022-10-25
Dal 1:3	7	2022-11-07
Hemshyttan 8:4	17	2022-11-28
Mosjö-Råby 1:18	15	2024-07-29
Lossby 3:3	14	2024-08-13
Vara-Västerbitterna 1:8	17	2024-08-13

Vid besiktningen av samtliga anläggningar kontrollerades:

- att anläggningarna var byggda enligt anvisningar från FANN.
- Att allt hushållspillvatten leddes genom markbädden.
- Att inga avvikelser i övrigt rörande belastning, tömningsintervall av slamavskiljare m.m. kunde noteras, d.v.s. att driften kunde betecknas som normal.

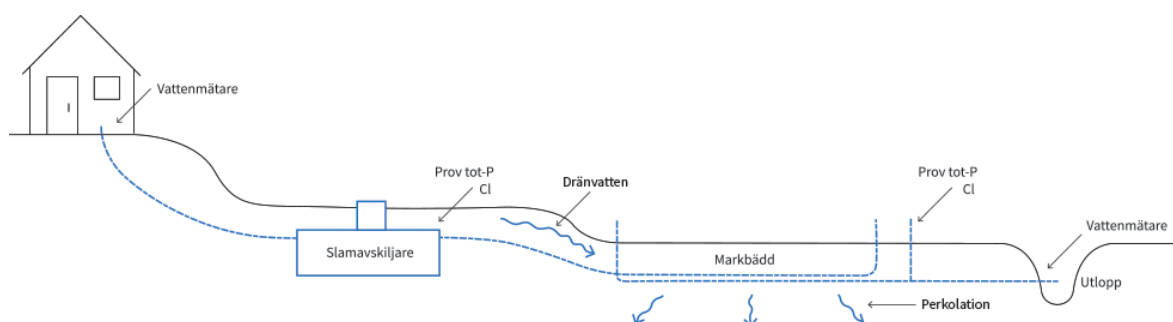
2. Genomförande

Provtagningen följde det upplägg som sommaren 2021 tillämpades på Orust på en 17 år gammal horisontell markbädd med in-drän moduler (Hedin, 2022), se figur 2. Provtagning följde följande upplägg:

- Flödet in i anläggningarna lästes av på vattenmätare i huset.
- Flödet ut ur anläggningarna lästes av genom att en liten pumpbrunn med vattenmätare monterades under markbäddens utloppsror, se figur 2. Alternativt monterades denna pump med vattenmätare i befintlig fosforfälla eller utloppsbrunn.
- I samband med varje installation kontrollerades pump, vattenmätare och röranslutningar för läckage.
- Provs togs ut ur slamavskiljare och vid utloppet vid recipient, se figur 2.

För varje anläggning redovisas i bilaga schemat för avläsningar av vattenmätare och när prover tagits. Per anläggning har fyra avläsningar av vattenmätare gjorts och vid sex tillfällen har prov tagits på tot-P och klorid. Då det i sammanhanget är en liten kostnad så har för säkerhets skull duplikatprov även tagits vid alla tillfällen, d.v.s. totalt har 12 prover tagits per anläggning.

För avläsning av vattenmätare och provtagning har samma antagande om uppehållstid som i fallet vid provtagningen på Orust antagits (Hedin, 2022). Bedömningen är att det tar cirka ett dygn för vattnet från hushållet att passera slamavskiljaren och cirka fyra dygn för vattnet att passera bädden. Hela cykeln för provtagning tar därmed 7 dygn att genomföra.



Figur 2. Exempel på provuppställning för horisontell markbädd.

Av praktiska skäl men även för att säkerställa att inte bara en part gjort alla avläsningar och tagit alla prover beslöt Brännmossen att följande upplägg skulle tillämpas:

- Certifierad miljöprovtagare hos extern part, Ramböll, har efter instruktion av Brännmossen ansvarat för provtagningen på en av anläggningarna (Fastlund, 2023). Brännmossen deltog när de två sista proven togs ut.
- Fastighetsägarna har efter instruktion från Brännmossen tagit proverna på övriga anläggningar. Som kontroll tog certifierad miljöprovtagare från Brännmossen de två sista proven på två av dessa anläggningar. Certifierad miljöprovtagare från FANN har också som kontroll tagit de två sista proverna på tre anläggningar.
- Samtliga prov har frysts in direkt och efter avslutad provtagning har de lämnats frysta vid ett och samma tillfälle till inlämningsställe hos SGS Analytics Sweden som genomfört analysen.

Ovanstående framgår även av tabell 3 och 4.

Tabell 3. Sammanställning av avläsning av vattenmätare.

Fastighet	Avläsning nummer		
	1	2,3	4
Djuvarp 1:21	BM	FÄ	BM
Dal 1:3	Ramböll	Ramböll	Ramböll
Hemshyttan 8:4	BM	FÄ	BM
Mosjö-Råby 1:18	BM	FÄ	FANN
Lossby 3:3	BM	FÄ	FANN
Vara-Västerbitterna 1:8	BM	FÄ	FANN

Tabell 4. Sammanställning av provtagning.

Fastighet	Prov nummer					
	1	2	3	4	5	6
Djuvarp 1:21	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	BM
Dal 1:3	Ramböll	Ramböll	Ramböll	Ramböll	Ramböll	Ramböll
Hemshyttan 8:4	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	BM
Mosjö-Råby 1:18	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FANN
Lossby 3:3	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FANN
Vara-Västerbitterna 1:8	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FÄ	FANN

För mer detaljerad information om hur provtagningen genomförts hänvisas till Hedin (2022).

Samma metod som för anläggningen på Orust har tillämpats för analys av flöden samt beräkning av reduktion av tot-P (Hedin, 2022). Beräkningsgången i första steget är som följer:

- Utifrån avläsning av vattenmätare bestäms flöden in och ut ur anläggningen.
- Utifrån tagna prover bestäms halter av tot-P och klorid ut ur slamavskiljare och ut ur markbädd.
- Baserat på antagandet om 15 % reduktion av tot-P i slamavskiljaren bestäms halten tot-P ut från hushållet (SMED, 2015).

Vi antar att reduktionen av klorid i markbädden är så liten att den är försumbar. Den är vanligen 1-3 % och antas i detta fall vara 0 %. Vi antar vidare att kloridhalten i grundvattnet är 20 mg/l. Den är vanligen i intervallet 15-30 mg/l. Följande två samband kan då antas gälla:

$$Q_{in} * C_{in} + Q_{drän} * C_{drän} = Q_{perk} * C_{in} + Q_{ut} * C_{ut} \quad (1)$$

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

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.

När man känner flödet in och ut ur anläggningen samt flödet på dränvatten till bädden kan flödet som perkolerar enkelt bestämmas. Reduktionen av tot-P kan därefter bestämmas genom att man räknar på reduktionen för den del som perkolerar och för den del som passerar markbädden och sedan adderar dessa bidrag. För delen som perkolerar antas följande vad gäller reduktion av tot-P:

- Reduktionen av tot-P måste vara på samma nivå som för infiltrationer.
- Det vatten som perkolerar i markbäddar med in-drän moduler är mycket "renare" när det når befintliga jordlager, jämfört fallet för konventionella infiltrationer och markbäddar. Perkolationen i bäddar med in-drän kan vara 10 - 100 gånger högre än i konventionella bäddar (Nilsson P. 2024).
- Därmed kommer ett flöde att perkolera i de finkorniga jordarter som är aktuella vid horisontella markbäddar. Det är känt att finkorniga och uniformt uppbyggda jordar har större kapacitet att reducera fosfor än grövre jordar med heterogen uppbyggnad (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2009). Därmed blir också, allt annat lika, reduktionen av fosfor högre vid perkolation i finkorniga jordarter jämfört med fallet vid konventionella infiltrationer.
- Baserat på Havs- och vattenmyndighetens vägledning för provning av små avlopp (Havs- och vattenmyndigheten, 2024) antar vi därför att väntevärdet för reduktionen av tot-P för den del som perkolerar är 80 %.

För delen av flödet som passerar markbädden används den uppmätta halten av tot-P vid utloppet för att beräkna reduktionen över markbädden. Notera att det är viktigt att ta hänsyn till ev. spädning av vattnet ut från markbädden annars riskerar man överskatta reduktionen.

2.1.Djuvarp 1:21, Jönköpings kommun

Anläggningen besiktigades av Brännmossen den 6 september 2022. Anläggningen hade varit i drift i 12 år. Vid besiktningen belastades den av 2 personer men huvuddelen av tiden i drift har det varit 4 personer i hushållet.

Hushållspillvattnet leds cirka 30 m till en tygodkänd slamavskiljare i betong som okulärt bedömdes vara utan anmärkning. Vattnet leds därefter vidare cirka 10 m till en horisontell markbädd av typen H2, se figur 3. En avskärande dränering skall enligt fastighetsägaren finnas uppströms bädden. Inspektion med rörkamera i samband med besiktningen visade på att det delvis stod vatten/slam i spridarröret varför fastighetsägaren rekommenderades att spola spridarröret. Från bäddens dräneringsrör leddes vattnet bort cirka 30 m till utsläppspunkten i ett befintligt dike. Ett litet flöde ut ur röret kunde observeras. Vid besiktningen noterades att anläggningen var dimensionerad för 5 personekvivalenter (pe).

Den 25 oktober 2022 installerade Brännmossen brunn för provtagning, se figur 4, och en veckas provtagning inleddes. Sista prov togs den 3 november. Tyvärr hade det regnat dryga 70 mm veckan före den 25 oktober, varav cirka 30 mm dygnet före. Resultatet blev att flödet in i anläggningen var 71 l/p,d medan flödet ut var 640 l/p,d, se bilaga 2. Det myckna regnandet ledde därmed till att resultaten från provtagningen inte är tillförlitliga. Det beslöts därför att inte ta med denna anläggning i studien.



Figur 4. *Djuvarp 1:21, 25 oktober 2022. Pumpbrunnen monterades där utloppet mynnade i befintligt dike.*

2.2. Dal 1:3, Södertälje kommun

Anläggningen besiktigades den 26 september 2022. Anläggningen hade varit i drift 7 år. Tillståndet beviljades för 14 år sedan men bygget dröjde. Avloppet belastas av 2 personer vintertid och cirka 3 personer under sommarhalvåret.

Hushållspillvattnet leds cirka 30 m till en slamavskiljare i polyeten på 2m³ som okulärt bedömdes vara utan anmärkning. Slamavskiljaren uppfyller kraven i SS-EN 12566-1. Inkommande ledning mellan hus och slamavskiljare besiktigades med rökamera. Cirka halva sträckan utgjordes av gamla betongrör varför korrigerig för visst inläckage innan slamavskiljaren behöver göras. Vattnet leds därefter vidare cirka 10 m till en horisontell markbädd av typen H2. Från bäddens dräneringsrör leds vattnet bort cirka 15 m till befintlig fosforfälla. Säcken i fällan vara inte bytt under de 7 år anläggningen varit i drift. Från utloppet leds vattnet en kortare sträcka till en utloppsbrunn med möjlighet för provtagning. Ett litet flöde in i utloppsbrunnen kunde observeras. Vid besiktningen noterades att anläggningen var dimensionerad för 5 pe.

Om man lyfter ur säcken ur fosforfällan kan FANN's brunn nyttjas för provtagning då vattnet kommer att pumpas förbi fosforfällan utan kontakt med väggar eller annat, se figur 5.

Den 7 november 2022 inleddes provtagningen. Under provperioden belastades avloppet av två personer. Prov ut ur slamavskiljaren togs i T – stycket. Prov vid utloppet togs i utloppsbrunnen.

Proven avslutades den 14 november. Provtagningen genomfördes av tredje part (Fastlund, 2023). Fältingenjören från Ramböll är certifierad miljöprovtagare. Efter avslutad provtagning monterades en ny kalksäck i fosforfällan.

Data från provtagning samt beräkning av reduktion av fosfor redovisas i bilaga 3. Flödet in i anläggningen bestämdes till 112 l/p,d. Flödet ut bestämdes till 156 l/p,d. Inkommande halt klorid var 76,8 mg/l och ut 70,8 mg/l. Då viss korrigerig för inläckage i gamla betongrör behöver göras antas att inkommande kloridhalt är 100 mg/l (Naturvårdsverket, 1998). Det antagande leder till att inkommande belastning av tot-P kan bestämmas till 2,0 g/p,d, helt i linje med bilaga 1 i HVMFS 2016:17 (Havs- och vattenmyndigheten, 2016). Vi kan sedan räkna ut att bädden tillförs 114 l dränvatten per dygn och att 92 l/d perkolerar mot grundvattnet.

Reduktionen av fosfor genom anläggningen kan därefter bestämmas till 46 %.



Figur 5. Dal 1:3, 7 november 2022. Pumpbrunnen vid utloppet monterades i befintlig fosforfälla.

2.3. Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun

Anläggningen besiktigades den 3 oktober 2022. Anläggningen hade varit i drift 17 år och belastades av 2 personer.

Hushållsspillvattnet leds cirka 30 m till en typgodkänd slamavskiljare i polyeten på 2m³ som okulärt bedömdes vara utan anmärkning. Vattnet leds därefter vidare cirka 5 m till en horisontell markbädd av typen H2. Inspektion med rörkamera i samband med besiktningen visade på att det delvis stod vatten/slam i spridarröret varför fastighetsägaren rekommenderades att spola spridarröret. Bäddens dräneringsrör var utan anmärkning. Från dräneringsröret leddes vattnet bort cirka 30 m till utsläppspunkten i ett befintligt dike. Ett litet flöde ut ur markröret kunde observeras. Vid besiktningen noterades att anläggningen var dimensionerad för 5 pe.

Den 28 november 2022 installerades pumpbrunnen, se figur 6, och en veckas provtagning inleddes. Under provperioden belastades avloppet av två personer. Prov ut ur slamavskiljaren togs i T - stycket. Prov vid utloppet togs genom 110 – röret i locket på brunnen, se figur 6. Proven avslutades den 5 december.

Data från provtagning samt beräkning av reduktion av fosfor redovisas i bilaga 4. P.g.a. ett missförstånd har flödet ut ur anläggningen bestämts utifrån avläsningar över två dygn, inte tre, vilket ökar osäkerheten något. Flödet in i anläggningen bestämdes till 150 l/p,d. Flödet ut bestämdes till 312 l/p,d. Inkommande halt klorid var 54,5 mg/l och ut 20,5 mg/l. Räkna man ut flödet för den del som passerar markbädden och når utloppet, se bilaga 4, blir det 9 l/d. Samtidigt är uppmätt halt tot-P ut 2,8 mg/l. När man sedan tar hänsyn till spädningen av dränvatten blir utgående halt tot-P helt orimlig. Den är i storleksordningen 20 gånger högre än inkommande halt. Mycket stora mängder regn innan provtagning kan påverka resultatet. I det här fallet hade det inte regnat några större mängder dagarna innan provtagningen.

Den troliga förklaringen till att vi inte kan fastställa reduktionen av tot-P genom markbädden är att vi har ett inflöde i ledningen mellan bädden och utloppet. Längden på den ledningen gjorde att den tyvärr inte kunde undersökas i sin helhet med rörkameran. I och med inläckaget nedströms bädden får vi en obekant för mycket för att kunna lösa ut flödena genom bädden.

Genom att anta möjliga kombinationer på flödet av dränvatten och vad som perkolerar kan vi beräkna möjliga inläckage i ledningen efter bädden, se bilaga 5. I det ena ytterlighetsfallet har vi antagit att inget dränvatten läcker in och att inget vatten perkolerar. I det andra fallet har vi antagit en så hög andel dränvatten och perkolation som möjligt under förutsättning att utgående halt av tot-P är mindre än inkommande halt. För de två ytterlighetsfallen i bilaga 5 har sedan reduktionen av tot-P beräknats i bilaga 6.

Att fall 1 i bilaga 5 skulle inträffa är inte sannolikt, d.v.s. att vi inte har någon perkolation alls. Fall 2 är heller inte sannolikt då så stora flöden av dränvatten kräver jordarter som medger ett högt vattenflöde (m^3/s) och då borde ju hela inflödet från hushållet perkolera. I och med att man valt att bygga en markbädd är ett lågt flöde på dränvatten mer sannolikt än ett högt flöde. På säkra sidan antas därför reduktionen av tot-P som medelvärdet av fall 1 och 2. Reduktionen av tot-P blir då 66 %.



Figur 6. Hemshyttan 8:4, 5 december 2022. Pumpbrunnen monterades där utloppet mynnade i befintligt dike.

2.4. Mosjö-Råby 1:18, Örebro kommun

Anläggningen besiktigades den 9 september 2022 och hade varit i drift 13 år. Det belastas av 4 personer.

Hushållspillvattnet leds cirka 20 m till en typgodkänd slamavskiljare i polyeten på 2m³ som okulärt bedömdes vara utan anmärkning. Vattnet pumpas därefter till en upplyft horisontell markbädd av typen H2, s.k. mound (Naturvårdsverket, 2003). Bädden ligger i anslutning till pumpbrunnen. Inspektion med rörkamera visade på att bädden var utan anmärkning. Från bäddens dräneringsrör leds vattnet bort cirka 10 m till befintlig fosforfälla. Fällan var av typen FANN FTM 900 med kalkmaterial i form av "lösgrus". Från fosforfällan leds vattnet via en utloppsbrunn cirka 20 m till utloppet i ett dike. Ett litet flöde vid utloppet kunde observeras, se figur 7. Vid besiktningen noterades att anläggningen var dimensionerad för 5 pe.

I samband med att fosforfällan är tömd på grus är det möjligt att installera pump och vattenmätare direkt i fosforfällan.



Figur 7. Mosjö-Råby 1:18, 29 juli 2024. Utlopp vid dike.

I månadsskiftet juli-augusti 2024 togs prov på anläggningen. Den hade då varit i drift i 15 år. En ny besiktning gjordes innan provperioden inleddes. Inga avvikelser noterades vid besiktningen. Vattenmätare monterades inne i huset. I den tomma fosforfällan installerades pump och vattenmätare, se figur 8. Innan försöken påbörjades kontrollerades pH – värdet i fosforfällan, se figur 9. pH värdet var 7,05. Därmed skall inte kvarvarande lösgrus i botten på fällan kunna bidra till en ökad reduktion av fosfor.

Den 29 juli påbörjades provperioden. Under tiden belastades avloppet av fyra personer. Prov ut ur slamavskiljaren togs i T - stycket. Prov vid utloppet togs i brunnen för fosforfällan, se figur 8. Perioden avslutades den 5 augusti.



Figur 8. Mosjö-Råby 1:18, 29 juli 2024. Pump och vattenmätare monterades i befintlig fosforfälla.

Data från provtagning samt beräkning av reduktion av fosfor redovisas i bilaga 7. Flödet in i anläggningen bestämdes till 119 l/p,d. Flödet ut bestämdes till 81 l/p,d. Inkommande halt klorid var 99,0 mg/l och ut 94,5 mg/l. Vi kan sedan räkna ut att bädden tillförs 18 l dränvatten per dygn och att 170 l/d perkolerar mot grundvattnet.

Reduktionen av fosfor genom anläggningen kan därefter bestämmas till 54 %.



Figur 9. Mosjö-Råby 1:18, 29 juli 2024. pH-värde i fosforfälla.

2.5. Lossby 3:3, Göteborgs kommun

Anläggningen besiktigades den 12 juni 2024 och hade varit i drift i 14 år. Avloppet belastas i snitt av 2 personer. Ett filter för rening av järn och mangan är installerat i källaren. Spolvattnet från filtret går på avloppet då ingen annan rimlig lösning var möjlig.

Hushållspillvattnet leds från huset cirka 30 m till en typgodkänd 2 m³ slamavskiljare i betong som okulärt bedömdes vara utan anmärkning. Vattnet leds därefter till en horisontell markbädd av typen H2. Bädden ligger i anslutning till slamavskiljaren och är upphöjd över kringliggande åkermark. Inspektion med rörkamera visade på en liten svacka på spridarröret mitt på bädden. I övrigt var bädden utan anmärkning. Från bäddens dräneringsrör leddes vattnet bort cirka 5 m till en utloppsbrunn. Från utloppsbrunnen leds vattnet till befintligt dike i åkermark. Ett litet flöde kunde noteras i utloppsbrunnen. Vid besiktningen noterades vidare att anläggningen var dimensionerad för 5 pe.



Figur 10. Lossby 3:3, 13 augusti 2024. Vattenlås och pump monterat i befintlig utloppsbrunn.

I augusti 2024 togs prov på anläggningen. Utloppsbrunnen nyttjades som pumpbrunn där pump och vattenmätare installerades, se figur 10. Genom att nyttja rördelar kunde ett enkelt vattenlås byggas i brunnen. Hela flödet in i brunnen kunde då dämmas och pumpas till utloppet. Den 13 augusti påbörjades provperioden. Under tiden belastades avloppet av en person. Prov ut ur slamavskiljaren togs i kammare tre. Prov vid utloppet togs i utloppsbrunnen, se figur 10. Perioden avslutades den 20 augusti. I samband med att försöken avslutades så revs av misstag vattenlåset innan de två sista proverna tagits. De prover som därefter togs blev tyvärr kraftigt förorenade. Dessa prov har därför strukits i analysen vilket ökar osäkerheten något.

Data från provtagning samt beräkning av reduktion av fosfor redovisas i bilaga 8. Flödet in i anläggningen bestämdes till 589 l/p,d. Flödet ut bestämdes till 281 l/p,d. Förklaringen till det höga inkommande flödet kan helt tillskrivas det järn-mangan filter som spolar en gång per dygn. Inkommande halt klorid var 100,0 mg/l och ut 72,8 mg/l. Vi kan sedan räkna ut att bädden tillförs 96 l dränvatten per dygn och att 403 l/d perkolerar mot grundvattnet.

Reduktionen av fosfor genom anläggningen kan därefter bestämmas till 67 %.

2.6 Vara Västerbitterna 1:8, Vara kommun

Anläggningen besiktigades den 12 juni 2024. Anläggningen hade varit i drift 17 år. Den har belastats av 4 personer del av tiden. Nu belastas den av 2 personer.

Hushållspillvattnet leds från huset cirka 30 m till en typgodkänd 3 m³ slamavskiljare i polyeten som okulärt bedömdes vara utan anmärkning. Vattnet leds därefter cirka 15 m till en horisontell markbädd av typen H2. Inspektion med rörkamera visade på att nedre delen av spridarröret behövde spolas. I övrigt var bädden utan anmärkning. Från bäddens dräneringsrör leds vattnet bort cirka 5 m till en utloppsbrunn av betong. Från utloppsbrunnen, dit även dagvatten leds, leds vattnet sedan bort till befintlig åkermark. Ett litet flöde kunde noteras i spillvattenledningen i utloppsbrunnen. Vid besiktningen noterades att anläggningen var dimensionerad för 10 pe.

I augusti 2024 togs prov på anläggningen. Genom att tillverka en pumpbrunn av ett PE – rör i dimension 400, se figur 11, kunde allt inkommande hushållspillvatten pumpas över i utloppsbrunnen, se figur 12. Den 13 augusti påbörjades provperioden. Under tiden belastades avloppet av två personer. Prov ut slamavskiljare togs i T - stycket. Prov vid utloppet togs i pumpbrunnen av PE, se figur 12. Perioden avslutades den 20 augusti.



Figur 11. Vara-Västerbitterna 1:8, 13 augusti 2024. Pumpbrunn av PE i dimension 400.

Data från provtagning samt beräkning av reduktion av fosfor redovisas i bilaga 9. Fastighetsägaren har skattat att 50 l vatten använts för tvätt av fasad och hänsyn till detta har tagits i beräkningen. Flödet in i anläggningen bestämdes till 117 l/p,d. Flödet ut bestämdes till 83 l/p,d. Inkommande halt klorid var 50,0 mg/l och ut 99,7 mg/l. En förklaring till att kloridhalten ökar är lång uppehållstid i bädden vilket leder till växlande perioder av uttorkning och återfuktning i det övre regionerna av bädden. I bilaga 9 hanteras detta genom att inflödet av dränvatten sätts lika med noll, d.v.s. samma antagande som tillämpas i Naturvårdsverket (1998). Vi kan sedan räkna ut att 68 l/d perkolerar mot grundvattnet.

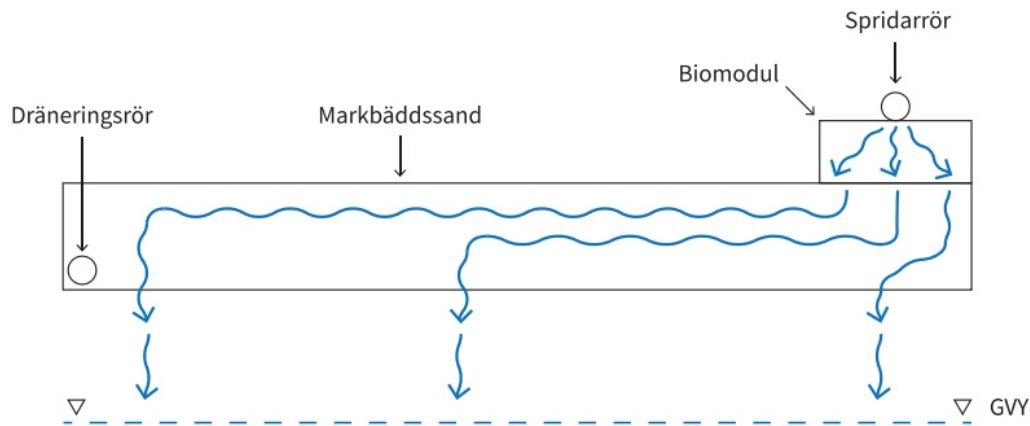
Reduktionen av fosfor genom anläggningen kan därefter bestämmas till 73 %.



Figur 12. Vara-Västerbitterna 1:8, 13 augusti 2024. Utloppsbrunn monterad i befintlig brunn av betong.

3. Diskussion och resultat

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). I en stor mängd fall kommer allt behandlat vatten att perkolera ner mot grundvattnet, se figur 13. Då fungerar markbädden som en infiltration.



Figur 13. Tvärsnitt av en horisontell markbädd. Allt vatten perkolerar mot grundvattnet i detta exempel.

Om man har ett flöde vid utloppet fungerar bädden med mycket stor sannolikhet både som infiltration, d.v.s. det perkolerar ner mot grundvattnet, samtidigt som vatten passerar materialet i bädden och når utloppet. Att prova en markbädd enligt den modell som redovisats i avsnitt 2 är, om det är praktiskt möjligt, både tidskrävande och kostsamt. Det är därmed inte genomförbart för enskilda fastigheter och därför måste en skattning göras på teknisk nivå.

I tabell 4 redovisas utvalda provresultat m.a.p. flöde in från hushållet, belastning av tot-P samt andelen av flödet som perkolerar. För fler resultat hänvisas till bilaga 2 – 9. Dal 1:3 blev byggd 7 år efter att tillståndet utfärdades varför den bädden är yngre än de andra. Antal personer i tabellen avser det antal som belastade avloppet under veckan för provtagningen. Notera att anläggningarna under sin driftstid kan ha haft annan belastning. I snitt för de fyra anläggningarna som är dimensionerade för 5 pe, ger uppgifter från ägarna en belastning för hela driftstiden på 2,7 personer, d.v.s. i linje med statistik från SCB.

Vara Västerbitterna 1:8 som är dimensionerad för 10 pe, belastades av 4 pe under början av driftstiden och nu är belastningen 2 pe. Vi antar att den horisontella ytan för perkolation är direkt proportionell mot det flöde som perkolerar (Laak, 1986). Därmed svarar Vara Västerbitterna 1:8 mot en bädd dimensionerad för 5 pe som belastas med en person, se kommentar i tabell 4.

Flödet in på Lossby 3:3 avviker från det förväntade. Det kan förklaras med spolvolymen från vattenreningsfiltret. Det förklarar också den höga andelen av "rent" vatten som perkolerar. I övrigt är det normala flöden. Belastningen av fosfor (g/p,d) avviker heller inte från det förväntade på någon av anläggningarna (Hedin, 2019).

Andelen av flödet in som perkolerar ligger för dessa fem anläggningar mellan 29 % - 68 %, med ett medelvärde på 40 %. Detta är förväntade resultat. Ytterlighetsfallen är att endera 100 % av flödet perkolerar. Det andra ytterlighetsfallet är ju att vi inte har någon perkolation alls vilket inte är sannolikt så länge bädden inte är avtätad med duk.

Tabell 4. Sammanställning av provresultat.

Markbädd	Ålder*	Antal personer*	Flöde in (l/p,d)	Belastning tot-P (g/p,d)	Andel av flödet in som perkolerar
Dal 1:3	7	2	112	2,0	32%
Hemshyttan 8:4	17	2	150	1,5	33%
Mosjö-Råby 1:18	15	4	119	1,4	36%
Lossby 3:3	14	1	589	2,8	68%
Vara Västerbitterna 1:8	17	1**	117	2,0	29%
Medelvärde				1,9	40%

* vid provtagningstillfället

** faktisk belastning ändrad

I tabell 5 redovisas reduktionen av tot-P. Dels för hela anläggningen inklusive det som perkolerar och dels reduktionen för delflödet som når utloppet. Reduktionen av tot-P för hela anläggningen varierar mellan 46 % - 73 %, med ett medelvärde på 61 %. Notera att för delflödet som når utloppet så är det värden där effekten av spädning av dränvatten eliminerats.

Tabell 5. Reduktion av tot-P.

Markbädd	Reduktion tot-P	
	hela anläggningen	delflöde som når utloppet
Dal 1:3	46%	30%
Hemshyttan 8:4	66%	47%
Mosjö-Råby 1:18	54%	40%
Lossby 3:3	67%	39%
Vara Västerbitterna 1:8	73%	70%
Medelvärde	61%	45%

För att bestämma reduktionen på teknisk nivå väljs att utgå från två domslut som behandlar reduktion i horisontella markbäddar från FANN. M4656-19 meddelat 2020-04-06 i Nacka samt M4906-20 meddelat 2021-06-08 i Nacka. Cirka 100 prov från serier tagna på ett femton-tal anläggningar låg till grund för domsluten. När domstolarna bedömde reduktionen av fosfor baserades det på medelvärden av reduktionen för prover tagna på relevanta anläggningar. Samma ansats men baserat på resultatet från inventeringen 2022 (Hedin, 2023) samt innehållet i denna rapport ger följande indata:

- 85 % av inkommande flöde perkolerar med antagen reduktion av tot-P på 80 %.
- 15 % av inkommande flöde passerar genom markbädden med en uppmätt reduktion av tot-P på 61 %.

Ett vägt medelvärde ger därmed en reduktion av tot-P på 77 %.

Horisontella markbäddar är byggda för att maximera perkolationen och därmed öka reduktionen av fosfor (Naturvårdsverket, 2003). En ökande andel perkolation innebär en ökad reduktion av fosfor. Då 85 % av inkommande flöde perkolerar så kan horisontella markbäddar väntas ha en reduktion av fosfor i nivå med den för infiltrationer, vilket resultatet ovan tydligt pekar på.

I samband med projektet på Orust gjordes en statistisk analys som i högre grad baserades på schablonvärden (Thulin, 2021). Analysen byggde på följande antaganden:

- I 70 % av alla fall så perkolerar allt vatten mot grundvattnet (Persson, 2020).
- Den del som perkolerar antas i 95 % av fallen klarar mellan 70 % - 90 % reduktion av tot-P, 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. Reduktionen antas i 95 % av fallen ligga mellan 20 % till 60 %. Väntevärdet sätts till 40 % och 2,5 % antas falla under 20 % reduktion och 2,5 % antas falla över 60 % reduktion.

Medelvärdet för denna analys av reduktionen av tot-P var 76 %.

Följande osäkerheter är värda att notera:

- Flödet av dränvatten in i anläggningen kan komma att påverka flödet i utloppet. Flödet av dränvatten påverkas främst av nederbörd och årstid. Så länge det inte är extremfall så påverkar det inte analysen av reduktionen av tot-P. Men ögonblickbedömningen av huruvida det finns ett flöde i utloppet i samband med besiktningen kan påverkas.
- För analysen av reduktionen av fosfor i själva markbädden vore det önskvärt med fler än de fem anläggningar som ingått i denna studie. Det är en oerhört mödosam process att kvalificera anläggningar som är möjlig att provta. Och utifrån de krav projektet ställt på ålder på anläggningar m.m. och det slumpvisa urval som måste till så går det inte att komma längre med den databas FANN har att utgå ifrån.
- Med fler anläggningar än fem i studien kan det vara så att reduktionen över markbädden skulle få ett annat medelvärde. Det påverkar dock den totala reduktionen över hela anläggningen mindre då det helt dominerande bidraget kommer från de 85 % där hela flödet perkolerar.

En lärdom är att när hela flödet perkolerar för en så stor del anläggningarna så måste ett stort antal fosforfällor vara helt obelastade då inget vatten når dem, se figur 14.



Figur 1. Fosforfälla som efter 12 år inte belastats med avloppsvatten.

En annan lärdom är att det är kostsamt att provta anläggningar enligt modellen i detta projekt. Räkna med cirka 50 000 kr per anläggning.

Precis som för anläggningen på Orust vore det intressant att följa de provtagna anläggningarna över tid. Det är mycket sällsynt med äldre bäddar med vattenmätare, utan störningar och med så representativa värden på belastning och flöden. Det vore mycket intressant att vid t.ex. 25 och 30 års driftstid få följa hur reduktionen av fosfor utvecklas.

4. Slutsatser

En horisontell markbädd av typ H2, uppbyggd med in-drän moduler och bädd med krossmaterial med kornstorlek 2-4, kan genom att en mycket hög andel av inkommande hushållspillvatten perkolerar, i medeltal förväntas uppnå en reduktion av tot-P på över 70 %.

5. Referenser

- Fastlund, M. (2023) FANN markbäddar Hölö, Ramböll.
- Havs- och vattenmyndigheten (2016) Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd (HVMFS 2016:17) om små avloppsanläggningar för hushållsspillvatten. Hämtad: 10 september från [<https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/foreskrifter/register-avlopp/sma-avloppsanordningar-for-hushallsspillvatten-hvmfs-201617.html>]
- Havs- och Vattenmyndigheten (2024) Vägledning för provning och tillsyn för små avlopp. Hämtad 9 september 2024 från [<https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/sma-avloppsanlaggningar/vagledningar-for-provning-och-tillsyn-av-sma-avlopp.html>]
- Hedin J. (2018) Markbaserad rening – en studie av funktion i fält. VATTEN – Journal of Water Management and Research 74: 1-2, 2018.
- Hedin J. (2019) Små avlopp – provtagning i fält. VATTEN – Journal of Water Management and Research 75:4
- Hedin, J. (2022) Reduktion av fosfor i horisontella markbäddar – provtagning och analys. Vatten – Journal of Water Management and Research 78:2
- Hedin, J. (2023) Inventering av horisontella markbäddar med in-drän moduler, Brännmossen AB.
- Laak R. (1986) Wastewater engineering - Design for unsewered areas. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, PA, USA, 1986.
- Länsstyrelsen i Västra Götaland (2009) Markbaserad rening, En förstudie för bedömning av kunskapsläge och utvecklingsbehov. Rapport 2009:77. ISSN: 1403-168X. Hämtad: 9 september 2024 från [[http:// Länsstyrelsen i Västra Götaland \(2009\) Markbaserad rening, En förstudie för bedömning av kunskapsläge och utvecklingsbehov. Rapport 2009:77. ISSN: 1403-168X](http://Länsstyrelsen%20i%20Västra%20Götaland%20(2009)%20Markbaserad%20rening,%20En%20förstudie%20för%20bedömning%20av%20kunskapsläge%20och%20utvecklingsbehov.%20Rapport%202009:77.%20ISSN:%201403-168X)].
- Naturvårdsverket (1998) Markbäddars funktion. Rapport 4895. Naturvårdsverket. ISBN 91-620-4895-3. ISSN 0282-7298.
- Naturvårdsverket (2003) Små Avloppsanläggningar, hushållsspillvatten från högst 5 hushåll. Faktablad 8147, 2003. Hämtad: 21 oktober 2024 från [<https://www.naturvardsverket.se/contentassets/2d348833d8a2442ebc2c9a51bfd01f27/faktablad-8147-sma-avloppsanlaggningar.pdf>]
- Nilsson, P, Bendtsen J. (2007) Fosforreduktion i markbäddar. VA-teknik och Vattenvård. 2007.
- Persson, J. (2020) Gamla markbäddar provtagningsrapport, Ramböll, 2020.
- SMED (2015) Uppdatering av kunskapsläget och statistik för små avloppsanläggningar. Svenska MiljöEmissionsData, SMED rapport 166, 2015. Hämtad: 21 oktober 2024 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, 2024-09-26

Bilagor

1. Inventering bäddar 2024
2. Djuvarp 1:21, Jönköpings kommun
3. Dal 1:3, Södertälje kommun
4. Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun
5. Flöden Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun
6. Simulering Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun
7. Mosjö-Råby 1:18, Örebro kommun
8. Lossby 3:3, Göteborgs kommun
9. Vara Västerbitterna 1:8, Vara kommun

Fastighet	Kommun	Datum besök	År i drift	Iakttagelser
1	Norrtälje	20240603	13	Baga slamavskiljare, pumpas cirka 100 m till gemensam bädd. FÅ uppgav att två hushåll var kopplade till avloppet. Infiltration men kunde i övrigt ej klargöra bäddens uppbyggnad. Tre fördelningsbrunnar och 8 ventilationsrör kunde noteras. Om bädden är FANN är det inte enligt typritning.
2	Haninge	20240603	12	Gammal SA 2000. Markbädden igensatt.
3	Uppsala	20240603		Ingen anmärkning. Infiltrerar.
4	Östhammar	20240603		Ingen anmärkning. Infiltrerar.
5	Uppsala	20240603		Ingen anmärkning. Infiltrerar.
6	Årjäng	Ej besök	12	Infiltration, ej markbädd. Fick information från FÅ att det var en infiltration.
7	Karlstad	20240612	12	Markbädden ligger i grundvatten.
8	Västerås	20240603	15	Gamla SA 2000 med efterföljande pb. Markbädd 30 m från pb. Byggt med två strängar. D.v.s. ej efter typritning. Slam i nedre delen av bägge spridarrören men inga anmärkningar i övrigt på bädden. Utloppet av pvc-rör från markbädd till befintlig brunn i åkerkant. Lite fuktigt i brunnen, d.v.s. går ej att provta.
9	Hagfors	20240612	12	Infiltration, ej markbädd.
10	Falu	Ej besök	5	Ej besökt p.g.a. låg ålder.
11	Kungälv	20240612	13	Äldre trekammarbrunn i betong, troligen 2 m3, faller fosfor varför SA troligtvis för liten, troligtvis konventionell bädd, ev. ett hushåll till kopplat på bädden, allt infiltrerar trots att spridarrören är fulla i slam/vatten
12	Vara	20240612	17	SA 3000, bädd för 10 pe, "jord" i änden på spridarröret, FÅ skall rensa, inga störningar i övrigt med spridarrör behöver kontrolleras när jorden är borta, utlopp i betongbrunn. Går att provta förutsatt att status är o.k. på spridarröret.
13	Mark	20240612	12	Större anläggning B&B, 2 st SA 3000 i serie, konventionell markbädd
14	Göteborg	20240612	14	Äldre trekammarbrunn i betong, FANN markbädd, utloppsbrunn, liten svacka på spridarrör, i övrigt inga anmärkningar. Går att provta.
15	Nyköping	20240610	12	Trekammarbrunn i betong, efterföljande infiltration.
16	Nyköping	20240603	14	Markbädden igensatt.
17	Sundsvall	20240530	14	"Hemmabygge". Avviker kraftfullt från anvisning från H2.
18	Örnsköldsvik	20240530	13	Bädden igensatt. Saknar helt avluftning.
19	Sundsvall	20240530	14	Infiltration, ej markbädd.
20	Sundsvall	20240530	15	Infiltration, ej markbädd.

Djuvarp 1:21, Jönköpings kommun			
Vattenförbrukning			
	vm hus		vm utsläppspunkt
25-okt	2 482		
28-okt	2 909		
31-okt			81 864
03-nov			85 701
Total förbrukning	427		3 837
Antal dygn	3		3
Förbrukning/dygn	142		1279
Antal pe	2		2
Förbr l/p,d	71		640

Schema provtagning markbädd Djuvarp 1:21

Dag	Datum	Läsa av vm* huset	Prov ut SA**	Läsa av vm* utsläppspunkt	Prov brunn efter bädd
1	20221025	10:00			
2	20221026		X		
3	20221027		X		
4	20221028	10:00	X		
5	20221031			10:00	
6	20221101				X
7	20221102				X
8	20221103			10:00	X

* vattenmätare

** slamavskiljare

1. Ta foto på vattenmätare vid avläsningstillfällena
2. Ta duplikatprov vid samtliga tillfällen, d.v.s. två flaskor
3. Frys flaskorna direkt efter provet

Dal 1:3, Södertälje kommun						
Vattenförbrukning						
	vm hus		vm utsläppspunkt			
07-nov	6 948					
10-nov	7 617					
11-nov			87 609			
14-nov			88 544			
Total förbrukning	669		935			
Antal dygn	3		3			
Förbrukning/dygn	223		312			
Antal pe	2		2			
Förbr l/p,d	112		156			
Stickprov						
Ut SA (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20221108	12	12	77	77		
20221109	12	12	78	75		
20221110	11	12	76	78		
Ut bädd	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20221112	8,5	8,6	75	75		
20221113	7,4	7,4	69	68		
20221114	8,4	8,2	69	69		
	Medel ut SA	tot-P	11,8		SMED reduktion tot-P i SA	15%
		Cl	76,8			
	Medel ut bädd	tot-P	8,1			
		Cl	70,8			
	Medel in SA	tot-P	13,9	mg/l		
			1,6	g/p,d		

Bilaga 3

2(3)

Inläckage i gamla betongrör leder till antagandet om Cl ut SA = 100 mg/l				
	Medel in SA	tot-P	18,1	mg/l
			2,0	g/p,d
Värdena ovan används i den fortsatta analysen				

Beräkning inläckage					
Antag reduktionen av Cl i markbädden 0 % samt Cdrän 20 mg/l					
Qin	290	(l/d)			
Cin	100,0	(mg/l)			
Cut	70,8	(mg/l)			
Qut	312	(l/d)			
Qdrän	X	(l/d)			
Cdrän	20	(mg/l)			
Inflöde klorid, Qing	29,0	(g/d)			
Utflöde klorid, Qutg	22,1	(g/d)			
Qdrän	114			$X = (Qutg \cdot 1000 - Qut \cdot Cin) / (Cdrän - Cin)$	
Flöde perkolation					
Flöde in slamavskiljare	290	(l/d)			
Flöde ut bädd	312	(l/d)			
Dränvatten	114	(l/d)			
Flöde in tot	404	(l/d)			
Flöde ut tot	312	(l/d)			
Flöde perkolation	92	(l/d)			
Reduktion tot-P					
Reduktion fosfor					
Mängd fosfor in SA	5259	(mg/d)			
Perkolation					
Flöde perkolation	92	(l/d)			
Andel av flödet in	32%				
Mängd fosfor som infiltrerar	1671	(mg/d)			
Reduktion fosfor infiltration	80%	(antaget värde)			

Bilaga 3**3(3)**

Total reduktion genom perkolation	1336	(mg/d)			
<i>Markbädd</i>					
Flöde markbädd	198	(l/d, flödet in minus perkolation)			
Mängd fosfor som går genom markbädd	3588	(mg/d)			
Uppmätt halt ut markbädd	8,1	(mg/l)			
Spädning dräneringsvatten ut markbädd	36%				
Halt ut markbädd utan spädning	12,7	(mg/l)			
Reduktion fosfor markbädd utan spädning	30%				
Total reduktion genom markbädd	1069	(mg/d)			
Total reduktion					
Perkolation	1336				
Markbädd	1069				
Summa	2405				
Reduktion %	46%				

Schema provtagning markbädd Dal 1:3

Dag	Datum	Läsa av vm* huset	Prov ut SA**	Läsa av vm* utsläppspunkt	Prov brunn efter bädd
1	20211107	10:00			
2	20211108		X		
3	20211109		X		
4	20211110	10:00	X		
5	20211111			10:00	
6	20211112				X
7	20211113				X
8	20211114			10:00	X

* vattenmätare

** slamavskiljare

1. Ta foto på vattenmätare vid avläsningstillfällena
2. Ta duplikatprov vid samtliga tillfällen, d.v.s. två flaskor
3. Frys flaskorna direkt efter provet

Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun						
Vattenförbrukning						
	vm hus		vm utsläppspunkt			
28-nov	4 008					
01-dec	4 907					
03-dec			94 766			
05-dec			96 013			
Total förbrukning	899		1 247			
Antal dygn	3		2		Avläsning vm utsläppspunkt avser två dygn	
Förbrukning/dygn	300		624			
Antal pe	2		2			
Förbr l/p,d	150		312			
Stickprov						
Ut SA (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20221129	9,2	10	56	57		
20221130	6,6	9,3	47	55		
20221201	7,5	9	55	57		
Ut bädd	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20221203	2,3	2,6	18	18		
20221204	2,1	2,6	13	18		
20221205	3,4	4	28	28		
	Medel ut SA	tot-P	8,6		SMED reduktion tot-P i SA	15%
		Cl	54,5			
	Medel ut bädd	tot-P	2,8			
		Cl	20,5			
	Medel in SA	tot-P	10,1	mg/l		
			1,5	g/p,d		

Beräkning inläckage					
<i>Antag reduktionen av Cl i markbädden 0 % samt Cdrän 20 mg/l</i>					
Qin	300	(l/d)			
Cin	54,5	(mg/l)			
Cut	20,5	(mg/l)			
Qut	624	(l/d)			
Qdrän	X	(l/d)			
Cdrän	20	(mg/l)			
Inflöde klorid, Qing	16,3	(g/d)			
Utflöde klorid, Qutg	12,8	(g/d)			
Qdrän	614			$X = (Qutg*1000 - Qut * Cin) / (Cdrän - Cin)$	
Flöde perkolation					
Flöde in slamavskiljare	300	(l/d)			
Flöde ut bädd	624	(l/d)			
Dränvatten	614	(l/d)			
Flöde in tot	914	(l/d)			
Flöde ut tot	624	(l/d)			
Flöde perkolation	291	(l/d)			
Reduktion tot-P					
Reduktion fosfor					
Mängd fosfor in SA	3032	(mg/d)			
<i>Perkolation</i>					
Flöde perkolation	291	(l/d)			
Andel av flödet in	97%				
Mängd fosfor som infiltrerar	2940	(mg/d)			
Reduktion fosfor infiltration	80%	(antaget värde)			
Total reduktion genom perkolation	2352	(mg/d)			
<i>Markbädd</i>					
Flöde markbädd	9	(l/d, flödet in minus perkolation)			
Mängd fosfor som går genom markbädd	91	(mg/d)			
Uppmätt halt ut markbädd	2,8	(mg/l)			
Spädning dräneringsvatten ut markbädd	99%				
Halt ut markbädd utan spädning	195,5	(mg/l)		Orimligt värde	
Reduktion fosfor markbädd utan spädning	-1832%				
Total reduktion genom markbädd	-1675	(mg/d)			

Schema provtagning Hemshyttan 8:4

Dag	Datum	Läsa av vm* huset	Prov ut SA**	Läsa av vm* utsläppspunkt	Prov brunn efter bädd
1	20221128	10:00			
2	20221129		X		
3	20221130		X		
4	20221201	10:00	X		
5	20221202			10:00	
6	20221203				X
7	20221204				X
8	20221205			10:00	X

* vattenmätare

** slamavskiljare

1. Ta foto på vattenmätare vid avläsningstillfällena
2. Ta duplikatprov vid samtliga tillfällen, d.v.s. två flaskor
3. Frys flaskorna direkt efter provet

Flöden Hemsyttan 8:4, Smedjebackens kommun						
<i>(alla flöden l/d)</i>						
Flöde in	Dränvatten	Perkolatation	Inflöde efter bädd	Flöde ut dike	Flöde markbädd	
300	0	0	324	624	300	Fall 1
300	0	100	424	624	200	
300	0	200	524	624	100	
300	100	0	224	624	300	
300	100	100	324	624	200	
300	100	200	424	624	100	
300	200	0	124	624	300	
300	200	100	224	624	200	
300	200	200	324	624	100	
300	300	0	24	624	300	
300	300	100	124	624	200	
300	300	200	224	624	100	
300	400	0	-76	624	300	
300	400	100	24	624	200	
300	400	200	124	624	100	Fall 2

Då vi kan mäta upp tot-P ut dike är möjliga fall de där vi har ett flöde genom markbädden.

Det är inte möjligt med negativa värden på inflödet efter markbädden.

Större flöde dränvatten än 400 l är inte möjligt då utgående halt tot-P blir större än inkommande halt.

Ytterlighetsfallen används för simuleringen i bilaga 6.

Hemshyttan 8:4, Smedjebackens kommun						
Vattenförbrukning						
	vm hus		vm utsläppspunkt			
28-nov	4 008					
01-dec	4 907					
03-dec			94 766			
05-dec			96 013			
Total förbrukning	899		1 247			
Antal dygn	3		2			
Förbrukning/dygn	300		624			
Antal pe	2		2		Avläsning vm utsläppspunkt avser två dygn	
Förbr l/p,d	150		312			
Stickprov						
Ut SA (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20221129	9,2	10	56	57		
20221130	6,6	9,3	47	55		
20221201	7,5	9	55	57		
Ut bädd	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20221203	2,3	2,6	18	18		
20221204	2,1	2,6	13	18		
20221205	3,4	4	28	28		
	Medel ut SA	tot-P	8,6		SMED reduktion tot-P i SA	15%
		Cl	54,5			
	Medel ut bädd	tot-P	2,8			
		Cl	20,5			
	Medel in SA	tot-P	10,1	mg/l		
			1,5	g/p,d		

Beräkning inläckage						
<i>Antag reduktionen av Cl i markbädden 0 % samt Cdrän 20 mg/l</i>						
Qin	300	(l/d)				
Cin	54,5	(mg/l)				
Cut	20,5	(mg/l)				
Qut	624	(l/d)				
Qdrän	X	(l/d)				
Cdrän	20	(mg/l)				
Inflöde klorid, Qing	16,3	(g/d)				
Utflöde klorid, Qutg	12,8	(g/d)				
Qdrän	614		$X = (Qutg * 1000 - Qut * Cin) / (Cdrän - Cin)$			
	Fall 1		Fall 2			
Flöde perkolation						
Flöde in slamavskiljare	300	(l/d)	300	(l/d)		
Flöde ut bädd	624	(l/d)	624	(l/d)		
Dränvatten	0	(l/d)	400	(l/d)		
Inflöde utloppsrör	324		124			
Flöde in tot	300	(l/d)	700	(l/d)		
Flöde ut tot	300	(l/d)	500	(l/d)		
Flöde perkolation	0	(l/d)	200	(l/d)		
Reduktion tot-P						
Reduktion fosfor						
Mängd fosfor in SA	3032	(mg/d)	3032	(mg/d)		
Perkolation						
Flöde perkolation	0	(l/d)	200	(l/d)		
Andel av flödet in	0%		67%		<i>Medelvärde</i>	33%
Mängd fosfor som infiltrerar	0	(mg/d)	2020	(mg/d)		
Reduktion fosfor infiltration	80%	(antaget värde)	80%	(antaget värde)		
Total reduktion genom perkolation	0	(mg/d)	1616	(mg/d)		

Bilaga 4

3(3)

<i>Markbädd</i>						
		(l/d, flödet in minus perkolation)	100	(l/d, flödet in minus perkolation)		
Flöde markbädd	300					
Mängd fosfor som går genom markbädd	3035	(mg/d)	1012	(mg/d)		
Uppmätt halt ut markbädd	2,8	(mg/l)	2,8	(mg/l)		
Spädning dräneringsvatten ut markbädd	0%		64%			
Halt ut markbädd utan spädning	2,8	(mg/l)	7,9	(mg/l)		
Reduktion fosfor markbädd utan spädning	72%		22%		<i>Medelvärde</i>	47%
Total reduktion genom markbädd	2185	(mg/d)	222	(mg/d)		
Total reduktion						
Perkolation	0		1616			
Markbädd	2185		222			
Summa	2185		1839			
Reduktion %	72%		61%		<i>Medelvärde</i>	66%

Mosjö-Råby 1:18, Örebro kommun						
Vattenförbrukning						
	vm hus		vm utsläppspunkt			
29-jul	1 927					
01-aug	3 354					
02-aug			12 344			
05-aug			13 315			
Total förbrukning	1 427		972			
Antal dygn	3		3			
Förbrukning/dygn	476		324			
Antal pe	4		4			
Förbr l/p,d	119		81			
Stickprov						
Ut SA (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20240730	9,7	9,8	95	98		
20240731	9,2	9,2	95	96		
20240801	10	10	110	100		
Ut bädd	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20240803	7,3	7,1	97	95		
20240804	7	6,8	97	96		
20240805	5,4	5,2	96	86		
	Medel ut SA	tot-P	9,7		SMED reduktion tot-P i SA	15%
		Cl	99,0			
	Medel ut bädd	tot-P	6,5			
		Cl	94,5			
	Medel in SA	tot-P	11,4	mg/l		
			1,4	g/p,d		

Beräkning inläckage			
<i>Antag reduktionen av Cl i markbädden 0 % samt Cdrän 20 mg/l</i>			
Qin	476	(l/d)	
Cin	99,0	(mg/l)	
Cut	94,5	(mg/l)	
Qut	324	(l/d)	
Qdrän	x	(l/d)	
Cdrän	20	(mg/l)	
Inflöde klorid, Qing	47,1	(g/d)	
Utflöde klorid, Qutg	30,6	(g/d)	
Qdrän	18		$X = (Qutg \cdot 1000 - Qut \cdot Cin) / (Cdrän - Cin)$
Flöde perkolation			
Flöde in slamavskiljare	476	(l/d)	
Flöde ut bädd	324	(l/d)	
Dränvatten	18	(l/d)	
Flöde in tot	494	(l/d)	
Flöde ut tot	324	(l/d)	
Flöde perkolation	170	(l/d)	
Reduktion tot-P			
Reduktion fosfor			
Mängd fosfor in SA	5401	(mg/d)	
<i>Perkolation</i>			
Flöde perkolation	170	(l/d)	
Andel av flödet in	36%		
Mängd fosfor som infiltrerar	1933	(mg/d)	
Reduktion fosfor infiltration	80%	(antaget värde)	
Total reduktion genom perkolation	1546	(mg/d)	

<i>Markbädd</i>			
Flöde markbädd	305	(l/d, flödet in minus perkolation)	
Mängd fosfor som går genom markbädd	3468	(mg/d)	
Uppmätt halt ut markbädd	6,5	(mg/l)	
Spädning dräneringsvatten ut markbädd	6%		
Halt ut markbädd utan spädning	6,9	(mg/l)	
Reduktion fosfor markbädd utan spädning	40%		
Total reduktion genom markbädd	1373	(mg/d)	
Total reduktion			
Perkolation	1546		
Markbädd	1373		
Summa	2919		
Reduktion %	54%		

Schema provtagning Mosjö-Råby 1:18

Dag	Datum	Läsa av vm* huset	Prov ut SA**	Läsa av vm* utsläppspunkt	Prov brunn efter bädd
1	20240729	10:00			
2	20240730		X		
3	20240731		X		
4	20240801	10:00	X		
5	20240802			10:00	
6	20240803				X
7	20240804				X
8	20240805			10:00	X

* vattenmätare

** slamavskiljare

1. Ta foto på vattenmätare vid avläsningstillfällena
2. Ta duplikatprov vid samtliga tillfällen, d.v.s. två flaskor
3. Frys flaskorna direkt efter provet

Lossby 3:3, Göteborgs kommun						
Vattenförbrukning						
	vm hus		vm utsläppspunkt			
13-aug	24 370					
16-aug	26 136					
17-aug			14 177			
20-aug			15 021			
Total förbrukning	1 766		844			
Antal dygn	3		3			
Förbrukning/dygn	589		281			Filtret spolar en gång/dygn (FÄ, 20240906 telefon)
Antal pe	1		1			
Förbr l/p,d	589		281			
Stickprov						
Ut SA (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20240814	4	4,3	100	100		
20240815	4	4,3	100	100		
20240816	3,9	3,8	100	100		
Ut bädd	tot-P 1	tot-P 2	Cl-1	Cl-2		
20240818	2	1,9	70	71		
20240819	1,9	1,9	75	75		
20240820	18	25	83	82		(Prover tagits ut felaktigt av provtagaren. Förorenade. Stryks ur analysen.)
						SMED reduktion tot-P i SA
	Medel ut SA	tot-P	4,1			15%
		Cl	100,0			
	Medel ut bädd	tot-P	1,9			
		Cl	72,8			
	Medel in SA	tot-P	4,8	mg/l		
			2,8	g/p,d		

Beräkning inläckage			
<i>Antag reduktionen av Cl i markbädden 0 % samt Cdrän 20 mg/l</i>			
Qin	589	(l/d)	
Cin	100,0	(mg/l)	
Cut	72,8	(mg/l)	
Qut	281	(l/d)	
Qdrän	X	(l/d)	
Cdrän	20	(mg/l)	
Inflöde klorid, Q _{ing}	58,9	(g/d)	
Utflöde klorid, Q _{utg}	20,5	(g/d)	
Qdrän	96		$X = (Q_{utg} * 1000 - Q_{ut} * C_{in}) / (C_{drän} - C_{in})$
Flöde perkolation			
Flöde in slamavskiljare	589	(l/d)	
Flöde ut bädd	281	(l/d)	
Dränvatten	96	(l/d)	
Flöde in tot	684	(l/d)	
Flöde ut tot	281	(l/d)	
Flöde perkolation	403	(l/d)	
Reduktion tot-P			
Reduktion fosfor			
Mängd fosfor in SA	2805	(mg/d)	
<i>Perkolation</i>			
Flöde perkolation	403	(l/d)	
Andel av flödet in	68%		
Mängd fosfor som infiltrerar	1921	(mg/d)	
Reduktion fosfor infiltration	80%	(antaget värde)	
Total reduktion genom perkolation	1537	(mg/d)	

<i>Markbädd</i>			
Flöde markbädd	186	(l/d, flödet in minus perkolation)	
Mängd fosfor som går genom markbädd	884	(mg/d)	
Uppmätt halt ut markbädd	1,9	(mg/l)	
Spädning dräneringsvatten ut markbädd	34%		
Halt ut markbädd utan spädning	2,9	(mg/l)	
Reduktion fosfor markbädd utan spädning	39%		
Total reduktion genom markbädd	342	(mg/d)	
Total reduktion			
Perkolationsvatten	1537		
Markbädd	342		
Summa	1879		
Reduktion %	67%		

Schema provtagning Lossby 3:3

Dag	Datum	Läsa av vm* huset	Prov ut SA**	Läsa av vm* utsläppspunkt	Prov brunn efter bädd
1	20240813	10:00			
2	20240814		X		
3	20240815		X		
4	20240816	10:00	X		
5	20240817			10:00	
6	20240818				X
7	20240819				X
8	20240820			10:00	X

* vattenmätare

** slamavskiljare

1. Ta foto på vattenmätare vid avläsningstillfällena
2. Ta duplikatprov vid samtliga tillfällen, d.v.s. två flaskor
3. Frys flaskorna direkt efter provet

Vara Västerbitterna 1:8, Vara kommun					
Vattenförbrukning					
	vm hus		vm utsläppspunkt		
13-aug	9 385				
16-aug	10 135				
17-aug			568		
20-aug			1 063		
Total förbrukning*	700		495		<i>*korrigerig in enligt FÄ med 50 l för nyttjande av högtryckstvätt vid fasadvätt.</i>
Antal dygn	3		3		
Förbrukning/dygn	233		165		
Antal pe	2		2		
Förbr l/p,d	117		83		
Stickprov					
Ut SA (mg/l)	tot-P 1	tot-P 2	CI-1	CI-2	
20240814	15	15	52	48	
20240815	14	14	50	52	
20240816	14	15	49	49	
Ut bädd	tot-P 1	tot-P 2	CI-1	CI-2	
20240818	6,9	7,5	100	100	
20240819	3,8	3,5	99	99	
20240820	4,7	4,7	100	100	
	Medel ut SA	tot-P	14,5		SMED reduktion tot-P i SA
		CI	50,0		
	Medel ut bädd	tot-P	5,2		
		CI	99,7		<i>CI ut bädd > CI ut SA. Tyder på lång uppehållstid i bädden. Vi räknar därmed inte med att något dränvatten når bädden.</i>
	Medel in SA	tot-P	17,1	mg/l	
			2,0	g/p,d	

Beräkning inläckage			
<i>Antag reduktionen av Cl i markbädden 0 % samt Cdrän 20 mg/l</i>			
Qin	233	(l/d)	
Cin	50,0	(mg/l)	
Cut	99,7	(mg/l)	
Qut	165	(l/d)	
Qdrän	X	(l/d)	
Cdrän	20	(mg/l)	
Inflöde klorid, Q _{ing}	11,7	(g/d)	
Utflöde klorid, Q _{utg}	16,4	(g/d)	
Qdrän	0		$X = (Q_{utg} \cdot 1000 - Q_{ut} \cdot C_{in}) / (C_{drän} - C_{in})$
Flöde perkolation			
Flöde in slamavskiljare	233	(l/d)	
Flöde ut bädd	165	(l/d)	
Dränvatten	0	(l/d)	
Flöde in tot	233	(l/d)	
Flöde ut tot	165	(l/d)	
Flöde perkolation	68	(l/d)	
Reduktion tot-P			
Reduktion fosfor			
Mängd fosfor in SA	3980	(mg/d)	
<i>Perkolation</i>			
Flöde perkolation	68	(l/d)	
Andel av flödet in	29%		
Mängd fosfor som infiltrerar	1166	(mg/d)	
Reduktion fosfor infiltration	80%	(antaget värde)	
Total reduktion genom perkolation	933	(mg/d)	
<i>Markbädd</i>			
Flöde markbädd	165	(l/d, flödet in minus perkolation)	
Mängd fosfor som går genom markbädd	2815	(mg/d)	
Uppmätt halt ut markbädd	5,2	(mg/l)	
Spädning dräneringsvatten ut markbädd	0%		
Halt ut markbädd utan spädning	5,2	(mg/l)	

Reduktion fosfor markbädd utan spädning	70%		
Total reduktion genom markbädd	1959	(mg/d)	
Total reduktion			
Perkolation	933		
Markbädd	1959		
Summa	2892		
Reduktion %	73%		

Schema provtagning Vara Västerbitterna 1:8

Dag	Datum	Läsa av vm* huset	Prov ut SA**	Läsa av vm* utsläppspunkt	Prov brunn efter bädd
1	20240813	10:00			
2	20240814		X		
3	20240815		X		
4	20240816	10:00	X		
5	20240817			10:00	
6	20240818				X
7	20240819				X
8	20240820			10:00	X

* vattenmätare

** slamavskiljare

1. Ta foto på vattenmätare vid avläsningstillfällena
2. Ta duplikatprov vid samtliga tillfällen, d.v.s. två flaskor
3. Frys flaskorna direkt efter provet