

Bräddning från ledningsnät

Vägledning för att kontrollera,
rapportera och bedöma
miljöbelastning på recipient

Åsa Bengtsson Sjörs



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Rörsnät & Klimat
Avlopp & Miljö
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg (m), ordförande	Göteborgs Stad
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Henrik Aspegren	VA SYD
Per Ericsson	Norrsvatten
Tove Göthner	Sveriges Kommuner och Landsting
Per Johansson (s)	Gävle kommun
Stefan Johansson	Skellefteå kommun
Henrik Kant	Göteborg Vatten
Lisa Osterman	Örebro kommun
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Bräddning från ledningsnät – vägledning för att kontrollera, rapportera och bedöma miljöbelastning på recipient
Title of the report:	Guidance to control Combined Sewage Overflow (CSO)
Författare:	Åsa Bengtsson Sjörs, WSP
Rapportnummer:	2014-01
Antal sidor:	64
Sammandrag:	Rapporten ger en vägledning för en bättre och effektivare kontroll på bräddning från avloppsledningsnät. Syftet är att i slutändan uppfylla mål för att minska övergödning och hälsorisker som orsakas av bräddning.
Abstract:	This report gives a strategy to engage in a effort to achieve better and effective CSO controls that ultimately meet appropriate health and environmental objectives.
Sökord:	Bräddning, avloppsledningsnät, mätmetoder, hydraulisk beräkning, hydraulisk modellering, föroreningsmängd, utspädningseffekt, recipient, övergödning, hälsorisk, bräddstatistik, åtgärdsarbete
Keywords:	Combined Sewage Overflow (CSO), sewage, monitoring, flow gauge, hydraulic modelling, hydraulic parameters, first flush, microbial risk, eutrophication, surface water, measures
Målgrupper:	VA-huvudmän, VA-ingenjörer, Miljöhandläggare, konsulter, vattenvårdsförbund
Omslagsbild:	Åsa Bengtsson Sjörs, Pär Nilsen, WSP
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2014
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	12-117
Projektets namn:	Förstudie till projekt om bräddningars påverkan på miljö och hygieniska risker
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling och WSP

Förord

Bakgrunden till denna rapport är en förstudie i syfte att utveckla en metodik för att, på nationell nivå, utreda bräddningar från ledningsnät och dess påverkan på miljö och hygieniska risker. Förstudien arbetades fram under januari–juni 2013 på uppdrag av Svenskt Vatten. Arbetsgruppen var Åsa Bengtsson Sjörs, Sofia Billvik, Lena Thyberg, Daniel Larson, Anders Rydberg och Anne Thorén (samtliga från WSP). För att besvara alla frågeställningar som hade formulerats i samband med förstudien krävs ett omfattande arbete i så gott som alla Sveriges kommuner med att förbättra tillgänglig data och öka kontrollen på bräddning från ledningsnät.

En trovärdig bedömning av bräddars påverkan kräver kvalitetssäkrad data i form av bräddvolym från ledningsnät, något som till stor del saknas idag. Av den anledningen omformades uppdraget med förstudien och ersattes med denna rapport. Syftet är att ta fram hjälpmedel och verktyg som kan användas i samband med bräddmätningar, modellberäkningar och framtagande av bräddstatistik. Genom att lyfta frågan är förhoppningen att handläggare eller VA-ingenjörer inom kommuner och VA-bolag samt konsulter runt om i Sverige kan påbörja de krafttag som krävs.

Denna rapport har till största del utförts av Åsa Bengtsson Sjörs med hjälp av Steve Berggreen-Clausen. Metodik för bedömning av recipientpåverkan framarbetades i samband med förstudien av Lena Thyberg och Daniel Larson.

Stort tack till Hans Bäckman (Svenskt Vatten), Ulf Lundblad (Sweco Environment) och Claes Hernebring (DHI Sverige AB) som har granskat rapporten och bidragit med mycket värdefulla synpunkter. Tack även till alla som medverkat med kunskap och erfarenheter avseende ert arbete med bräddning från ledningsnät. En namnlista återfinns i referenslistan. Speciellt tack till Norrköping Vatten och Gästrike Vatten som delgett värdefullt underlag till rapporten.

Åsa Bengtsson Sjörs

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	6
Summary.....	7
1 Introduktion	8
1.1 Allmänt.....	8
1.2 Svenska föreskrifter om bräddningar.....	9
1.3 Syfte.....	9
1.4 Avgränsning	10
2 Vägledning för bättre kontroll på bräddning.....	11
3 Mätning av bräddar	12
3.1 Inledning	12
3.2 Indikerande mätmetoder eller tid- och frekvensregistrerade bräddar	12
3.3 Mätning av vattennivå vid bräddpunkten	14
3.4 Mätning av flöde i bräddledningen.....	15
4 Teoretisk beräkning av bräddning.....	16
4.1 Enklare överslagsberäkningar	16
4.2 Hydrauliska modeller.....	16
4.3 Metodik vid modellberäkning	17
5 Bestämning av föroreningsmängder	21
5.1 Inledning	21
5.2 Upplagring och utspolning.....	21
5.3 Enkla utspädningsberäkningar	22
5.4 Avancerade beräkningar	23
6 Bräddningars koppling till övergödning	25
6.1 Inledning	25
6.2 Förslag till metodik.....	25
7 Bräddningars koppling till hälsorisker.....	29
7.1 Inledning	29
7.2 Förslag till metodik.....	29

8	Bräddstatistik kopplat till nederbörd	32
8.1	Inledning	32
8.2	Underlag	32
8.3	Redovisning i tabell	34
8.4	Redovisning i diagram och GIS-karta	34
9	Prioritering av bräddpunkter och åtgärdsarbete	38
9.1	Exempel till metodik för prioritering.....	38
9.2	Åtgärdsarbete	39
9.3	Exempel på metodik för åtgärdsprioritering.....	41
10	Referenser.....	44
	Bilaga 1 – Sammanställning av mätutrustning för bräddning.....	48
	Bilaga 2 – Hydrauliska beräkningsmetoder	50
	Bilaga 3 – Utökad belastningsberäkning, exempel Gavleån	53
	Bilaga 4 – Exempel på redovisning av bräddstatistik.....	56

Sammanfattning

Bräddning från avloppsledningsnät¹ leder till utsläpp av övergödande ämnen och smittämnen. Flera myndigheter har därför uppmärksammat bräddning ur ett miljö- och hälsoskyddsperspektiv. Det finns idag stora brister i dokumentation om bräddningars omfattning och frekvens, liksom i kommunernas kontroll och redovisning av dessa utsläpp.

Att få bättre kontroll på bräddning från ledningsnät krävs en inventering av bräddutlopp och därefter bör man genomföra mätningar i prioriterade bräddpunkter och ev. modellberäkning för huvudavloppsledningsnätet. Denna rapport kan ses som en verktygslåda i samband med mätningar, modellberäkningar och bestämning av föroreningsmängder från bräddning. Ett förväntat mervärde av en bättre kontroll på bräddning är att lättare kunna bedöma behovet av åtgärder. Att reducera bräddning måste avvägas mot andra angelägna åtgärdsinriktningar.

Schablonmässiga metoder för att räkna om bräddfrekvens/bräddtid till bräddflöden och volymer är alltför osäkra och det finns tyvärr ingen ”Quick fix” av bristfälligt mätunderlag. Kvaliteten på indata är en stötesten, och man bör genomföra kvalificerade nivå- eller flödesmätningar i prioriterade bräddpunkter. Förståelsen av svårigheten att erhålla data med hög kvalitet är viktig i detta sammanhang.

För att värdera påverkan i vattensystemet dit bräddningen sker är en förutsättning att få kontroll på bräddvattenvolymer. Utgångspunkten är den enskilda bräddpunkten och dess recipient. Bidraget från bräddpunkter med avseende på övergödning är av intresse i kommunernas arbete med lokala åtgärdsprogram för att kunna följa miljökvalitetsnormer för vatten (MKN). För att förenkla detta arbete är det fördelaktigt att hantera brädddata och nederbördsregistrering med en geografisk koppling, exempelvis i VA-verksamhetens kartsystem.

Hälsorelaterade risker, som bräddning från avloppsledningsnätet kan orsaka, är nedskräpning och bakteriell påverkan på badplatser samt förorenning av vattentäkter. En förutsättning att kunna bedöma risker är att ta fram ett trovärdigt influensområde (bedömd transporttid) för bakteriernas spridning.

Det finns svårigheter med att presentera bräddstatistik på kommunal nivå trots att dataunderlaget är tillfredställande. Det kan vara svårt att utvärdera verksamhetsmål i minskad bräddning från ledningsnät eftersom nederbördsmönster varierar. För att påvisa att åtgärder har gett effekt kan man välja ut en eller några prioriterade bräddpunkter och göra en noggrann utvärdering (mätning) kopplat till nederbördsdata. Modellberäkning är också ett bra sätt att påvisa eventuella förbättringar i systemen.

¹ Bräddning från ledningsnät definieras enligt *Bräddning*: utsläpp av orenat avloppsvatten beroende av hydraulisk överbelastning i ledningsnätet eller pumpstationen. *Nödbräddning*: utsläpp av avloppsvatten beroende på driftstörning, ombyggnation eller underhållsarbete i ledningsnät/pumpstation. I denna rapport används ordet ”bräddning” som inkluderar båda dessa typer.

Summary

The Combined Sewage Overflows² (CSOs) are contributing to eutrophication and may cause health-related risks. Municipalities may be required to mitigate the impact of CSO and need to invest further to meet the standards in the EU directives (EC's Water Framework Directive and Bathing Waters Directive).

In order to evaluate the extent of human health and environmental impacts from CSOs it is required to quantify the discharge volumes. To evaluate the technologies used by municipalities to control overflows is a comprehensive task. This report suggests a strategy to engage in a coordinated effort to achieve better and effective CSO controls that ultimately meet appropriate health and environmental objectives.

Collecting data must be adapted to the current state of knowledge. By working together within and outside the organization it is likely to achieve a better result. To make it possible to mitigate the environmental impact of CSO it is necessary to install monitoring equipment at prioritized sites. The CSO discharge should not be standardized transformed from registered data when spill starts and stops.

At a municipal or regional level an ambition may be to assess the contribution of CSOs with respect to eutrophication in receiving waters. This can be done by using the Swedish national databases ('Vattenweb'), where other sources of phosphorous and nitrogen has been estimated. It is beneficial to build up an operational GIS-system to manage monitoring data and precipitation registration with a geographic connection.

Health-related risks that CSO can cause are littering and bacterial influence on bathing and contamination of water supplies. To study the transport routes of the bacteria in the receiving water is essential to assess the risk.

An expected value of control the CSO is that the municipalities will have a better basis for assessing the need and characterize resources spent to address these impacts.

There are difficulties in presenting CSO-statistics, even though the collected data is satisfactory. The discussion will probably not get very far if you just blinded by the statistic. It can be difficult to evaluate the operational policy to reduced CSO because the yearly precipitation patterns differ. In order to make an appropriate decision of suitable measure it is recommended to assess the environmental benefits of different options.

² Combined Sewer Overflow (CSO) is the term used for an overflow pipe which is legally allowed to operate during wet weather. Discharges can also occur unexpectedly from CSOs if there are blockages in the sewer system or if there is a major mechanical breakdown, in a pumping station for example.

1 Introduktion

1.1 Allmänt

Bräddning från avloppsledningsnät leder till utsläpp av övergödande ämnen och smittämnen. Flera myndigheter har därför uppmärksammat bräddning ur ett miljö- och hälsoskyddsperspektiv. I bl.a. åtgärdsprogram för vattenområden och uppföljning av regionala miljömål pekas bräddning från ledningsnät ut som en risk. Det finns idag stora brister i dokumentation om bräddningars omfattning och frekvens, liksom i kommunernas kontroll och redovisning av dessa utsläpp.

Vattenmyndigheterna har som en del i vattenförvaltningsarbetet utfört en statusklassning samt beslutat om miljö kvalitetsnormer (MKN) för vattenförekomsterna i landet. I statusklassningen ingår övergödningssproblem som en parameter, något som påverkas av tillförsel av fosfor och kväve. Ungefär hälften av landets ytvattenförekomster uppnår idag inte miljö kvalitetsnormernas kvalitetskrav (VISS, 2013). För dessa vattenförekomster krävs åtgärdsprogram för att identifiera och åtgärda orsakerna till att MKN inte följs. Bräddning från ledningsnät och pumpstationer är en bidragande orsak till utsläpp av kväve och fosfor till ytvatten och kan därmed vara en av orsakerna till att kvalitetskraven inte uppnås.

En del bräddrecipienter³ används även som dricksvattentäkter. Bräddvattnets innehåll av ohälsosamma föroreningar och mikroorganismer kan innebära hälsorisker. Hälsospekten för bräddningars påverkan är en mycket viktig fråga när ytvatten används som dricksvatten och om bräddpunkten ligger nära en badplats. Miljökraven har skärpts genom att EU har infört ett Badvattendirektiv (2006/7/EG) som syftar till att förbättra badvattenkvaliteten på offentliga badplatser. I direktivet ingår både mikrobiologiska, kemiska och fysiska kontrollparametrar.

Idag saknas ett rikstäckande underlag om hur mycket avloppsvatten som bräddar från de kommunala avloppsledningarna och vilka de miljömässiga och hälsorelaterade riskerna är med bräddning. Samtidigt innebär klimatförändringarna en risk för att mer avloppsvatten kommer att bräddas p.g.a. mer nederbörd och intensivare regn. Behovet av en ökad kunskap inom området är därför stor.

Fullständig kunskap om bräddning dock är svår att uppnå, ett visst mörkertal kommer förekomma. Det finns två typer av mörkertal. *Typ 1*: Okända bräddpunkter (som vi troligen aldrig kommer att få 100 % kontroll på). *Typ 2*: Den bräddvolym som inte är registrerad som bräddning vid kända bräddpunkter samt felregistrerade bräddvolymen till följd av mättekniska brister (vipa på fel nivå i sumpen, etc.).

För att kunna jobba med bräddrapportering förutsätts att verksamhetsutövaren har dokumenterat kända bräddpunkter och vet var de är lokaliserade. Mörkertalet Typ 1 kan minska om fältundersökningar utförs men kommer även fortsättningsvis att förekomma.

³ Vattenförekomst dit avloppsledningsnätet bräddar.

1.2 Svenska föreskrifter om bräddningar

För bräddningar vid avloppsledningsverk varierar registreringskravet med antalet anslutna personekvivalenter (pe). För anläggningar som är dimensionerade för mindre än 500 pe ställs inga krav på registrering av bräddningar vare sig på avloppsreningsverket (ARV) eller på avloppsledningsnätet. För ARV mellan 501 och 2 000 pe krävs en kontinuerlig mätning av bräddfrekvens och bräddvolym. För ARV av storleken 2 000 till 20 000 pe krävs bestämning av bräddfrekvens respektive bräddad volym per dygn och en tidsproportionerlig provtagning där ett delprov tas var tionde minut under pågående bräddning. För anslutning större än 20 000 pe krävs flödesproportionell provtagning med kontinuerlig mätning och registrering av flöde (Naturvårdsverket 1990).

För bräddning från ledningsnät finns inga specificerade krav för registrering eller provtagning av bräddning. I de allmänna råden anges att kontrollen av bräddning kan ske genom mätning eller beräkning och erfordras endast för ledningsnät med mer än 500 pe anslutna (föreskriften SNFS 1990:14).

För att reda ut begrepp och förenkla i syfte att underlätta dialogen mellan tillsynsmyndighet och VA-huvudman har man tidigare föreslagit enhetliga beaktelsesätt (Hernebring, 2000). Enligt föreskriften SNFS 1990:14 ska följande redovisas för bräddningar på avloppsledningsnät hörande till avloppsreningsverk med anslutning större än 500 pe

- antal bräddningar som skett under året,
- plats eller platser för bräddning(arna),
- bräddad volym, redovisat som kubikmeter per år.

Ingen bedömning av kvaliteten på redovisad data krävs.

Naturvårdsverket har i samarbete med Svenskt Vatten under senare år utrett ett förslag om ett system för handel med kvävecertifikat – CEASAR. Systemet som föreslås ska omfatta alla tillståndspliktiga avloppsreningsverk i de tre södra vattendistrikten för Östersjön (Svenskt Vatten, 2013). Det är inte klarlagt om detta även berör bräddning från ledningsnät, vilket då skulle kunna vara ett incitament för att öka kontrollen på bräddflöden genom mätning eller beräkning

1.3 Syfte

Syftet med denna rapport är att få bättre kunskap att kunna bedöma och kvantifiera problemet med bräddning från ledningsnät. Förhoppningen är att denna rapport ska motivera verksamhetsutövaren att bli duktigare på att rapportera bräddning från ledningsnät och utföra mätningar med bättre kvalitet i de prioriterade bräddpunkterna.

Syftet med rapporten är också att underlätta kommunikation mellan VA-huvudman och tillsynsmyndighet och vattenmyndighet. Detta genom en metodik för hur man på kommunal eller regional nivå kan bedöma bidraget från bräddpunkter med avseende på övergödning i recipienterna.

I denna rapport berörs även hälsorelaterade risker som bräddning från avloppsledningsnätet kan ge upphov till. Syftet är att med en enkel riskana-

lys identifiera och presentera vilka bräddpunkter som innebär stora hälso-risker.

Ett förväntat mervärde är att verksamhetsutövaren får ett bättre underlag för att bedöma behovet av att förbättra ledningsnätets funktion och att avväga detta mot andra angelägna åtgärdsinriktningar. Den metodik för åtgärdsprioritering som visas i denna rapport kan exempelvis användas som underlag i en VA-plan, avloppsplan eller liknande.

1.4 Avgränsning

Studien omfattar bräddning från ledningsnät och pumpstationer men inte från reningsverk. Både nödbräddning och bräddning till följd av hydraulisk överbelastning ingår. Det är mycket viktigt att dessa två typer av bräddning särskiljs i statistiken för att en åtgärdsbedömning ska kunna utföras. När det gäller recipientaspekten kan det vara lämpligt att även väga in bräddning från reningsverk i syfte att möjliggöra en bedömning av den totala problematiken när det gäller bräddning av avloppsvatten.

En bräddpunkts påverkan på recipienten avgränsas till den närmast belägna ytvattenförekomsten eftersom det är den som är mest relevant för att bedöma behovet av åtgärder. Som mått på övergödning av vattenförekomster används Vattenmyndighetens påverkansbedömning. Därmed inkluderas både de vattenförekomster som inte uppnår, och de som riskerar att inte uppnå, de övergödningsrelaterade kvalitetskrav som ingår i miljö-kvalitetsnormen god ekologisk status.

Denna rapport baseras på data som för närvarande (år 2013) finns tillgängliga i nationella databaser bl.a. Vattenmyndigheternas VISS och SMHI:s Vattenwebb (VISS, 2013, Vattenwebb, 2013). De befintliga databaserna kommer sannolikt att utvecklas under de kommande åren.

Ekonomiska aspekter tas inte upp i denna studie.

2 Vägledning för bättre kontroll på bräddning

För att kunna bedöma påverkan från bräddningar från ledningsnät måste kunskap om bräddvattenvolymer uppnås. Beräkningar av övergödning och hälsorelaterade risker ger annars en alltför skev bild av verkligheten. Ett förslag till strategi för att åstadkomma en bättre kontroll på bräddning är att arbeta enligt nedanstående punkter.

- 1) Samtliga bräddar och nödavlopp bör inventeras och dokumenteras på ett grundligt och begripligt sätt. Det behövs principritningar, dimensioner, inmätta nivåer samt foton.

En inventering av idag okända bräddpunkter samt inmätning av nivåer och utformning av kända bräddpunkter är av stor betydelse för den noggrannhet och kvalitet som kan uppnås för brädddata. Under fältarbetet är det inte ovanligt att upptäcka brister i anläggningen som orsakar stora läckage. Ett hål i ett skibord, där spillvatten konstant kan sippra ut med ett flöde på ex. 0,5 l/s, orsakar en bräddvolym (som inte registreras) motsvarande nästan 16 000 m³/år.

En del i fältundersökningen för att komma tillrätta med bräddningar är även att hitta källorna till tillskottsvatten. Det finns rapporter som beskriver detta utförligt (Lundblad, 2012). I denna studie utvecklas inte detta steg närmare.

- 2) Satsa på en väl uppbyggd och kalibrerad datormodell som ger möjlighet till beräkning av hydraulisk bräddning med tillräcklig noggrannhet. En förutsättning är tillgång på högupplöst regndata och även utföra mätinsatser för att kalibrera modellen.
- 3) Om man saknar en kalibrerad datormodell och om det inte finns någon avsikt att upprätta en sådan föreslås följande:
 - a. Genomför en översiktlig utredning för att få koll på vilka bräddar som är verksamma. Exempelvis kan enkla nivåmätare sättas ut på olika platser i ledningsnätet under en viss period för att på så sätt ”scanna av” brister och kritiska punkter.
 - b. Genomför en kvalificerad utredning under ca 1–2 år för att klargöra bräddfrekvens, bräddtid, vattennivå över bräddavloppet, omräknade bräddvolymer, risk för bakvattentransport samt vid vilken typ av nederbörd (eller snösmältning) som bräddning sker. En prioritering av bräddpunkterna kan behöva göras före detta steg.
 - c. Med underlag från utredningsresultatet från ovanstående punkter (3a och 3b) tas beslut om framtida övervakning av bräddavloppen. Rutin för regelbunden tillsyn av bräddavloppen upprättas.
- 4) Bygga upp VA-verksamhetens VA-databas/GIS-system med att hantera brädddata och nederbördsregistrering med en geografisk koppling. Syftet är att kunna göra analyser av hälsorisker och miljöpåverkan.

En del i processen är naturligtvis att identifiera personer i organisationen som bör delta i arbetet. Det kan även finnas positiva effekter av att samarbeta (exempelvis med punkt 4 ovan) även utanför sin egen organisation.

3 Mätning av bräddar

3.1 Inledning

För att kunna bedöma påverkan på recipient och hygieniska risker bör man beakta bräddvolymen. En förutsättning för detta är att utföra mätningar. När syftet med en bräddmätning eller flödesmätning klarlagts kan man avgöra om det är viktigt med hög mätnoggrannhet. Det är viktigt att förstå felkällornas betydelse och orsaker. Det resulterar i bättre ekonomiskt utnyttjande av de satsade/spenderade resurserna.

Mätnoggrannheten är viktig i de situationer då man vill spåra förändringar, exempelvis effekter av en ledningsrenovering. Grova mätmetoder kan accepteras om huvudsakliga syftet är att konstatera om bräddning sker eller inte. Ambitionen bör vara som högst vid de bräddpunkter som utgör största andelen av totala bräddflödet samt om brädden ligger vid en känslig recipient.

Tidigare studier har visat att en mätning med ekolod, utan en kalibrering av mätpunkten, kan uppgå som mest till $\pm 50\%$ beroende av fyllnadshöjd, trots att ledningen är perfekt lagd (Bäckman, 1983). Avvikelser i storleksordningen 10% får anses ingå i den normala felmarginalen för flödesmätningar i avloppsledningsnät (Granlund et al. 2000). Dagens mätutrustning mäter en vattennivå med någon procents felmarginal, men efter omvandling från nivå till beräknat bräddflöde blir totala mätfelet för flödet betydligt större. Funktionen på mätutrustningen behöver kontrolleras kontinuerligt. En tryckgivare behöver exempelvis omkalibreras då mätvärdena börjar ”drifta”.

Mätning av flöden från bräddpunkter som ligger i anslutning till pumpstationer har en fördel genom att det finns tillgång till el i pumpstationen samt oftast en koppling till övervakningssystemet. Batteritiden är annars en egenskap på mätutrustningen som bör beaktas.

Vid risk för uppdämt bräddutlopp (bakvatteninträngning) måste man ta hänsyn till detta vid vald mätmetod och vid tolkning av resultatet. En rapport som ingående beskriver kontrollmetoder för bräddavlopp har getts ut av VA-FORSK (Forsberg, 1994).

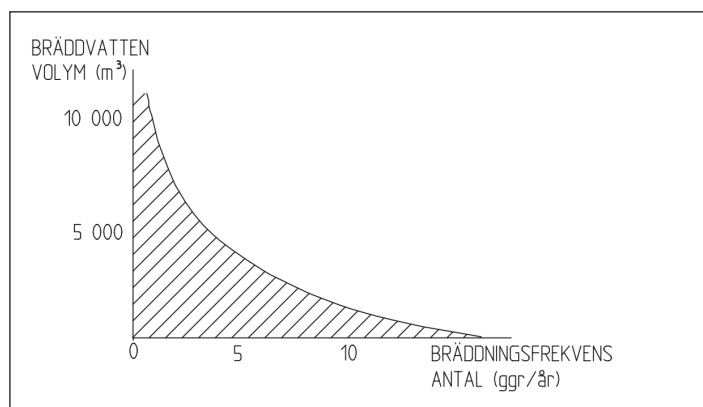
Leverantörer av olika typer av mätutrustning har kontaktats i samband med denna studie, för att få en ungefärlig bild av tillgänglig mätteknik, vilket har summerats i bilaga 1.

3.2 Indikerande mätmetoder eller tid- och frekvensregistrerade bräddar

Antalet bräddtillfällen och total tid som bräddning sker är intressant att redovisa ur perspektivet att om en bräddpunkt bräddar mycket ofta kan det påverka en recipient mer än om det exempelvis bräddar vid några enstaka tillfällen, och då i samband med extrema regn. När det bräddar stora volymer är oftast bräddvattnet mycket utspädd, det vill säga föroreningshalten i bräddvattnet är mycket liten.

Många verksamhetsutövare har schablonmässiga metoder för att räkna om bräddtider, baserat på tidsregistrerade bräddtillfällen (givare som är kopplad till räkneverk för tid och frekvens) till bräddvolym. Tillförlitligheten för denna metodik är bristfällig. En schablonmässig omräkning från bräddtid till bräddvolym är inget som rekommenderas såvida ingen ytterligare analys av uppmätta regndata, nivå- eller flödesmätning genomförs under bräddtillfället.

Volymer bräddvatten kan variera kraftigt mellan bräddtillfällen, vilket illustreras i Figur 3-1. Ett fåtal bräddtillfällen kan stå för en mycket stor bräddvolym medan andra bräddtillfällen ger en mycket liten bräddmängd trots att bräddtiden är lång (exempelvis om vattennivån under en längre tid skvalpar strax över bräddnivå).



Figur 3-1 Bräddad vattenvolym som funktion av bräddfrekvens (figuren är modifierad från Bäckman 1993)

För att få förståelse för detta är det lämpligt att mäta bräddflödet i bräddledningen med en flödesmätare under en period och jämföra med registrerad bräddtid. Detta har bland annat utförts i en studie i Norrköping (Peterson, 2013). I Tabell 3-1 visas resultatet, vilket illustrerar att schablonmetoder är osäkra. Metoden testades endast på en bräddpunkt.

Tabell 3-1 Bräddmätning jämfört med beräknade bräddvolym baserat på total bräddtid för respektive månad (Peterson, 2013). Exemplet illustrerar att schablonmetoder är osäkra.

	Registrering av bräddtid (totalt i minuter)	Bräddvolym enligt flödesmätare (m ³)	Beräknad bräddvolym baserat på normalflöde 2012 (m ³) ^a	Skillnad mellan uppmätt och beräknat (%)
Augusti	61	78	87	12 %
September	23	72	33	-54 %
Oktober	989	760	1 411	86 %

^a Metoden som användes i detta fall var: Bräddad volym = bräddtid · normalflöde · 20 %. Tre olika metoder för att ta fram normalflödet testades och visade sig variera kraftigt (skillnaden var som mest 80 %). Metoderna för bestämning av normalflöde var: 1) pumpat medeldygnsfloede under 90 torra dygn, 2) debiterad dricksvattenförbrukning, 3) beräknad tillrinning till PST baserat på nivåmätning i pumpsumpen.

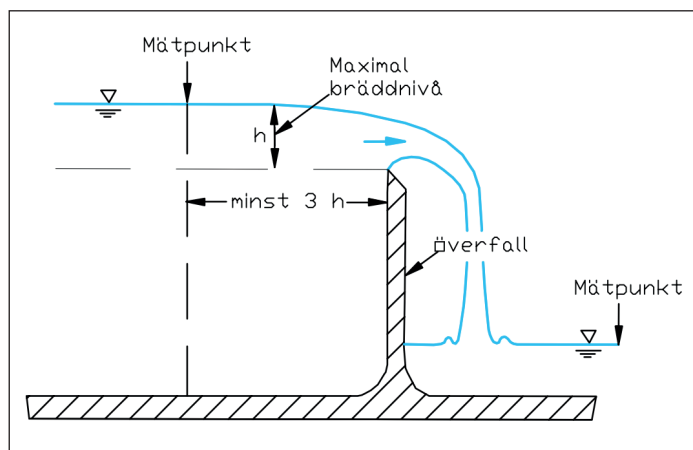
Slutsatsen är att felmarginalen blir alltför stor genom att utföra schablonmässiga beräkningar för att omvandla bräddtid till bräddvolym. Istället bör man redovisa tillförlitliga data, d.v.s. bräddfrekvens och bräddtid. Annars förmedlas en falsk sanning vad gäller bräddvolym. Undantaget är om man

vid enstaka bräddtillfällen analyserar bräddtiden utifrån registrerad nederbörd och har lokal kännedom om bräddens funktion.

3.3 Mätning av vattennivå vid bräddpunkten

En lämplig metod för att erhålla bräddflöden är att mäta vattennivån vid bräddpunkten och utifrån detta beräkna flödet över bräddkanten med hjälp av vedertagen hydraulisk teori. Nivåmätaren kan anslutas till registrerande dataloggar eller till det kommunala övervakningssystemet. Modernare typ av utrustning kan sända larm vid förutbestämd vattennivånivå (då brädning startar).

Beräkningen sker med olika metoder beroende på vilken indata som finns tillgänglig. Om bräddledningen⁴ står dämnd vid bräddtillfället påverkar det bräddflödet i stor grad. Om nivåmätning utförs så är det viktigt att den utförs även på recipientsidan i anslutning till brädd/nöдавloppet för att klarlägga om bakvatten förekommer in i spillvattensystemet. Detta åskådliggörs i Figur 3-2.



Figur 3-2 Lämplig placering av mätpunkter vid bräddöverfall. Bilden är modifierad från original (Hogland, 1986)

Vid mätning av bräddnivå för ett skarpkantat överfall bör mätpunkten placeras uppströms överfallet, ungefär 3–4 gånger den förväntade maximala bräddnivån. Detta eftersom kontraktionen av vattenstrålen ska påverka mätningen (Hogland et al, 1986).

Underlag för teoretiska beräkningarna är bräddpunktens hydrauliska utformning (överfallshöjd och bräddens form). Ett alternativ till att använda teoretiska formler är att mäta upp sambandet mellan vattennivå och bräddflöde. Exempel på tillämpning beskrivs i bilaga 2.

Brädd-/nöдавlopp i eller i nära anslutning till avloppspumpstationer kan övervakas via nivåregistrering i pumpsumpen. Det går att använda befintliga givare och loggrar som är kopplade till övervakningssystemet och komplettera med en applikation som räknar om nivåer till bräddflöden. Parametrar som används till denna omräkning tas fram genom ett teoretiskt

⁴ Ledningen nedströms brädden, som leder bräddvattnet vidare.

eller uppmätt samband mellan nivå och flöde för respektive bräddpunkt. Genom denna applikation erhålls uppgift på bräddningar (tid, frekvens, flöde och volym) via övervakningssystemet. Beroende på övervakningssystemets uppbyggnad är det lätt/svårt att få kommunikationen med installerad mätutrustning att fungera.

I vissa fall ligger bräddpunkten ett avstånd uppströms i ledningsnätet. I dessa fall kan man inte alltid basera en bräddberäkning på vattennivån i sumpen i pumpstationen. Trycklinjen på vattenytan är inte plan, vid höga flöden kan det skilja många centimetrar.

Även en beräkning av bräddflöde baserad på registrerad vattennivå vid bräddöverfallet är förenat med en felmarginal. Ett vanligt förekommande fel är vid långsgående bräddavlopp där vattennivån normalt varierar längs bräddkanten. En enkel felkalkyl för ett 2 meter långt bräddavlopp ger med 1 cm felaktig nivåmätning ett mätfel på flödet på ca +/- 25 %. Därtill tillkommer övrig felmarginal på några procent (Forsberg, 1994).

3.4 Mätning av flöde i bräddledningen

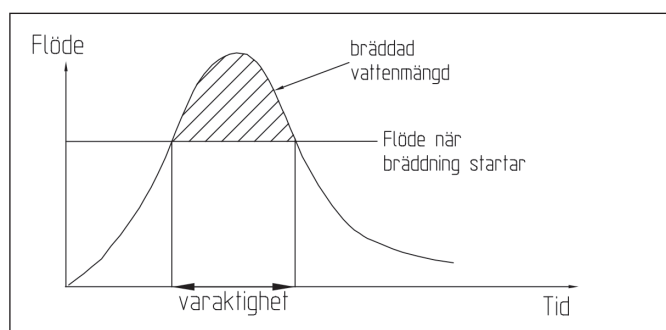
Den mest avancerade utrustningen är permanenta flödesmätare i utgående brädd-/nödavloppsledning. Vattenflöden kan registreras i både positiv och negativ riktning. De flesta på marknaden förekommande V/H mätarna kan göra detta, även induktiva genomströmningsmätare (Lundblad, 2012).

Av ekonomiska skäl är det dock svårt att tänka sig generella krav på en sådan lösning. En rimligare utgångspunkt är registrering av enklare mätvariabler och komplettering med en teoretisk beräkning (Andreasson et. al, 1992).

4 Teoretisk beräkning av bräddning

4.1 Enklare överslagsberäkningar

Genom en analys av registrerade nederbördshändelser och egenskaper på avrinningsområdet, rinntider mm kan bräddvattenvolymer beräknas med enkla metoder som Volymavrinningsmetoden, Regnenveloppmetoden, Rationella metoden, Teorin för linjär reservoar mm (Hogland et al, 1986). Ingen av dessa metoder tar hänsyn till områdets och ledningsnätets avrinningsutjämnande effekt, vilket ger överskattade bräddvolymer. I Figur 4-1 visas en schematisk bild av teoretiskt beräknade bräddvolymer. Tid-Area-metoden, som tar hänsyn till varierande rinntider inom området, områdets form samt olika avrinningskoefficienter är arbetskrävande och det är bättre att använda en datormodell för att genomföra dessa beräkningar.



Figur 4-1 Illustration av teoretiskt beräknade bräddvolymer

En metodikmanual för bedömning av mängden tillskottsvatten har tidigare tagits fram (Gustafsson, 1996) där nyckeltal för avloppsledningsnätet redovisas. Det går att dela upp ledningsnätet uppströms varje bräddpunkt och jämföra nyckeltal mellan områdena för att avgöra vad den främsta orsaken till bräddning är och vilka åtgärder som är lämpliga. Detta är en tidskrävande arbetsinsats men ger en god förståelse för ledningsnätets funktion.

4.2 Hydrauliska modeller

En modellberäkning är en lämplig övergripande analysmetod som ger en god förståelse för hur olika delar av ledningsnätet påverkar en bräddpunkt. I en modell kan exempelvis optimerad styrning av pumpstationer testas och även andra åtgärder för att minska bräddning eller styra bräddning till en mindre känslig bräddpunkt.

Det är en relativt stor insats att bygga upp och kalibrera en modell, men modellen kommer kunna användas till utredningsarbete under lång tid. Nära samarbete med personal som har hand om mätningar och driftövervakning är en stor fördel.

I modellen beräknas enbart bräddning vid hydraulisk överbelastning. Bräddrapporten måste därför kompletteras med data för nödbräddning utifrån driftdata från övervakningssystemet.

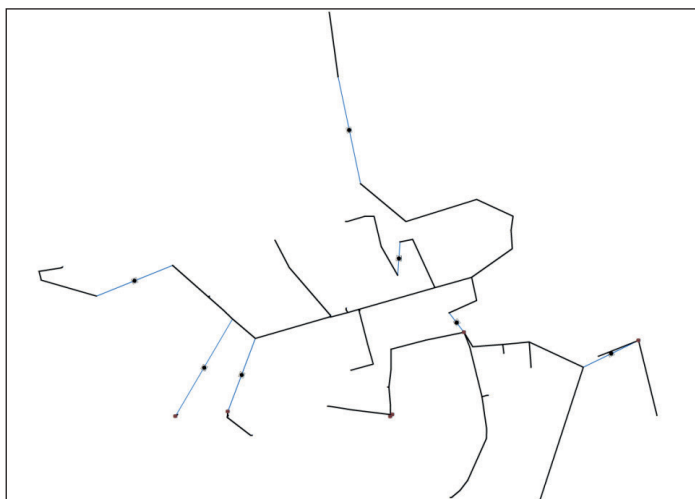
4.3 Metodik vid modellberäkning

4.3.1 Uppbyggnad av modellen

En modell som används till bräddberäkningar och som omfattar en större stad innehåller oftast endast huvudledningsnätet (Meyer, 2008). Om bräddproblematiken utreds i ett mindre område kan den vara mer detaljerad. Ett exempel på en bräddmodell visas i Figur 4-2.

En hydraulisk modell byggs upp i ett antal steg. Arbetet inleds med att ledningsnätets data definieras och en modell innehållande noder (brunnar, magasin etc.), ledningar och avrinningsområden byggs upp. Därefter görs inställningar av randvillkor och beräkningsparametrar och därefter utförs simulering och analys av resultatet. En avrinningssimulering baserad på uppmätta regndata blir indata till nätverkssimuleringen. För att verifiera att de beräknade resultaten stämmer är modellkalibrering mot verkliga flödesdata en viktig del.

Vid varje tillfälle då modellen ska användas bör de förändringar som påverkar huvudavloppsledningsnätet arbetas in. Särskild vikt bör läggas på de förändringar som kan påverka bräddvolymerna.



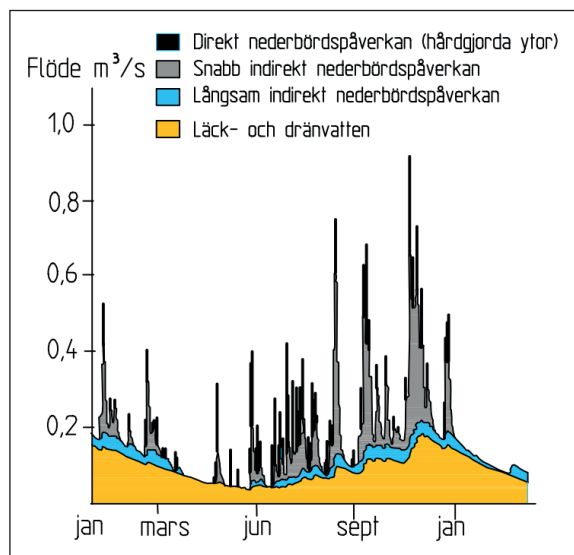
Figur 4-2 Plankarta som visar en bräddmodell från Norrköping (framtagen av WSP).

4.3.2 Kalibrering av modellen

När en kalibrering utförs beskrivs andelen tillskottsvatten som en belastning i modellen utifrån uppmätta flödesdata, hämtade från pumpstationer eller från flödesmätningar i punkter på ledningsnätet. Nedan redovisas tre komponenter av tillskottsvatten (Bäckman, 1993), vilka åskådliggörs grafiskt i Figur 4-3.

- Påverkan från läck- och dräneringsvatten
- Direkt nederbördspåverkan (d.v.s. flödestoppar orsakade av direktanslutna hårdgjorda ytor, t.ex. tak)
- Indirekt nederbördspåverkan (Flödesökning som orsakas av snabbt dräneringsflöde eller överläckning mellan otäta dag- och spillvattenledningar på privat eller allmän anläggning)

Kalibrering utifrån uppmätta flödesdata är en förutsättning för att en modellberäkning av bräddvolymerna ska vara trovärdig. Varje år/gång som modellen används bör nya flödesmätningar och kalibreringar utföras för att öka modellens tillförlitlighet och för att justera för eventuella åtgärder som genomförs på ledningsnätet.



Figur 4-3 Exempel på simulerade flöden uppdelat i olika komponenter av tillskottsvatten som rinner till ett avloppsreningsverk.

I modellen simuleras avrinningen både från hårdgjorda ytor och tillskottet av läck- och dränvatten. Långtidsmätningar ger möjlighet till att beskriva årstidsvariation av inläckage (även kallad MOUSE RDI⁵). I simuleringen av tillskottsvatten tas hänsyn till regn, temperatur och avdunstning.

Vanligtvis kalibreras bräddmodellerna med RDI vid det tillfälle som modellen byggs upp (referenslista modellering). Det är dock alltför kostsamt att revidera/kalibrera RDI-parametrar varje år eftersom det kräver långtidsmätningar med hög upplösning och god kvalitet. Omfattande åtgärder som exempelvis ledningsrenovering och/eller bortkoppling av dräneringsledningar från fastighetsanslutning i ett område bör följas upp med mätning och RDI-parametrar bör då kalibreras om.

Avrinningen från hårdgjorda ytor simuleras med FRC⁶ och med tid-area-metoden ("Model A") med en tid-area kurva som beskriver formen på avrinningskurvan. Dessa avrinningsparametrar bör justeras och uppdateras om åtgärder för att minska tillskottsvatten genomförs. Parametrarna kalibreras mot snabba flödesförlopp i spillvattenledningsnätet utifrån flödesdata och regnmätningar.

4.3.3 Beräkning och validering

Beräkning av modellen bör utföras med högupplöst regn från en eller helst flera regnmätare (exempelvis sk regnvippor med 0,1–0,2 mm upplösning).

⁵ RDI = Rain Dependent Infiltration, en beräkningsmodul i MikeUrban.

⁶ FRC = Fast Response Component, ett namn för snabba flöden i avrinningsberäkningen med RDI i Mike Urban.

Under perioder med minusgrader bör högupplöst data bytas ut mot korri-
gerad nederbördsdata från SMHI (Alexandersson, 2003). Detta kan påverka
resultatet särskilt mycket i de kommuner där snösmältning utgör en bety-
dande bräddorsak. Även temperaturdata behövs vid beräkningen. Under
snösmältningsperioden kan det vara motiverat att ta med flera värden per
dygn för att få med ”dagsmejan”.

Att få fram tillförlitlig regndata kan vara svårt och det är viktigt att detta
arbetsmoment kvalitetssäkras, vilket ibland kan vara tidskrävande. I Figur
4-4 visas en kartbild på Stockholm Vattens regnmätare som används till
modellberäkningar av bräddning. Det blir enklare att utvärdera resultaten
och validera modellberäkningen om det finns tillgång på regndata från
regnmätare med en tillfredsställande geografisk spridning (jmf avsnitt 8.2).



Figur 4-4 Regnmätare som används av Stockholm Vatten vid
modellberäkningar av bräddning från huvudavloppsnätet.

Att validera (verifiera) modellen innebär att testa modellen mot verkliga data och då inte samma data som modellen har kalibrerats mot. Justering mot modellens parametrar ska ej utföras vid en validering. Redovisning av valideringen är svårt att göra överskådlig och objektiv, och kan vara svårt att värdera av en person som inte själv deltagit i modelluppbyggnaden. Om belastningen i avrinningsmodellen är riktigt beskriven bör därmed också de beräknade bräddade volymerna kunna betraktas som rimliga.

Det är lämpligt att så objektivt och kortfattat som möjligt redovisa modellens trovärdighet baserat på allmänna rimlighetsbedömningar, uppfattningar av systemets funktion från personer med god lokalkännedom samt eventuellt kontrollräkningar ”för hand”.

En rekommenderad lägsta nivå på kalibrerings/valideringsdata för bräddning är tid och varaktighet på bräddtillfällen. Ännu bättre är det om det finns kontinuerlig registrering av nivån i bräddbrunnen (Granlund et. al, 2000).

5 Bestämning av föroreningsmängder

5.1 Inledning

Bräddvattnets kvalitet varierar med hur utspätt avloppsvattnet är (utspädningsgrad) samt vilken sorts abonnenter som är anslutna till ledningsnätet. En industri kan ha mycket stor inverkan på kvaliteten. Spillvatteninnehållet har även en dygns- och årsvariation. Bakterier, biokemisk syreförbrukning (BOD_7), suspenderade ämnen (Susp), fosfor (P) och kväve (N) är typiska föroreningar som härleds till spillvatten (Hogland et al, 1989).

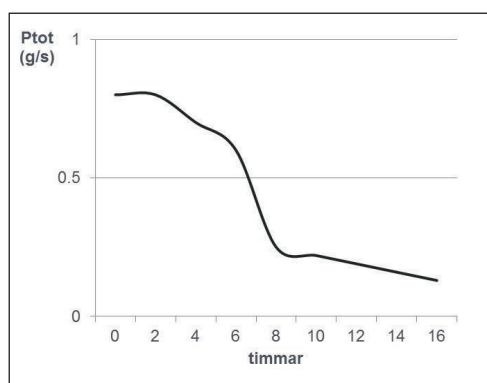
För att bedöma effekterna av bräddutsläpp är det nödvändigt att bestämma vilka föroreningsmängder som bräddvattnet innehåller, vilket förutsätter att bräddvolymen har bestämts. Den enklaste metoden för en överslagsmässig beräkning är att använda ett schablonvärde som baseras på uppmätt halt i inkommande avloppsvatten eller motsvarar uppmätta halter i bräddvatten vid reningsverket. Eftersom schablonvärden baserar sig på medelvärden bör en sådan beräkning av föroreningsbelastning göras över längre perioder för att representativa resultat ska erhållas. För en enskild bräddning är schablonvärdesberäkning som regel en osäker metod. Det är viktigt att särskilja nödbräddning och hydraulisk bräddning.

5.2 Upplagring och utspolning

Bräddvattenkvaliteten beror även av den hydrauliska funktionen på brädden samt hur mycket upplagrat slam det finns i ledningarna när första flödestoppen kommer. Ett kraftigt regn i ett dagvattenpåverkat avloppssystem får samma effekt som att manuellt spola ledningen. Eventuella effekter av detta är starkt beroende på var i ledningsnätet bräddpunkten ligger. I Figur 5-1 visas ett exempel på uppmätt fosforhalt i bräddvatten som varierar kraftigt under bräddtiden.

Föroreningsmängden i ett brant ledningsnät är mindre än i ett flackt eftersom avsättningen av slam och partiklar är mindre under torrväderflöde (Berntsson, 1989). Inläckage under snösmältning får troligen inte samma effekt på upplagrat slam i ledningsnätet som ett kraftigt regn. Det är dock inte bevisat att bräddvatten generellt har lägre föroreningskoncentrationer under snösmältningsperioden.

Undersökningar har visat att upplagringen i ledningsnät kan utgöra mellan 10–70 % av den årliga föroreningsproduktionen från dagvattenpåverkade avloppsledningsnät (Lindholm, 1984). Effekten är mindre på lösta föroreningar jämfört med partikulärt bundna som i större grad avlagras. Det är med andra ord mer påtagligt för P_{tot} jämfört med N_{tot} .



Figur 5-1 Uppmätt föroreningshalt (P_{tot}) i bräddvatten. Bilden är modifierad från Sakrabani et. al, 2009 (uppmätt i Frejlev i Danmark).

5.3 Enkla utspädningsberäkningar

Det går att genomföra teoretiska utspädningsberäkningar genom att ta kvoten mellan teoretiskt medelspillvattenflöde och flödet i det hydrauliska systemet då bräddning startar. Medelspillvattenflöde bör inte förväxlas med torrvädersflöde (även kallat normalflöde eller basflöde) eftersom då inkluderas läck- och dränvatten. Teoretiskt medelspillvattenflöde bör beräknas utifrån debiterad vattenkonsumtion.

Utspädningsberäkningar tar ingen hänsyn till upplagring av föroreningar i ledningsnät, vilket leder till en underskattad föroreningstransport, framförallt av partikulärt bundna föroreningar (Hogland et al. 1986). För lösta komponenter (exempelvis NH_4 eller PO_4) fungerar utspädningsberäkningar ganska bra. Nedan beskrivs en metodik som kan användas för att beräkna föroreningshalten i bräddvatten baserat på enkla utspädningsberäkningar.

Två alternativ för att beräkna föroreningshalten i *nödbräddvatten* (gäller årsmedelvärde) är:

- 100 % av uppmätt föroreningshalt i inkommande avloppsvatten (årsmedelvärde) till reningsverket. Det går att genomföra metoden mer exakt med exempelvis ett dygnsmedelvärde för ett specifikt tillfälle.
- Beräkna en teoretisk föroreningshalt i medelspillvattenflödet utifrån antal anslutna abonnenter och debiterad vattenförbrukning (inkl. industri).

Följande två alternativ kan tillämpas vid beräkning av föroreningshalten *vid hydraulisk bräddning* (gäller årsmedelvärde):

- Halt på bräddvatten vid reningsverket (årsmedelvärde). Eventuellt kan detta justeras upp för att kompensera för First flush-effekter⁷ då föroreningshalterna vid bräddar på ledningsnätet troligen är högre.
- Använda teoretisk beräknad föroreningshalt (samma som nödbräddning). Beräkna utspädningsgrad utifrån kvoten mellan medelspillvattenflöde och flödet då bräddning startar (se beräkningsexempel).

För en beräkning av föroreningsmängd i ett enskilt bräddtillfälle bör en annan metod användas:

⁷ First flush betyder "Första flödet" och avser den högre föroreningsmängden som spolats ur ledningsnätet under de första timmarna av bräddtillfället.

- Föroreningshalten för partikulärt bundna föroreningar bör justeras för first flush med ca 100–200 % (utifrån en avvägning av hur lång torrperiod som föregått regnet samt hur brant/flackt ledningsnätet är). Det gäller hydraulisk bräddning.

Exempel på beräkning av teoretisk schablonhalt av fosfor i avloppsvatten i ett avlopssystem med låg industripåverkan visas i rutan nedan. Specifika föroreningsmängder från hushåll i enheten gram per person och dygn har hämtats från genomförd studie (Naturvårdsverket, 1995).

Beräkningsexempel: Bostadsområde med 500 fastboende (ca 170 villor) och debiterad vattenförbrukning: 25 000 m³/år (ca 68,5 m³/dygn = ca 0,8 l/s). Specifik schablonhalt (P_{tot}): 2,1 g/person dygn. Medelspillvattenflöde antas vara likställt med vattenförbrukning. Flöde då bräddning startar: i detta exempel antas 20 l/s.

$$\text{Schablonhalt } (P_{\text{tot}}) \text{ i medelspillvattenflöde: } \frac{2,1 \cdot 500 \cdot 365}{25\,000} = 15 \text{ mg/l}$$

$$\text{Utspädningsgrad} = \frac{\text{Flöde då bräddning startar}}{\text{Medelspillvattenflöde}} = \frac{20}{0,8} = 40$$

$$\text{Schablonhalt } (P_{\text{tot}}) \text{ i bräddvattenflöde (årsmedelvärde): } \frac{15 \text{ mg/l}}{40} = 0,4 \text{ mg/l}$$

I Tabell 5-1 finns en kort sammanfattning av angreppssätt för hur föroreningsmängder i bräddvatten kan beräknas. Siffrorna baseras på litteratur och genomförda intervjuer i samband med denna studie.

Tabell 5-1 Föroreningsmängder i avloppsvatten och bräddvatten

	Andel avloppsvatten i bräddvatten	Uppmätt schablonhalt medelvärde	Teoretisk schablonhalt medelvärde	Ökad föroreningsmängd (partikulärt bundna) under first flush ^e
Nödbräddning	100 %	100 % av inkommande halt till ARV ^b	P_{tot} 2,1 g/pd ^d N_{tot} 13,5 g/pd ^d	-
Hydraulisk bräddning	7–15 % ^a	Halt på bräddvatten vid ARV ^c	Se beräkningsruta (årsmedelvärde)	100–200 %

^a Slutsats från ett flertal genomförda modellberäkningar. Avvikelse kan förekomma. Tar inte hänsyn till "First flush".

^b Vid enstaka bräddtillfällen använd exempelvis medelvärde från aktuellt dygn då nödbräddningen inträffade.

^c Vissa kommuner antar att bräddvattnet innehåller 20–25 % av föroreningsgraden på inkommande spillvatten till ARV (medelvärde under 3 år). Lättare att motivera är att använda uppmätt föroreningshalt på bräddflöde vid ARV. Detta tar dock inte hänsyn till "First flush".

^d Specifika föroreningsmängder från hushåll i enheten gram per person och dygn. Utifrån detta värde kan en halt (mg/l) beräknas utifrån antal anslutna abonnenter uppströms bräddpunkten och debiterad vattenförbrukning. Detta kan antas gälla som schablonvärde i avlopssystem med låg industripåverkan. Källa: Naturvårdsverket (1995).

^e Avser P_{tot} , susp och COD_{eq} baserat på mätningar i genomförda studier. First flush är i samtliga fall första 30 minuterna av bräddningen. Observera att detta är ett grovt antagande och kan variera kraftigt i olika delar av ledningsnätet. Källor: Sakrabani et al. (2009), Rutsch et al. (2004), Gruber et al. (2005), Berntsson et al. (1989).

5.4 Avancerade beräkningar

Beräkning av föroreningsmängder i bräddvattnet med en hydraulisk modell är möjligt med hjälp av en modul som går att köpa till mjukvaran (kallas Mouse TRAP-AD). Spillvattenmängden baseras då på vattenförbrukningen. Enklaste ansatsen är att anta att spillvattnet är den enda föroreningskällan och att detta har en konstant koncentration. Bäst överensstämmelse

mellan uppmätta och simulerade koncentrationvärden erhålls för lösta komponenter (Hernebring, 2001). Modellberäknade föroreningsmängder i bräddvatten riskerar att bli underskattade för exempelvis COD och P_{tot} där avsättning/urspolningsprocesser i ledningsnätet har stor inverkan. För detta finns ett annat modellverktyg som kan användas för beskrivning av transport av partikulärt material (kallas ST-modulen i Mike Urban). Det finns genomförda projekt där modellverktyget har utvärderats (Hernebring, 2001).

Även mikrobiologiska indikatorbakterier ⁸ i bräddvatten kan beräknas med hjälp av avancerade modeller. En studie där modeller använts för att beskriva transport och nedbrytning av indikatorbakterierna *E. coli* och IE genomfördes 2011 i Halmstad (Ohlsson et al, 2011). Koncentrationen av indikatorbakterier varierar i olika delar av avloppsledningsnätet och stor variation noterades vid höga respektive låga flöden (ungefär en tiopotens, från $2,4 \cdot 10^6$ till $2,5 \cdot 10^7$ cfu/100 ml) ⁹. För att kvantifiera mängder indikatorbakterier från olika källor (bland annat bräddning från ledningsnät) till recipienten krävs god kännedom om strömningsförhållanden och omblandning för bedömning av olika transportvägar. Även dagvattenavledning är en hälsorisk i tätortsnära recipienter med tanke på dagvattnets innehåll av mikrobiologiska föroreningar (se vidare i Kapitel 9).

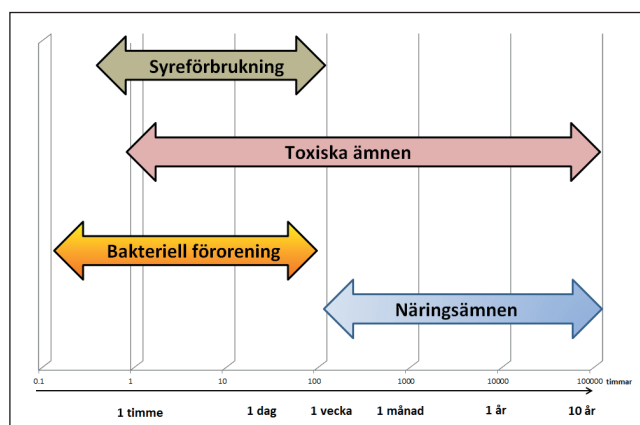
⁸ Intestinala Enterokocker (IE) och *Escherichia coli* (*E. coli*).

⁹ Enheten är "antalet kolonier" (cfu).

6 Bräddningars koppling till övergödning

6.1 Inledning

Bräddvattnets påverkan på recipienten består i flera delar vilket illustreras i Figur 6-1. I denna studie beaktas endast övergödning som tillförsel av näringsämnena kväve och fosfor. Kväve och fosfor är växtnäringsämnen och de främsta gödande ämnena för vattenlevande organismer. I sjöar, vattendrag och närmast kusterna är det oftast fosfor som orsakar övergödning, medan det ute till havs kan vara såväl kväve som fosfor (NNV, 2004).



Figur 6-1 Illustration av bräddvattnets miljöpåverkan på recipient.
Figuren är modifierad från Berntsson (1989)

Utöver vattenmyndighetens statusklassificering har även några av Sveriges länsstyrelser eller kommuner ställt krav på verksamhetsutövare för att kontrollera, minska eller undvika bräddning av orenat avloppsvatten utifrån en klassning av recipienters känslighet (se kapitel 9).

6.2 Förslag till metodik

Två olika metoder/alternativ för redovisning av bräddars påverkan på recipienter föreslås i denna rapport. Syftet med att göra denna redovisning är att underlätta kommunikation mellan VA-huvudman och tillsynsmyndighet samt öka kännedomen och medvetenheten hur recipienten påverkas av bräddning.

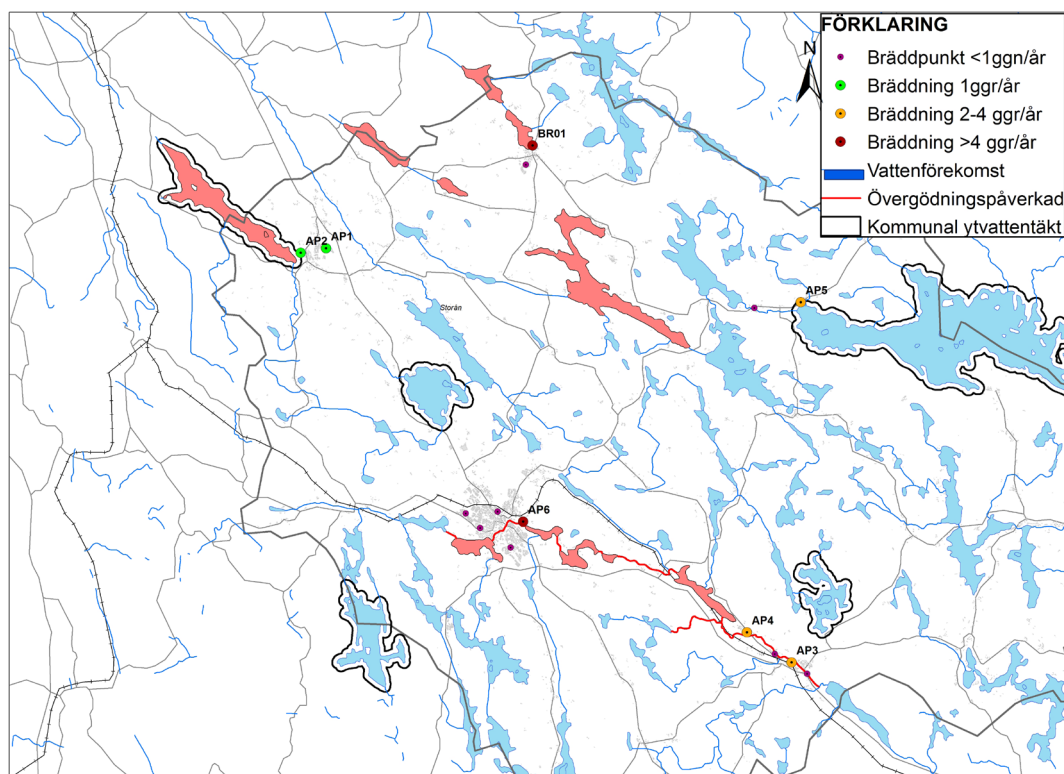
Steg 1, som är den enklaste, är en karta som visar kopplingen mellan bräddpunkter och övergödda vattenförekomster. Det andra steget, Steg 2 är att använda sig av vattenmyndigheternas framarbetade material för att beräkna totala belastningen som bräddningar utgör. För att utföra steg 2 krävs att det finns kvalitetssäkrad data i form av bräddvolym och en schablonmässig föroreningsberäkning för de bräddpunkter som man vill analysera.

6.2.1 Steg 1 – GIS-analys

Genom en geografisk kartläggning av bräddpunkter kan man få en uppfattning om vilka bräddpunkter som kan belasta recipienter som är påverkade av övergödning eller som är vattenskyddsområden/dricksvattentäkter. Som mått på övergödning av vattenförekomster används Vattenmyndighetens påverkansbedömning. Därmed inkluderas både de vattenförekomster som inte uppnår, och de som riskerar att inte uppnå, de övergödningsrelaterade kvalitetskrav som ingår i miljökvalitetsnormen god ekologisk status.

Kartmaterialet över bräddpunkter läggs samman med GIS-information¹⁰ från exempelvis Vattenmyndigheternas webbdatabas VISS, där information om övergödningspåverkade vattenförekomster samt förekomst av vattenskyddsområden finns. Detta kan utföras på två sätt:

- *Alternativ 1:* Utnyttja kartfunktionen i VISS och koppla kommunens GIS-filer mot VISS enligt anvisningar som finns i "Hjälp och instruktioner". I dagsläget måste data vara i koordinatsystemet SWEREF99 TM.
- *Alternativ 2:* Ladda ner GIS-filer (Miljöproblem-Senaste klassningen-Övergödning) från VISS (uppdateringar i VISS måste hanteras, d.v.s. detta kan behöva göras om varje år). Lägg in det nerladdade GIS-lagret ditt lokala GIS-projekt (detta illustreras i Figur 6-2).



Figur 6-2 Exempel på GIS-karta för bräddningars koppling till övergödning (och hälsorisker)

Nationella databaser för recipientinformation kan i framtiden ha en annan utformning än vad de har idag.

¹⁰ GIS = geografiska informationssystem.

6.2.2 Steg 2 – Förenklad belastningsberäkning

Denna analys utförs för respektive bräddpunkt kopplat till en recipient. Beräkningen av näringsbelastning (dvs beräkning av bräddvattnets föroreningshalter med avseende på fosfor och kväve) avser årlig belastning och baseras på uppgifter om bräddvolym vid respektive bräddpunkt samt beräknad/antagen föroreningshalt i bräddvattnet. Årlig bräddvolym ($\text{m}^3/\text{år}$) bör därför vara uppdelat på nödbrädd och hydraulisk bräddning för respektive bräddpunkt.

Den beräknade belastningen från ledningsnätet sätts i relation till recipientens årliga kväve- och fosforbelastning. För bräddning till inlandsrecipienter görs detta per vattenförekomst, d.v.s. närmast nedströms liggande vattenförekomst. Uppgifter om avgränsningen av avrinningsområden inkl. delavrinningsområden behöver inhämtas från SMHI:s webbtjänst Vattenwebb vilket beskrivs mer ingående i bilaga 3. Informationen kan användas i en GIS-analys, då det blir ett mer rationellt arbetssätt än att göra det manuellt. Uppgifter om kväve och fosfor inhämtas på samma sätt, dock är det fosfor som har betydelse för övergödning av inlandsvatten.

I Tabell 6-1 har denna metod utförts med samma fiktiva bräddpunkter som i exemplet i Steg 1. Endast fosforbelastningen har beaktats eftersom det i samtliga fall rör sig om små inlandsvatten. I bilaga 3 redovisas ett annat exempel med samma metodik då verksamma bräddpunkter längs Gavleån har analyserats och även påverkan på havet.

Tabell 6-1 Belastningsberäkning för 7 st bräddpunkter till inlandsvatten (se Figur 6-2 ovan). Exemplet gäller för ett enskilt år och är fiktivt.

Bräddpunkt	Bräddvolym hydraulisk bräddning ($\text{m}^3/\text{år}$)	Bräddvolym nödbräddning ($\text{m}^3/\text{år}$)	Använd nöd- resp. hydraulisk bräddning P_{tot} (mg/l)	Årlig mängd P_{tot} från bräddpunkt ($\text{kg}/\text{år}$)	Total fosforbelastning på recipient (P_{tot} $\text{kg}/\text{år}$)	Andel av total fosforbelastning (P_{tot}) på recipient (%)
AP1	30	0	2,7 resp. 1,35	0,04	373	0,01 %
AP2	110	0	2,7 resp. 1,35	0,1	373	0,04 %
BR01	690	0	10 resp. 1,7	1,2	378	0,31 %
AP3	8 000	0	2,2 resp. 1,7	13,6	3 308	0,41 %
AP4	15	0	26 resp. 5,2	0,1	3 309	0,01 %
AP5	120	0	20 resp. 2,0	0,2	7 227	0,03 %
AP6	14 713	320	12 resp. 2,3	37,7	1 878	2,01 %

Om det finns ett avloppsverk till samma recipient, bör man också lägga till föroreningsmängder (behandlat avloppsvatten) från verkets utsläpp som jämförelse.

För bräddning till kustvattenförekomster bör bräddningen relateras till näringsbelastningen på hela havsområdet, såvida det inte rör sig om en avgränsad och sluten havsvik med tydliga övergödningssproblem. Näringsbelastning till havsområden kan t.ex. hämtas från SMED (Svenska MiljöEmissionsData¹¹).

Även för bräddningar till inlandsvatten kan bidraget till havets näringsbelastning värderas. En stor del av de näringsämnen som tillförs inlandsreci-

¹¹ Konsortium mellan IVL, SCB, SLU och SMHI.

pienterna antas dock fastläggas (sedimentera, omvandlas och tas upp i biota o.s.v.) innan vattnet når kusten. Denna s.k. retention kan schablonmässigt uppskattas (från recipient till havet). Idag kan en uppskattning göras genom att använda den information som finns i SMHI:s webbtjänst Vattenwebb.

För en säkrare bedömning av bräddningens bidrag till näringsbelastning i recipienten kan eventuell reningseffekt vid bräddpunkten innan vattnet når recipienten vägas in (t.ex. reduktion av närsalter i dike, våtmark etc.). Indata för detta, t.ex. relevanta schablonvärden, årstid när bräddningen inträffade, dikeslängd innan utlopp i vattenförekomsten, storlek på en eventuell våtmark, innebär relativt stort arbete. Detaljerad indata krävs för att bedömd reningseffekt inte ska bli alltför missvisande.

7 Bräddningars koppling till hälsorisker

7.1 Inledning

Utbrotten av *Cryptosporidium* i Östersund (2010/2011) och Skellefteå (2012) har varit en väckarklocka för behovet av kraftfulla verktyg för att hantera parasitkällor, dit bräddningar tillhör. Många studier har på senare tid belyst frågan. Bland annat belyses vikten av ett tidigt varningssystem (Andersson, 2012). Ett förslag är att använda GIS som ett stöd för att identifiera, prioritera och åtgärda parasitkällor i avrinningsområdet och därmed minska risken för parasitsmitta via råvattnet (Åström, 2013). Ett annat exempel är studien av metoder för att förhindra mikrobiell avloppspåverkan på råvatten (Bäckström et. al, 2013) och ett pilotskaleförsök av en processkombination för att skydda bad- och dricksvatten från föroreningar från bräddvatten (Jönsson, 2013).

Göteborgs vattentäkt Göta älv har av förklarliga skäl studerats särskilt eftersom kvaliteten på råvattnet påverkas under och efter skyfall. Råvattnet utanför intaget till Alelyckans vattenverk är kraftigt påverkat av nederbörden i området. Ett regn tre mil uppströms ger förhöjda värden både på grumligheten, turbiditeten, och halterna tarmbakterier. Skälet kan bland annat vara bräddning av avlopp i andra kommuner uppströms Alelyckan (Tornevi, 2013). Göta Älvs vattenvårdsförbund har bildat en samverkan för att uppströms belägna kommuner ska larma Göteborg när bräddning sker (Trollhättan kommun, 2013).

Även Livsmedelsverket har arbetat med frågan kring bräddningars påverkan på dricksvattentäkter i syfte att utreda behovet av ökad kunskap om mikrobiologiska dricksvattenrisker (Säve-Söderbergh, 2013). Man kunde konstatera att det finns ett generellt önskemål för åtgärder när det gäller bräddningar samt bättre kunskap om, när och var det sker bräddningar, eftersom många vattenverk idag inte känner till när det bräddar till råvattentäkten.

7.2 Förslag till metodik

Kopplingen till hälsorisker inom ramen av detta SVU-projekt valts att hållas enkel. Bräddpunkters närhet till viktiga vattentäkter kan exempelvis illustreras i en karta, vilket visades i Figur 6-2. Mikrobiologiska risker för vattentäkter och badplatser kan beskrivas med hjälp av en enkel matris, vilket exemplifieras i Tabell 7-1. Här beskrivs hur stor risk respektive bräddpunkt utgör, bland annat baserat på säkerhetsavstånd och konsekvensnivå. Brädd-siffrorna är hämtade från verklig data men i övrigt är exemplet fiktivt.

Det finns inte alltid en koppling mellan avstånd och påverkan från bakterier i utsläpp men däremot ett tydligt samband mellan transporttid och bakteriell påverkan från bräddpunkter. Transporttiden styrs av rådande strömförhållanden. En förutsättning för att till fullo kunna bedöma risker

är därför att ta fram ett trovärdigt influensområde för bakteriernas spridning (Ohlsson et al, 2011). Riskmatrisen i Tabell 7-1 har en förenklad beskrivning, eftersom det inte så ofta som influensområdet är känt. Här används istället avstånd mellan bräddpunkt och badplats.

Observera att det är bräddning under sommarregn som bör värderas vad gäller risken för att skräpa ner och förorena en närliggande badplats.

Tabell 7-1 Matris för att beskriva hälsorisker. Fiktivt exempel som motsvarar bräddpunkter i Figur 6-2.

Bräddpunkt	RISK Närliggande badplats ¹	RISK Närliggande ytvattentäkt ²	RISK Infiltration till grundvattentäkt ³	Antalet brädddygn per år ⁴	Antalet bräddtimmar per år ⁴	Nödbräddningstillfällen per år	Antalet brädddygn under sommarmånader per år
AP1	1	2	0	1 d	3 hr	0	1 d
AP2	2	3	0	1 d	5 hr	0	1 d
BR01	3	0	0	16 d	160 hr	-	10 d
AP3	0	0	2	3 d	5 hr	0	1 d
AP4	0	0	2	1 d	1 hr	0	1 d
AP5	1	2	0	2 d	3 hr	0	2 d
AP6	3	0	0	15 d	41 hr	4 st	11 d

¹ Risken värderas i en tregradig skala. 0 = ingen badplats finns. 1 = Badplatsen ligger > 300 meter från bräddpunkten, alternativt bräddning sker i princip aldrig under sommarmånader. 2 = Det är < 300 meter mellan badplats och bräddpunkt och bräddning sker under sommaren. 3 = risken bedöms som stor alternativt händelsen har inträffat (Bräddning har orsakat hälsoproblem vid allmän badplats).

² Risken värderas i en tregradig skala. Även konsekvensnivå bör vägas in, d.v.s. har vattenverket hög desinfektionsnivå (alt. avskiljningsnivå) i processen minskar risken. 0 = Ingen ytvattentäkt kan påverkas. 1 = Ja, men rinntiden mellan intagspunkt och bräddpunkt > 1 hr. Risken bedöms som liten. 2 = Ja, avstånd intagspunkt-bräddpunkt < 300 meter, alternativt rinntiden < 1 hr. Risken bedöms som medelstor. 3 = Ja, händelsen har inträffat. Risken bedöms som stor eller mycket stor.

³ Risken värderas i en tregradig skala för en närliggande grundvattentäkt. Risken avgörs av hur sårbar grundvattentäkten är. Finns ett s.k. skyddande jordlager så kan konsekvensen betraktas som lägre än om det saknas. Detta kan vara svårt att värdera om ingen risk- och sårbarhetsanalys för vattentäkten har utförts. 0 = Det föreligger ingen risk. 1 = Risken är mycket liten (Låg sannolikhet och låg konsekvensnivå). 2 = Det föreligger en medelstor risk och konsekvens. 3 = Ja, händelsen har inträffat (alternativt mycket stor konsekvens).

⁴ Brädddygn respektive bräddtimmar kan exempelvis redovisas som genomsnitt för de 5 senaste åren alternativt särskilt bräddstatistik år från år.

Matrisen visar på problematiken att redovisa bräddstatistik. Andelen spillvatten i bräddvattnet är en viktig parameter för att bedöma hälsorisk. Risken för att bräddning ska orsaka ohälsa vid badplatser minskar om det är en hydraulisk bräddning som sker under extremt regn. Jämför exempelvis BR01, AP2 och AP6. Pondera att BR01 bräddar under snösmältning samt i samband med extremt stora regn, totalt 16 brädddygn per år. AP2 bräddar endast vid stora regn, 2 ggr/år, medan AP6 bräddar ofta vid små regn samt har driftproblem och pumpen stoppar ofta. AP6 utgör en betydligt större risk för hälsan än både AP2 och BR01, även om avståndet mellan bräddutlopp och badplats är längre.

Vid pumpstationer bör man utgå från nödbräddning (d.v.s. 100 % spillvattenhalt) för att bedöma vilken hälsorisk bräddpunkten utgör och om den bör prioriteras för övervakning eller åtgärder.

Ovanstående riskmatris kan vidareutvecklas. Detta kan med fördel samordnas med framtagande av RSA, WSP, HACCP¹² och vattenförsörjningsplaner samt vedertagna riskbedömningar för dricksvatten (Livsmedelsverket).

¹² Olika vedertagna metodiker för risk- och sårbarhetsanalyser för dricksvatten.

Indata som krävs för att bedöma hälsorisker

- Geografisk data om kommunala badplatser som finns registrerade hos smittskyddsinstitutet: <http://badplatsen.smittskyddsinstitutet.se>
- Information om vattentäkter (kommunala och helst även samfälligheter eller privata) och hur skyddsvärda respektive sårbara täkterna är.
- Information om processteg (avskiljning och desinfektionssteg) i vattenverk, d.v.s. bedöma reningsförmågan i vattenverket för vattenburna bakterier och parasiter som kan finnas i avloppsvatten.
- Om möjligt, bedöm transporttiden i recipienten, som styrs av rådande strömförhållanden.

8 Bräddstatistik kopplat till nederbörd

8.1 Inledning

Bräddstatistik bör sättas i relation till nederbörd som fallit under året samt även relateras till perioder med förhöjda grundvattennivåer och snösmältningsmönster. För att fånga upp mängden bräddat vatten orsakad av variationer i nederbörden bör statistik från flera år presenteras på liknande sätt. I detta avsnitt är fokus på att skapa en summerad bild av bräddning från ett helt ledningsnät och inte den enskilda bräddpunkten, som i övriga delar av rapporten.

Den totala årliga nederbörden korrelerar oftast inte med volymen hydrauliskt bräddat vatten. Detta har bland annat konstaterats i en studie utförd av Länsstyrelsen i Gävleborg (2009). Antalet intensiva och långvariga nederbördstillfällen under året kan också vara svårt att koppla till bräddstatistik om det endast finns en regnmätare och avrinningsområdet är stort. Hur snabb snösmältningen varit och huruvida marken varit mättad med vatten och/eller grundvattennivåerna varit höga är andra intressanta klimatfaktorer som kan vara värt att studera.

8.2 Underlag

8.2.1 Bräddstatistik

Rekommendationen är att endast redovisa tillförlitlig data. Rekommenderade enheter (av SNV) är "antal dygn med bräddning per månad" eller "bräddad volym per månad" om statistiken ska redovisas per år. Det kan också vara lämpligt att redovisa dygnstatistik för den eller de månader då det skett mest bräddning. I vissa fall måste brädddata delas upp på olika upptagningsområden för att fånga upp eventuella trender. Det är även intressant att redovisa hur många bräddpunkter som finns totalt och hur många av dem som har varit verksamma.

Det blir lätt många diagram när bräddstatistik presenteras. Här finns en svårighet att avgränsa och förmedla vad som är av betydelse. Helst skulle man givetvis redovisa bräddvolym, kanske uppdelat i olika stadsdelar med korrelerande nederbördsdata. Data som inte håller hög kvalitet bör uppmärksammas på något lämpligt sätt. Om inte tillförlitliga bräddvolym finns bör man kanske undvika att redovisa det eftersom det av läsaren lätt tolkas som en sanning (men kan vara totalt felaktiga siffror).

8.2.2 Nederbördsstatistik

Som tidigare nämnts är hög kvalitet av lokal och högupplöst nederbördsdata inte alldeles enkelt att åstadkomma. Det tar även mycket tid att kvalitetsgranska och eventuellt bearbeta data. Det som kan rekommenderas är att jämföra lokalt uppmätta data med SMHI:s uppmätta data för närmaste

station. Det går även att köpa högupplöst data från SMHI och låta utföra en statistisk analys för att få reda på återkomsttid för vissa extrema regntillfällen. Det kan vara svårt att koppla antalet extremregn med bräddmängder per kommun.

Nederbördens arealutbredning

Intensiva regn kan vara mycket lokala, vilket de flesta känner igen. Ett exempel är det regntillfälle i Växjö den 30/9 år 2006 som analyserats vad gäller geografiska utbredning. Den utvärderade återkomsttiden för regnet varierade från 0,5 år till 15–20 år inom ett avstånd som är mindre än 10 km (Hernebring, 2008).

I hydrauliska modeller bör man således välja så lokal nederbördsdata som möjligt. Det viktigaste är dock att data är kvalitetssäkrad.

8.2.3 Grundvattenobservationer

Grundvattennivå är i vissa fall inte relevant att väga in i bräddstatistik men kan ge en extra dimension i de städer där inläckage av grundvatten orsakar bräddningar. Grundvattennivåns normala årstidsvariation (i små grundvattenmagasin) varierar i olika delar av Sverige. Grundvattennivåns avvikelse från normalnivå för månaden i små grundvattenmagasin redovisas i SGU:s¹³ månadskarta. I bilaga 4 visas registrerade grundvattennivåer i Norrköping för åren 2010 till 2012. Data finns tillgängligt för hela Sverige men analysen måste utföras på egen hand. Det kan vara svårt att bedöma hur stor påverkan förhöjda grundvattennivåer har på mängden vatten som bräddas.

8.2.4 Snösmältning

Information om snösmältningsperiod bör tas med i de fall där det har stor påverkan på bräddstatistiken. Nödvändigt underlag för att beskriva snösmältningen är lokalt registrerat snödjup och temperatur. Även nederbörd kan vara intressant att titta på parallellt med snödjupet, eftersom det även kan regna vid extrema snösmältningstillfällen.

På SMHI:s hemsida finns (vid tidpunkt för denna rapport, detta kan givetvis förändras) en klickbar karta¹⁴ med möjlighet att skapa diagram över dagliga snödjupsobservationer för några orter. Det som är intressant är om snötäcket varit konstant under vintern och beskriva förloppet då snön försvann, dvs var det en snabb eller långsam snösmältning. I bilaga 4 visas sådana diagram från Norrköping för åren 2010–2012.

8.2.5 Höga vattennivåer i närliggande vattendrag

Risken för bakvatteninträngning kan orsaka bräddning i samband med höga vattennivåer i närliggande vattendrag. Det kan vara en intressant parameter att titta närmare på, något som inte utförts i denna studie.

¹³ SGU = Sveriges geologiska undersökning. www.sgu.se

¹⁴ <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/sno/snodjupsobservationer>

8.3 Redovisning i tabell

I bilaga 4 visas ett exempel där bräddstatistik för 3 år (2010, 2011 och 2012) i Norrköping har jämförts med lokalt uppmätt regndata samt snödjup. Syftet har varit att få fram en presentation som visar på bräddningars koppling till nederbörd, grundvattennivåer och snösmältning. Av den anledningen har nödbräddningar exkluderats i statistiken. I Norrköping har bräddfrekvens (antalet tillfällen per månad) valts som enhet eftersom det var det som fanns tillgänglig och bedömdes som mest tillförlitlig. Dygnsnederbörd och månadsnederbörd, grundvattenobservationer och snödjup har inhämtats från SMHI och SGU.

I Tabell 8-1 presenteras en summering av diagrammen i bilaga 4 samt försök till att koppla bräddfrekvens till observerade klimatdata. Presentationen kan bli mer intressant om statistiken delas upp per månad och inte som i exemplet, per år.

Tabell 8-1 *Analys klimatdata som underlag till bräddstatistik.*
Exemplet gäller för Norrköping under åren 2010–2012. Underlaget finns i Bilaga 4.

	2010	2011	2012
Antal bräddtillfällen ^a Kvartal 1–4	Jan–mars (Kvartal 1): 17 st April–juni (Kvartal 2): 9 st Juli–sept (Kvartal 3): 62 st Oktober–dec (Kvartal 4): 5	Kvartal 1: 19 st Kvartal 2: 18 st Kvartal 3: 29 st Kvartal 4: 22 st	Kvartal 1: 37 st Kvartal 2: 154 st Kvartal 3: 93 st Kvartal 4: 71 st
Extrema regn ^b	Inga regn med återkomsttid > 5 år	22 juni (5-års regn) 22 juli (40-års regn)	Statistisk analys av data saknas
Antalet dygn med nederbörd > 20 mm	4 dygn (27 januari, 24, 28 juli och 2 augusti)	5 dygn (19, 22 juni, 22 juli, 7 och 19 aug)	3 dygn (24, 25 juni samt 27 nov)
Förhöjda grundvattennivåer	April–juni, Augusti–december	Januari–april, Augusti–december	Januari, Juli–december
Maximalt snödjup ^c	75 cm (21 feb)	55 cm (8 jan)	18 cm (17 feb)
Snösmältningsperiod	Mars (ganska långsam)	Januari (snabb) och februari (snabb)samt en i december	Februari (snabb)

^a Antalet bräddtillfällen per månad, vilket innebär att om ett regn orsakar bräddning vid 5 pumpstationer registreras 5 bräddningstillfällen.

^b För år 2010 och 2011 har en statistik analys av nederbördsdata utförts (beställs via kundtjänst) av SMHI, där återkomsttid för de största regnen beräknats. Det är endast en nederbördsmätare som använts för hela området.

^c Underlag finns tillgängligt på SMHI:s hemsida, se bilaga 4 för närmare beskrivning.

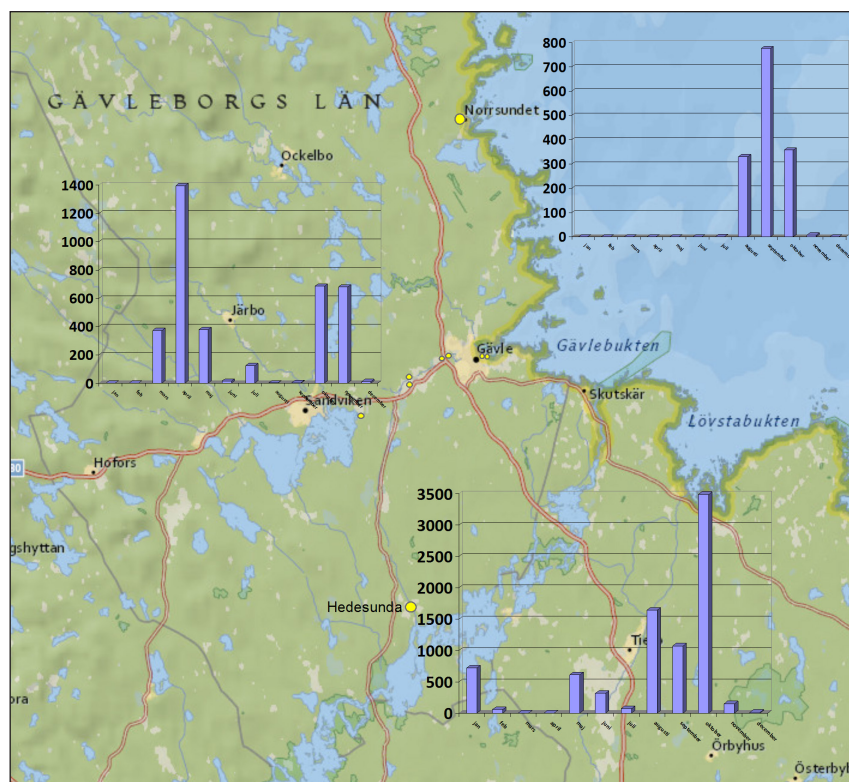
Slutsatsen är att uppmätt bräddfrekvens har dålig koppling till nederbördsdata, vilket kanske inte är så konstigt eftersom det är nederbördsdata från en enda regnmätare. Totala snödjupet har inget samband med antalet bräddtillfällen under kvartal 1 (2010–2012) men det kan ändå ha påverkan på totala bräddvolymen (okänd) och man kan se en ökning i antalet bräddtillfällen under snösmältningen i mars 2010 som var en snörik vinter. När det gäller förhöjda grundvattennivåer är det svårt att se någon trend eller samband med bräddfrekvensen. En förbättring skulle vara att dela upp statistiken och ha fler nederbördsstationer.

8.4 Redovisning i diagram och GIS-karta

Bräddstatistik går att analyseras och redovisas på många olika sätt. Låt presentationen i detta avsnitt vara inspiration. I Figur 8-1 har bräddstatistik sammanställts och presenterats i tre närliggande avloppsledningsnät för år

2012, uppdelat i bräddvolym per månad (endast hydraulisk bräddning har tagits med). Bräddvolymerna i detta fall fås fram genom kontinuerlig mätning av vattennivå vid bräddpunkten och omräkning till bräddflöde genom ett empiriskt samband mellan nivå och flöde för varje bräddpunkt. Data läggs in och sparas i övervakningssystemet.

I Figur 8-2 redovisas uppmätt nederbörd från Gästrike Vattens egna nederbördsmätare från år 2012. Det finns perioder då nederbördsmätare inte har fungerat av någon okänd anledning. Grundvattennivå och snödjup har studerats på samma sätt som för Norrköping (se bilaga 4) men inga diagram för detta redovisas.



Figur 8-1 Månadsvärden för hydraulisk bräddning från ledningsnät år 2012 ($\text{m}^3/\text{månad}$). Bakgrundskarta är från ARC GIS BaseMap.

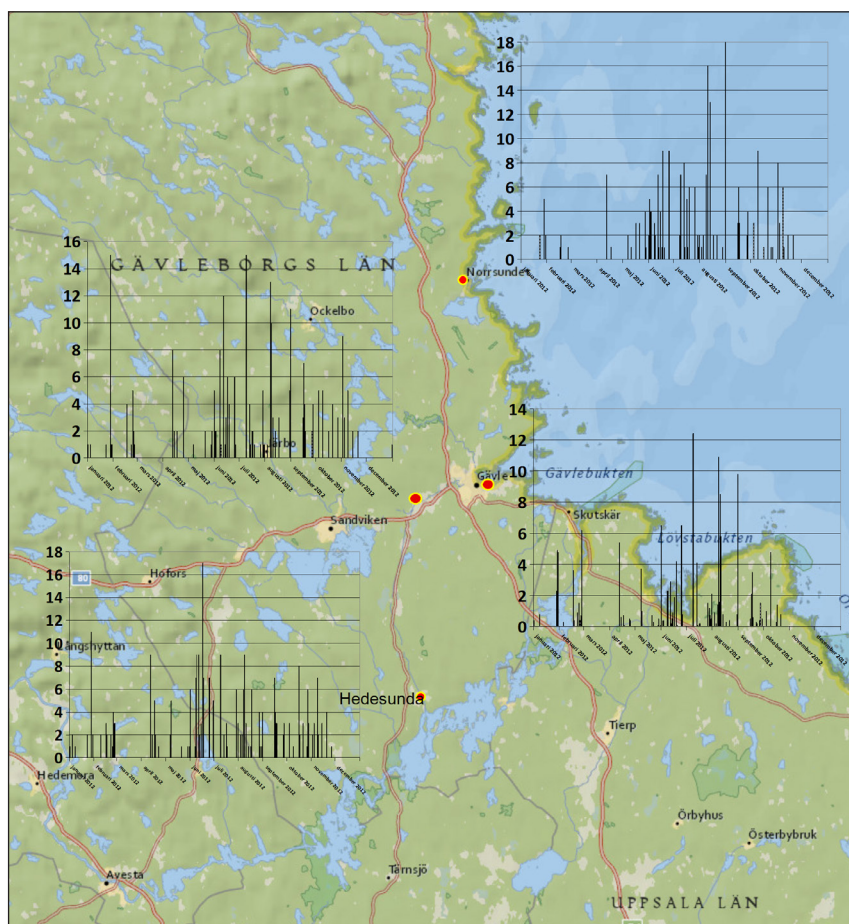
Bräddpunkter har lagts in som små gula prickar i kartan. Underlag till bräddstatistik är från Gästrike Vattens övervakningssystem.

Det är ungefär 60 km mellan Gävle och Norrsundet.

Bräddvolymen i Gävle 2012 var som störst i april månad kan inte förklaras varken genom att studera dygnsnederbörd, grundvattennivå eller snösmältning. Informationsvärdet är måhända tveksamt för utomstående men bräddtillfällen i april är utmärkta att granska i detalj vad gäller mätningens tillförlitlighet och/eller orsak till bräddningen. I juni, juli och månadsskiftet augusti/september 2012 kom kraftiga skyfall (dygnsvärden $> 20 \text{ mm}$) men det orsakade inga stora bräddvolym. Slutsatsen för Gävle blir att bräddvolym inte korrelerar särskilt bra med uppmätt nederbörd, grundvattennivå eller snödjup för år 2012.

Norrsundet drabbades liksom Gävle av ett stort regn 31/8–1/9 2012, och här orsakade regnet stora bräddvolym i ledningsnätet. Ytterligare ett stort regn föll under september, varpå bräddvolymen mättes som störst i just september. Det är något förvånande att inga bräddningar registrerats i juni då det föll nästan lika kraftiga regn. Nu skulle det vara motiverat att granska

Olikheterna vad gäller årstidsvariation på bräddning kan naturligtvis ha andra orsaker än geografisk skillnad i nederbördsmönster, grundvattennivåer och snömängd, exempelvis påverkan från bakvatteninträngning.



Figur 8-2 Dygnsnederbörd mm/månad under 2012. Samtliga data är lokala regnmätare med hög upplösning (ingen korrigering).

Figur 8-1 och 8-2 säger inte så mycket mer än att bräddningens årstidsvariation skiljer sig mycket mellan de olika orterna och några bräddvolymerna har tydlig koppling till nederbördsstatistik medan andra är svårare att förklara. Arbetet med att sammanställa statistiken ger troligen mer än att se presentationen.

Slutsatsen från detta kapitel är att det finns svårigheter med att presentera bräddstatistik kopplat till regnstatistik, trots att dataunderlaget är tillfredsställande. Frustrerande nog så är det statistiken vi strävar efter att ta fram, dvs ett slags bevis på att ha bra kontroll på bräddvolymen. Tyvärr kommer diskussioner med tillsynsmyndigheter inte särskilt långt om man endast

stirrar sig blind på bräddstatistik. Det kan vara svårt att utvärdera verksamhetsmål i att minska bräddning från ledningsnät (ex. som en viss procentsats per år) utifrån bräddstatistik summerad för en hel kommun. Det leder oss in på nästa kapitel som handlar om åtgärdsarbete.

9 Prioritering av bräddpunkter och åtgärdsarbete

Det är betydelsefullt att arbeta mer strategiskt med bräddproblematiken och att kunna göra prioriteringar i åtgärdsarbetet. Prioriteringen av åtgärder bör baseras på de lokala förutsättningarna när det gäller miljö- och hälsoaspekter samt på det ansvar som VA-huvudmän har mot sina kunder.

I den prioritering som exemplifieras nedan har ingen hänsyn tagits till de ekonomiska eller tekniska förutsättningarna som finns för eventuella åtgärder. Sådana avvägningar kommer naturligtvis också in i ett senare skede.

9.1 Exempel till metodik för prioritering

Ett enkelt förslag till hur olika bräddpunkter kan jämföras visas i Tabell 9-1. I den framtagna matrisen prioriteras bräddpunkterna i jämförelse med varandra utifrån en viktad rankningsmetod baserat på det underlag som har sammanställts tidigare i denna rapport. Bräddavlopp på ledningsnät är oftast placerade på förekommen anledning för att minska risken för källaröversvämningar. Denna effekt kommer högst upp på kommunens prioritetslista när åtgärdsprogram utformas.

Resultatet blir ett användbart underlag som kan presenteras exempelvis i VA-planer, eller i samråd med tillsynsmyndigheten. En prioritering av åtgärder för att minska bräddningen kan vara ett bra underlag i arbetet med lokala åtgärdsprogram som en del av vattenförvaltningsarbetet.

Tabell 9-1 Exempel på prioritering av bräddpunkter utifrån risk för påverkan på miljö, hälsoeffekter och källaröversvämning. Exemplet är fiktivt.

Bräddpunkt	Bräddrecipientens känslighet ^a	Bräddens miljöpåverkan på näringsämnen ^b	Risk att påverka dricksvattentäkt ^c	Risk för badplats ^d	TOTAL Viktning (Beräknade poäng)	Prioritet (ranking, högst poäng = 1, lägst poäng = 5)
Viktning	2	100	2,5	1.5		
AP1	2	0,01 %	2	1	11,0	4
AP2	2	0,04 %	3	2	15,0	1
BR01	3	0,31 %	0	3	8,3	6
AP3	2	0,41 %	2	0	9,4	5
AP4	2	0,01 %	2	0	8,0	7
AP5	0	0,03 %	2	1	11,0	2
AP6	3	2,01 %	0	3	11,0	4

^a Bräddrecipientens känslighetsklassning används i de kommuner/län där det finns framtaget. Om en klassning saknas bedöms känsligheten lämpligen utifrån parametrar som finns i VISS och/eller lokal kännedom. 0 = Ingen bedömd övergödningspåverkan och utspädningen är stor. 1 = Ingen bedömd övergödningspåverkan men utspädningen liten (d.v.s. liten vattenförekomst). 2 = Har bedömd övergödningspåverkan men utspädningen är stor. 3 = Har bedömd övergödningspåverkan och utspädningen i vattenförekomsten är liten.

^b Bräddpunktens påverkan på totala belastningen, i detta fall redovisas endast (P_{tot}) (%). Beräknas enligt metodik som beskrivits i denna rapport.

^c Risken värderas i en tregradig skala. Även konsekvensnivå bör vägas in, d.v.s. har vattenverket hög desinfektionsnivå (alt avskiljningsnivå) i processen minskar risken. 0 = Ingen vattentäkt kan påverkas. 1 = rinntiden > 1 hr mellan intagspunkt och bräddpunkt och VV har god barriär. Risken bedöms som liten. 2 = rinntiden < 1 hr alternativt koncentrationen av E.coli och IE från bräddvattnet vid intagspunkten kan vara påtaglig. Risken bedöms som medelstor. 3 = händelsen har inträffat. Risken bedöms som stor eller mycket stor eftersom VV har låg barriärhöjd.

^d Risk för att bräddpunkten förorenar eller skräpar ner en allmän badplats värderas i en tregradig skala. Beräknas enligt metodik som beskrivits i denna rapport.

Viktningen mellan de olika prioriteringsgrunderna bör givetvis justeras utifrån den enskilda kommunens perspektiv.

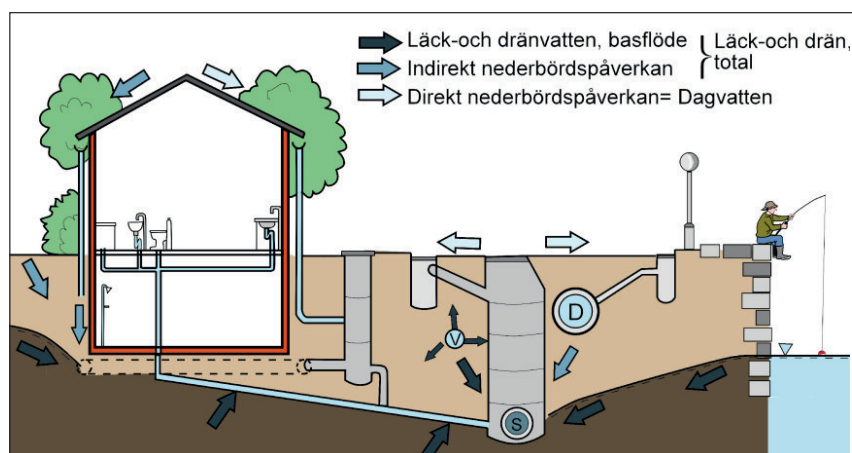
Länsstyrelsen i Skåne har tagit fram en metod som bygger på ungefär detta tankesätt. Man har klassificerat bräddpunkter utifrån recipientens näringsstatus, vattenföring, syretillstånd, fiskeintressen, natur- och fritidsintressen, badplatser, dricksvattentäkter mm. Varje bräddpunkt har getts en klass med en motivering. Röd: Ingen bräddning får förekomma Gul: Bräddning ska minskas Grön: Bräddpunkten är inte prioriterad för åtgärder (Länsstyrelsen, 2007).

9.2 Åtgärdsarbete

I samband med krafttagen för att få bättre kontroll på bräddning sker förmodligen diskussioner kring åtgärdsplanering för att minska bräddning och dess påverkan på miljö och hälsa. Det kan handla om fler mätinsatser för att erhålla en bättre bräddregistrering. När bräddkontrollen känns tillfredsställande är det kanske främst förebyggande åtgärder som duplicering, minskat tillskottsvatten etc. som kommer på agendan. Detta kapitel sammanfattar möjliga åtgärdsval och en introduktion till att väga miljönytta vid val av åtgärdsinriktning.

9.2.1 Minskat tillskottsvatten

Omställningen till duplikata system som gjordes på 1960-talet har bidragit till att svenska städer ofta har en kärna med kombinerat avloppssystem som omges av en krans av duplikatsystem (Johansson, 2002). 1978 övergav Naturvårdsverket det absoluta kravet på omläggning till duplikatsystem (Bäckman, 1984) och för äldre högexploaterade stadskärnor accepterades utjämning på de kombinerade avloppsnäten genom bräddning (Naturvårdsverket, 1993).



Figur 9-1 Klassisk illustration om möjliga källor till tillskottsvatten (Hämtad från Svenskt Vatten, 2007).

VA-huvudmannens kunskap om registrerade bräddflöden tillsammans med information om nyckeltal för ledningsnätet (Gustafsson, 1996) ger en indikation om vad som orsakar bräddningarna. Det har tidigare visat sig orimligt

att formulera miljökrav på ledningsnät med enkla direkta nyckeltal. Varken de ekonomiska följderna eller åtgärdseffektiviteten är särskilt överblickbara vid en tillståndsprövning (Bäckman, 1997).

Flera studier har genomförts för att identifiera åtgärder för att minska tillskottsvatten, och därmed minska bräddning. Stora arbeten och kostnader läggs ned för att identifiera vilka delar av ledningsnäten som belastas mest med tillskottsvatten. Åtgärder på stora punktinläckage är ofta det som får störst effekt.

Som nämndes i kapitel 3 är det mycket svårt att spåra förändringar, exempelvis effekter av en ledningsrenovering, om man inte har tillgång till data med hög mätnoggrannhet. För att påvisa att verksamhetsmålen uppnås kan det vara bra att välja ut en eller några prioriterade bräddpunkter och göra en noggrann utvärdering (mätning) kopplat till nederbördsdata. Modellberäkning är ett annat bra sätt att påvisa eventuella förbättringar i systemen.

Våra avlopssystem lider av brister på olika sätt och är i starkt behov av en radikal omvärdering. Vi får nog leva med den nuvarande funktionen under överskådlig tid. Låt oss försöka göra det bästa möjliga av situationen och hoppas att det vi gör är förbättringar i små steg åt rätt håll!

9.2.2. Rening av bräddvatten

Reningsanläggning kan installeras om en enskild bräddpunkt på ledningsnätet orsakar stor påverkan på hälsa och miljö. Avancerad rening av bräddvatten har ingen tradition i svensk avloppshantering men förekommer i USA (Larsson et. al, 1984 och EPA, 2001) och Tyskland (ATV-A142). En utredning om vilken metod som är lämplig bör utföras i varje enskilt fall. Bakteriereduktion som kan förväntas exempelvis i en dagvattendamm (om bräddvatten leds till en damm) bedöms uppgå till 45–90 % (Ohlsson, 2011).

Förbildning i reningsverk

Bräddning av avloppsvatten vid reningsverk är oftast en förbiledning av en delström inom avloppsverket. Flera anläggningar för behandling och rening av sådana förbiledningsflöden (även kallat bräddvatten) har installerats på reningsverk i Sverige, bland annat på Sjölanda reningsverk i Malmö (Larsson, 2004) och Ryaverket i Göteborg (Jacobsson, 2013).

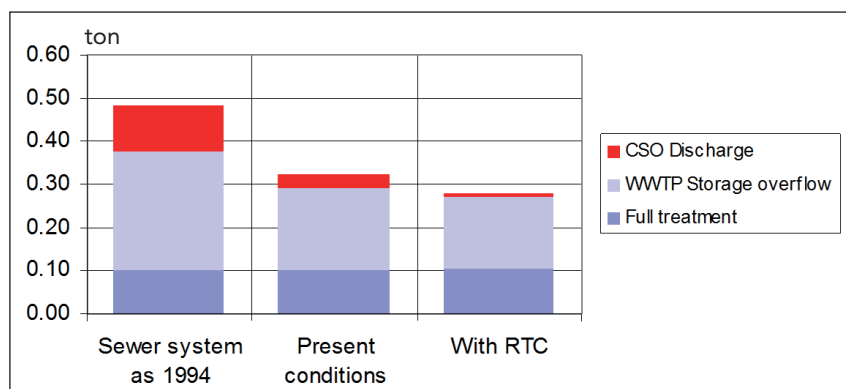
Exempel på behandlingsmetoder är galler, sil, slamavskiljare, lamellsedimentering, markbädd, Actiflo (kompaktanläggning med fällningskemikalie), sedimenteringsdamm och dunkersanläggning/flytvägg.

9.2.3 Realtidsstyrning

Med realtidsstyrning (RTC) av ledningsnät menas att pumpstationsstyrning baseras på realtidskontroll, exempelvis uppmätta vattennivåer. Syftet är att utnyttja ledig kapacitet i vissa delar av ledningsnätet för att undvika överbelastning i andra delar. Genom att göra detta kan man dels minska bräddning från ledningsnätet men även minska flödestoppar till avloppsreningsverk och därmed minska förbiledning (jmf stycket ovan) (Hernebring, 2001).

Detta studerades i Helsingborg och Halmstad genom modellstudier. Det visade sig att utsläppen av näringsämnen (totalt från anläggningen, dvs

både ledningsnät och reningsverk) minskade med 33 % för P_{tot} och 8 % för N_{tot} i Helsingborg genom att utnyttja realtidsstyrning (RTC) (Hernebring, 2001). Exemplet med fosfor åskådliggörs i Figur 9-2.



CSO discharge
= bräddning från ledningsnät.
WWTP Storage overflow
= förbiledning vid reningsverket.
Full treatment
= fullständig behandling vid ARV.

Figur 9-2 Beräknat totalutsläpp av P_{tot} och utsläppsfördelning beroende på förhållanden på ledningsnätet. Helsingborg 10/10–1/11 1998 (dvs nuvarande förhållanden, present conditions) (Hernebring, 2001).

9.2.4 Övriga åtgärder

Spolning av ledningar efter en längre torrperiod i förebyggande syfte kan vara en effektiv föroreningsreducerande åtgärd. Som tidigare nämnts i denna rapport kan vid enskilda bräddtillfällen 80–90 % av den uttransporterade föroreningsmängden av fosfor komma från upplagring i ledningsnätet (Berntsson, 1989).

Utgjänningsmagasin för bräddvatten eller utjänningsmagasin på avloppsledningsnätet kan vara väl investerade pengar för att minska bräddning. Även åtgärder mot bakvatteninträngning (bakvattenstopp) är en relativ enkel och billig åtgärd som kan ge stor effekt.

Det finns exempel då bräddning från avloppspumpstationer har orsakat erosionsskador i marken dit vattnet bräddar. Detta kan undvikas genom att anlägga en bräddledning eller dike för bortledning av bräddvattnet, alternativt erosionsskydd.

9.3 Exempel på metodik för åtgärdsprioritering

För att avgöra vilka åtgärder för att reducera bräddningar som ger bäst miljönytta kan olika åtgärdsalternativ värderas utifrån parametrar som exempelvis recipienteffekter, påverkan på reningsverk och kostnader. Det vill säga, en bedömning av miljöpåverkan av åtgärder på ledningsnätet.

Miljönyttan med att minska bräddningar består i:

- Minskad risk för förorenade dricksvattentäkter och privata dricksvattenbrunnar
- Minskad risk för olägenhet, såsom lukt
- Minskade lokala utsläpp av näringsämnen
- Minskad lokal övergödning och igenväxning av vikar och sjöar
- Bättre badvattenkvalitet
- Ett minskat inflöde till reningsverket (avser minskad mängd tillskottsvatten) innebär ett minskat utsläpp av de flesta föroreningar.

Svårighet med att bedöma miljönyttan kan bestå i:

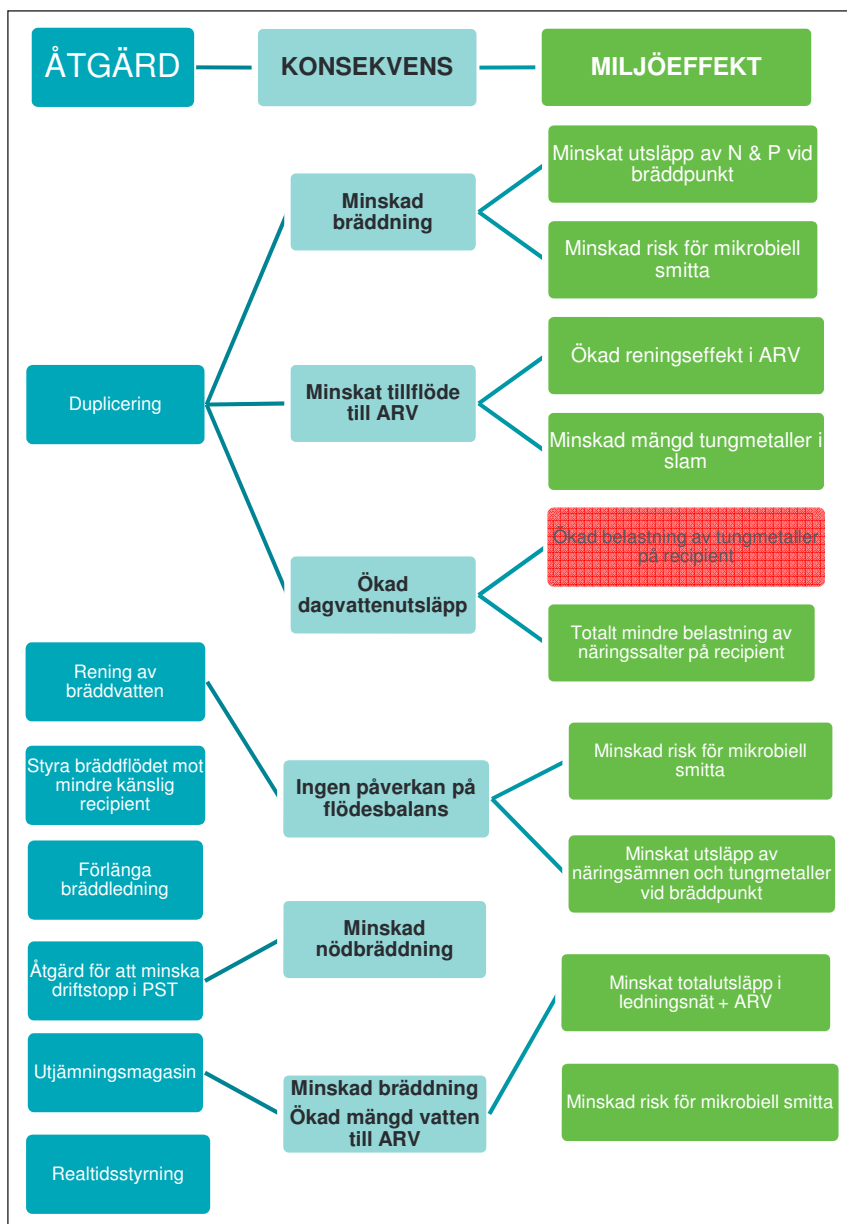
- Duplicering¹⁵ av ledningsnätet skapar ett ökat utsläpp av tungmetaller till recipienter via dagvattenutsläpp. Det beror på att reningseffekten i dagvattenanläggningar beräknas till max 50 % (Stormtac, 2013) vilket kan jämföras med 90 % i reningsverken (Miljörapporter, 2013).
- Om duplicering inte utförs belastas avloppsreningsverket och slam med motsvarande föroreningar, d.v.s. resulterar i en tungmetalltillförsel till avloppsslam.
- Duplicering av ledningsnätet minskar utsläppen av näringsämnen (N och P) genom reducerad bräddning och förbättrad reningseffekt i reningsverken. Det beror även på att dagvatten innehåller förhållandevis låga halter kväve och fosfor jämfört med renat avloppsvatten.
- Bortkoppling av dagvattenytor från spillvattenledningar förväntas ge en ökad mängd bakterier i tätortsnära recipienter. För att minska belastningen av bakterier från en tätort är det mest effektiva att inrikta åtgärder på att anlägga dagvattendammar eller motsvarande system.

Stockholm Vatten har genomfört en studie (Stockholm Vatten, 2000) där man konstaterade att andra alternativ än duplicering bör studeras i syfte att reducera bräddningar. För att minska bräddningen är det betydligt billigare med en utbyggnad med magasin och att göra en förnyelse av ledningsnäten.

Om de dupliceringarna som föreslås i Stockholm Vattens åtgärdsplan genomförs minskar de totala utsläppen av kväve (från ledningsnät + reningsverk). Utsläppen av metaller till vatten ökar, främst beroende av att reningseffekten i de lokala dagvattenanläggningarna beräknas till max 50 % vilket kan jämföras med över 90 % för reningsverken. Dupliceringarna resulterar dock i en minskning av tungmetaller i slam med ca 1 % av totala årsinnehållet.

I Figur 9-3 på nästa sida finns en illustration om hur olika åtgärder kan ge olika konsekvens och miljönytta. Bilden är förmodligen inte komplett men kan ge tankar kring komplexitet av vilka åtgärder som kan vägas mot varandra.

¹⁵ Anlägga en ny separat ledning avsedd för dagvatten (och en för spillvatten) och koppla om belastande dagvattenflöden *från* den befintliga kombinerade ledningen *till* den nya dagvattenledningen.



Figur 9-3 Illustration av analys av åtgärder, konsekvenser och miljöeffekt av åtgärder för att minska bräddning

10 Referenser

- Andreasson, M. Larsson, J. (1992); Bräddning – Problemets omfattning i svenska tätorter. VA-FORSK 1992-08.
- Alexandersson, H. (2003); Korrektion av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik. SMHI Meteorologi Nr 111, 2003.
- Berntsson, R. Hogland, W. Larson, M. Spångberg, Å. (1989); Upplagring och utspolning av föroreningar från kombinerade ledningsnät, Rapport Nr 3121. Institutionen för teknisk vattenresurslära, LTH/LU.
- Bäckman, H. Svensson; (1983); Chalmers Rapport Meddelande nr 69. Flödesmätning i avloppsnät med portabla utrustningar. Mätnoggrannhet under kontrollerade förhållanden i en 225 mm:s betongledning.
- Bäckman, H. (1984); Avloppsledningar i svenska tätorter i ett historiskt perspektiv, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1984
- Bäckman, H. Marklund, B. Olsson, B. Peterson, BL. Wästlin, T. (1993); Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem. VA-FORSK. Byggeforskningsrådet 1993-98.
- Bäckman, H. Hellström, B-G. Jaryd, A. Jonsson, Å. (1997); Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem. VA-FORSK. 1997:15.
- DHI (2011); Manual för MIKE Urban, (sparas på datorn som pdf-fil när programmet installeras).
- EPA (2001); Report to congress. Implementation and enforcement of the Combined Sewer Overflow Control Policy. United State Environmental Protection Agency. December 2001.
- Gustafsson, A-M. Svensson, G. (1996); Bedömningsgrunder för ovidkommande vatten i avloppsnät-Metodikmanual, VA-FORSK 1996-06.
- Gruber, Winkler, Pressl (2005); Continuous monitoring in sewer networks an approach for quantification of pollution loads from CSOs into surface water bodies. Water Science & Technology Vol 52 No 12 pp 215–223.
- Granlund, B. Nilsson, D. (2000); Mätningar i avloppsnät samt principer för verifiering av avloppsmodeller, VA-FORSK Rapport 2000-7.
- Hagberg, A. (2009); Provtagning och analys av totalkväve, fosfor och BOD₇ på inkommande avloppsvatten till Guldfågeln AB:s reningsverk, Examensarbete i miljöteknik. Högskolan i Kalmar.
- Hernebring, C. Andreasson, M. Forsberg, B. (2000); Rapportering av årlig bräddning 1994-98 Erfarenheter från kommuner inom utvalda län. VA-FORSK 2000:14.
- Hernebring, C. (2001); Studier av samverkan mellan avloppsverk och ledningsnät. Del 1. Bakgrund och uppbyggnad av delmodeller. Del 2. Modelltillämpningar. Publikation Vatten 57: 95-111 och 113-122. Lund 2001.

Hernebring, C. (2008); När regnet kommer – effektivare utnyttjande av kommunernas nederbördsinformation. Svenskt Vatten Utveckling 2008-17.

Hogland, W. Berntsson, R. Larson, M. (1986); BRÄDDAVLOPP. Funktionsanalys, sanering och dimensionering av bräddavlopp. Byggforskningsrådet.

Hogland, W. Berntsson, R. Larson, M. (1989); Föroreningar från bräddavlopp, Rapport Nr 3120. Institutionen för teknisk vattenresurslära, LTH/LU.

Lundblad, U. Backö, J. (2012); Undersökningsmetoder för att hitta källorna till tillskottsvatten, Svenskt Vatten Utveckling 2012-13.

Larsson, L. (2004); Kemisk och mekanisk rening av bräddvatten, Examensarbete Lunds Tekniska Högskola. Avdelningen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik

Larsson, M. Berntsson, R. Hogland, W. (1984); Rening av bräddvatten- En litteraturstudie. Rapport Nr 3085. Institutionen för teknisk vattenresurslära, LTH/LU.

Lygren. (1980); Overlöp i avlöpsnett. Tillstånd idag og mulige tiltak. NIVA (Norsk Institutt for vannforskning) Rapport 8/80.

Lindholm, O. (1984); Dry weather deposition in combined sewer overflows In: Berntsson et al. (1989); Upplagring och utspolning av föroreningar från kombinerade ledningsnät.

Länsstyrelsen i Skåne (2007); Eriksson, S. Höglind, L. Policy för redovisning av avloppsledningsnätets saneringsplan. Version 070305. Länsstyrelsen i Skåne län. Miljöavdelningen.

Meyer, A. (2008); Modellering av huvudavloppsnätet – Framtagning och uppbyggnad av hydrauliska modeller på huvudavloppssystemet, Opublicerat manuskript, Stockholm Vatten LU

Naturvårdsverket. (2004); Fosforutsläpp till vatten år 2010 – delmål, åtgärder och styrmedel. Rapport 5364, maj 2004.

Naturvårdsverket. (1990); SNFS 1990:14 MS:32 Kungörelse med föreskrifter om kontroll av utsläpp till vatten- och markrecipient från anläggningar för behandling av avloppsvatten från tätbebyggelse;

Naturvårdsverket (1993) Bräddning från avloppsledningar – Kontroll av bräddning och bräddningsmängder, Allmänna råd 93:6, Song & Co AB, Solna.

Jacobsson, D. (2013); Muntlig intervju med David Jacobsson, Göteborg Kretslopp och Vatten.

Johansson, B. (2002); Friskt vatten och rena sjöar – Från VAV till Svenskt Vatten 1962 –2002, AB C O Ekblad & Co, Västervik

Ohlsson, L. Karlsson, D. Gustafsson, LG. (2011); Tätorters inverkan på recipienters bakteriella status. Svenskt Vatten Utveckling 2011-08

Peterson, S. (2013); Bräddning på ledningsnät. Översyn av mätmetoder och sammanställning av statistik. Norrköping Vatten.

Peterson, S. (2013); Jämförelsestudie av normalflöden till spillvattenpumpstationer. Examensarbete. Norrköping Vatten & Yrkeshögskolan i Hallsberg.

Rutsch, M. Müller, I. Krebs, P. (2004); Dynamics of rain-induced pollutographs of solubles in sewers. Int. Conference on Urban Drainage Modelling, Dresden 2004

Stockholm Vatten, (2000); Duplicering, är det bästa sättet att minska bräddningar till recipienterna? Miljö & Utveckling; Ledningsnät; Rapport nr 37-2000.

Säve-Söderbergh, Dryselius, Simonsson, Toljander (2013); Mikrobiologiska dricksvattenrisker-Behovsanalys för svensk dricksvattenförsörjning. Livsmedelsverket Rapport 20-2013.

Sakrabani, Vollertsen, Ashley and Hvitved-Jacobsen. (2009); Biodegradability of organic matter associated with sewer sediments during first flush. Science of the Total Environment, 407 (8). pp. 2989–2995.

SGU. (2013); Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01. Sveriges geologiska undersökning.

Stormtac. (2013); Beräkningsprogram för föroreningshalt i dagvatten. Utvecklat av Thomas Larm.

Svenskt Vatten. (2007); Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Meddelande M134. September 2007.

Svenskt Vatten. (2013); Remissvar till Miljödepartementet. 2013-02-25. Naturvårdsverkets redovisning av regeringsuppdrag om styrmedel för rening i kommunala reningsverk. Hämtat från hemsida: www.svensktvatten.se.

Trollhättan Stad. (2013); Muntlig information från Drazen Kendes

Tornevi, Axelsson, Forsberg (2013); Association between Precipitation Upstream of a Drinking Water Utility and Nurse Advice Calls Relating to Acute Gastrointestinal Illnesses.

Åström, J. Pettersson. (2007); Avloppsutsläpp och mikrobiologisk påverkan i råvattentäkten Göta älv, SVU Nr 2007-11.

Vattenwebb. (2013); hemsida: <http://vattenwebb.smhi.se/>

VISS. (2013); hemsida <http://www.viss.lansstyrelsen.se/MapPage.aspx>

Water UK. (2009); Background briefing. Combined Sewer Overflows. September 2009. Ej publicerat material.

Frågor avseende hydraulisk modellering:

Mattias Von Scherling – Stockholm Vatten AB
(har även delgett Figur 6-4, tack!)

Charlotta Magnergård – UMEVA

Hans Hammarlund – Tyréns

Johan Lindeblom – Borås Energi och Miljö

Stefan Milotti – VA SYD

Stefan Ahlman – Kalmar Vatten

Håkan Strandner – Göteborg Kretslopp och Vatten

Information/Intervju avseende övergripande arbete med bräddning:

Christer Stenmark – UMEVA

Robert Hansson – UMEVA

Richard Faber – Gästrike Vatten

Johan Söderblom – Gästrike Vatten

Sara Stake, Örebro kommun

Ulrika Carlsson – Strängnäs Energi AB (SVAB)

Eva Larsson – Strängnäs Energi AB (SVAB)

Ulf Nyberg – VA SYD

Pär Hisved – Helsing Vatten (Edsbyn och Bollnäs kommun)

Ulf Ödberg – MittSverige Vatten

Lena Nilsson-Ålind – Kalmar Vatten

Stefan Peterson – Norrköping Vatten

David Jacobsson – Göteborg Kretslopp och Vatten

Drazen Kendes – Trollhättan stad

Göran Åberg – Lilla Edet

Anders Lind – Svenskt Vatten

Länsstyrelsen Västra Götaland

Länsstyrelsen Gävleborg

Frågor avseende mätutrustning:

Jan Hedström – AquaDuctus i Skellefteå

Christer Stenmark – UMEVA om produkten Pipeguard

(Privat företag i Umeå)

Lars Gillsjö och Jessie Schroeck om produkter FrogLogger och Hawkeye,
DHI AB

Torbjörn Blomster – CACTUS Uniview

Sven-Göran Roos – PAAB (om produkter AVFM-5 och Stingray)

Referensmaterial har även varit en stor mängd miljörapporter hämtat från
hemsidor från olika kommuner i Sverige, ingen nämnd ingen glömd.

Bilaga 1 – Sammanställning av mätutrustning för bräddning

Mätutrustningen har utvecklats mycket under de senaste 5 åren. Idag finns kvalificerad mätutrustning där man på distans kan kontrollera mätdata och funktion samt där data kontinuerligt töms till databas via GPRS/GSM eller eget övervakningssystem. Många har dålig erfarenhet av mätningar men det beror oftast på att man använder föråldrade och enkla utrustningar samt att kunskapen att hantera utrustningen är bristfällig. I tabell 1 redovisas mätutrustning för bräddning. Kostnaderna avser mätutrustning exkl. installationskostnader.

Tillgång till ström behövs inte eftersom loggrarna är batteridrivna och vissa är mycket strömsnåla. Det finns exempel på loggrar som drivs av solceller (Nättraby i Karlskrona).

Ny (beprövad) teknik ger stora möjligheter att kunna få en tillräckligt bra kontroll över bräddvattenvolymer. Nödbräddningar via bräddavlopp som normalt bräddar sällan är oftast en driftfråga och upptäcks vid regelbunden tillsyn eller på annat sätt.

Informationen via GPRS skickas över vanliga mobilnätet. Beroende på övervakningssystemets uppbyggnad är det lätt/svårt att få kommunikationen med installerade loggrar att fungera.

Exempel på kostnader vid hyra av mätutrustning

Detta exempel är en grov kostnadsbild av vad en tillfällig mätinsats med flödesmätare i utloppsledning kan kosta.

- Hyra av en flödesmätare: ca 5 000 kr/mån och uppåt
- Hyra regnmätare: ca 500 kr/mån (för en enkel variant)
- Kostnad utsättning (avser en mätare): från ca 10 000 kr och uppåt (beroende på restid och hur lättillgängliga mätpunkterna är)
- Kostnad inhämtning, bearbetning av data och kvalitetskontroll (avser en mätserie): från ca 10 000 kr och uppåt.

Fler mätare i samma område kan kosta mindre per mätare.

Tabell 1 Mätutrustning för bräddning uppdelat i olika mätprinciper.
Kostnaderna avser mätutrustning exkl. installationskostnader¹

Mätprincip	Beskrivning	Kostnad per mätställe	Mätavvikelse	Övervakning/kommunikation	Drift och underhåll	Fördelar	Nackdelar
Maxnivåmätare	Metoder för att bestämma maximal nivå som uppstått vid bräddning. Exempelvis genom koppbräda eller flottör.	-	-	Ingen	Omfattande. Varje bräddpunkt måste besökas efter regn.	+ Enkel, billig	- Behöver tömmas efter varje brädd - Endast indikativ
Nivåvakt för tidsregistrering	Nivåvakt, exempelvis i form av en flytkropp, registrerar när bräddning påbörjar och slutar, genom att en angiven nivå överskrids.	2 tkr	-	Nivåvakt kan kopplas till centralt övervakningssystem, ex larm, och/eller separat logger.	Batteritid varierar mellan 2-5 år, se "logger".	+ Enkel, billig	- Endast indikativ
Logger ²	Används för att spara mätdata från givare. Loggern förser givarna med ström genom ett inbyggt batteri. Mätdata från loggern töms antingen i fält genom ex. USB-sticka eller skickas från inbyggt modem (GPRS1).	5-10 tkr	-	Beroende på fabrikat kan mätdata skickas via GPRS-modem eller hämtas i fält.	Batteritid beror på vad som mäts och tidsupplösning när data skickas. ²	+ Finns flexibla och batterisnåla varianter	Vissa loggrar kan vara osmidiga om de måste besökas och kopplas till en laptop för tömning.
Nivåmätare	Kontinuerlig mätning görs vid bräddning, dvs när en angiven nivå överskrids. Med hjälp av tid och registrerad nivå kan flöde beräknas med ekvation utifrån utloppets utformning. Det finns dränkbara tryckgivare och torra ultraljudsgivare.	5-30 tkr	+/- 5-10 %	Kan kopplas till centralt övervakningssystem och/eller separat logger.	Se "logger". Tryckgivare måste ofta kalibreras om då de "driftar". Det behövs normalt inte för ultraljudsgivare.	+ Billigare än flödesmätare + Finns prisvärda paketpris för uppsättning av flera mätare som test.	- Stor felmarginal beroende på utloppets utformning. - Måste räkna med rätt ekvation alternativt utföra avbördningskurva
Mätöverfall	Samma princip som för nivåmätning, med den skillnaden att ett överfall (skibord) installeras. Flöde beräknas utifrån ekvationen för skarpkantat överfall.	10 tkr	+/- 5 %	Kopplas till separat logger.	Se "logger".	+ Bättre noggrannhet än nivåmätare utan överfall + Billigare än flödesmätare	- Fungerar inte om bräddutloppet däms upp över överfallskant. - Dyrare än nivåmätare utan överfall
Flödesmätare, dopplerteknik	V/h-mätare som mäter nivå med ultraljud och tryckgivare, samt hastighet med dopplermetoden. Utifrån hastighet och nivå beräknas flödet.	40-60 tkr ³	+/- 2-5 %	Logger medföljer. Beroende på fabrikat kan mätdata skickas via GPRS-modem eller hämtas i fält.	Se "logger". Mer data sparas så batteritiden blir generellt kortare. Mätaren bör ses till och data bör kontrolleras med jämna mellanrum.	+ Flödet mäts istället för beräknas + Kan mäta flöde åt båda håll + Billigare än kors-korrelationsmätare	- Dyrare än nivåmätare - Sämre noggrannhet än v/h-mätning med kors-korrelation - Kräver batteri-byte relativt ofta
Flödesmätare, kors-korrelation	V/h-mätare som mäter nivå med ultraljud och tryckgivare, samt hastighet med kors-korrelation. Därmed mäts, istället för beräknas, flödet. Utifrån hastighet och nivå beräknas flödet.	130-140 tkr	+/- 2 %	Logger och GPRS-modem medföljer. Mätdata kan skickas via GPRS-modem eller hämtas i fält.	Batteri håller ca 1 månad med 2 minuters upplösning (vid aktivt GPRS-modem). Endast en leverantör har kollats.	+ Flödet mäts istället för beräknas + Kan mäta flöde åt båda håll + Bättre noggrannhet än v/h-mätning med doppler	- Dyraste mätmetoden - Kräver batteri-byte relativt ofta

¹ GPRS – General Packet Radio Service – överför data trådlöst i GSM-nätverk. Om loggern är försedd med GPRS-modem kan denna sända mätdata trådlöst för avläsning på internet.

² En logger kan vara flexibel och passa både för nivågivare, nivåmätare och ev flödesmätare. Batteritiden varierar mycket mellan olika märken och detta bör kollas upp. Några exempel på batteritid som inhämtats från olika leverantörer är 6 månader med 2 minuters upplösning (vid fälttömning), 1 års batteritid med 5 minuters upplösning, 2 år vid registrering 1 gång per timme samt 5 års batteritid med 5 minuters upplösning och tömning (kommunikation med övervakningssystemet) Iggn/dygn.

³ Prisuppgift gäller exkl GPRS-modem.

Bilaga 2 – Hydrauliska beräkningsmetoder

I denna bilaga redovisas metodik för att beräkna ett samband mellan uppmätt vattennivå och bräddflöde samt exempel på bräddutlopp. Utifrån uppmätt vattennivå kan bräddflöde/bräddvolym beräknas med hjälp av matematiska ekvationer eller empiriska samband mellan nivå och flöde.

- *Alternativ 1:* Matematisk beräkning med ekvationer för avbördning över rännor och överfall
- *Alternativ 2:* Uppmätt samband mellan bräddflöde och vattennivå vid bräddpunkten.

Alternativ 1: Matematiska beräkningar och samband

Ekvation för beräkning av bräddflöde över rektangulär ränna eller överfall är:

$$Q = 2/3 \cdot b \cdot \mu \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{2g}$$

Q = flöde (m^3/s)

h = överfallshöjd (m), dvs skillnad mellan vattennivå och bräddnivå (se figur 1)

b = längd på överfallet (m), se figur 3.

μ är en enhetslös koefficient som beror på överfallshöjden h och bräddens (överfallets) form (H för skarpkantat överfall och B för brett överfall). I tabell 1 visas värden för koefficienten. Det går bra att anta att koefficienten är konstant under hela bräddtillfället (är i storleksordningen ca 0,6–0,7 för ett skarpkantat överfall och ca 0,5–0,6 för ett brett överfall)

g = tyngdacceleration ($9,81 \text{ m/s}^2$)

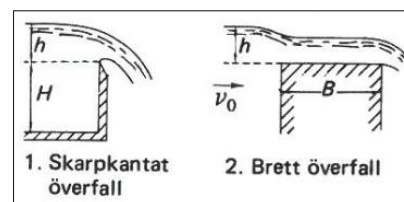
Det finns en motsvarande formel som ska användas vid triangulärt överfall.

Tabell 1 Koefficient som används för beräkning av avbördning över rännor och överfall

Överfall	h/H	h/B	μ
Skarpkantat (stråle med luftad undersida)	0,1		0,62
	0,2		0,625
	0,5		0,64
	1,0		0,68
	2,0		0,75
Brett		0,1	0,48
		0,2	0,49
		0,5	0,50
		1,0	0,53
		2,0	0,62

Följande parametrar måste mätas in manuellt vid varje bräddpunkt:

- Bräddnivå (angett i aktuellt koordinatsystem).
- Längd på överfallet (m) (tvärsgående).
- Höjd (H) respektive bredd (B) enligt figur 1 ovan.

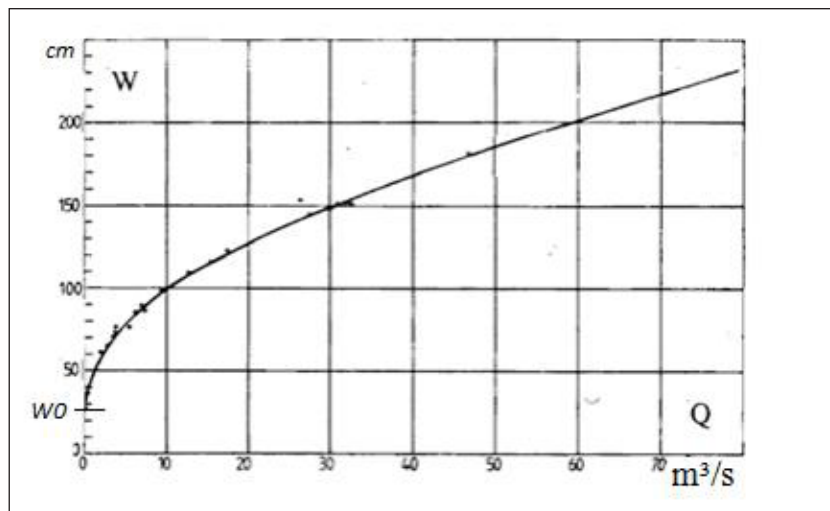


Figur 1

Två varianter av rektangulärt överfall

Alternativ 2: Avbördningskurva

En avbördningskurva är ett uppmätt samband mellan uppmätt bräddflöde och korrelerande vattennivå vid bräddpunkten. Ett exempel visas i figur 2.



WO = bräddnivå
W = uppmätt vattennivå
Q = Uppmätt bräddflöde i bräddledningen

Figur 2 Exempel på utformning av en avbördningskurva.

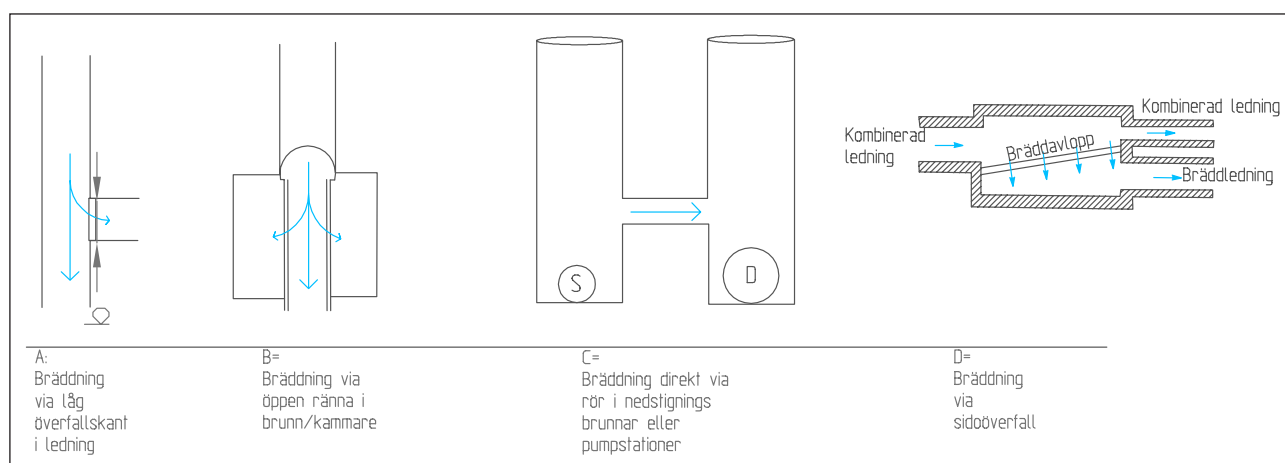
För att kurvan skall ha en tillräcklig noggrannhet bör en kontinuerlig flödesmätning utföras i utgående bräddledning under ett bräddtillfälle då bräddflödet varierar. Samtidigt mäts vattennivån vid bräddpunkten. Mätresultaten plottas mot varandra och det empiriska sambandet erhålls.

Följande parametrar måste mätas in manuellt vid varje bräddpunkt:

- Bräddnivå (angett i aktuellt koordinatsystem).

Exempel på olika bräddars utformning och tillämpbar metod

I figur 3 visas schematiska bilder på olika typer av bräddar i ledningsnät. Observera alltid risken för bakvatteninträngning!



Figur 3 Olika utformning på bräddar. Bokstaven A–D refererar till beskrivning av lämplig beräknings/mätmetod, se beskrivning på nästa sida.

- A Bräddning vid låg överfallskant i ledning. Om bräddlängden är < 500mm använd Alternativ 1 oavsett om brädden är skarpkantat eller brett rektangulärt (eller triangulärt) överfall, Om bräddlängden är > 500mm använd Alternativ 2, dvs att mäta flödet i bräddledningen samtidigt som vattennivån mäts vid bräddpunkten. Därefter ansätts ett empiriskt samband mellan nivå och bräddflöde.
- B Bräddning via öppen ränna i brunn/kammare. Det är viktigt att anpassa beräkningen av bräddflöde utifrån det faktum att vattennivån varierar längs kanten på bräddrännan, speciellt om den är längre än 0,5 meter. Då är det bäst att använda Alternativ 2
- C v/h-mätare är att föredra. Erfarenhetsmässigt ger mätning med nivå-givare och omräkning till flöde stor felmarginal (Trollhättan, 2013). v/h-mätaren kan även registrera negativt flöde, dvs bakvatteninträngning.
- D Bräddning via sidoöverfall. Beroende av utformningen (längden jmf A) på brädden kan såväl Alternativ 1 som Alternativ 2 användas.

Bilaga 3 – Utökad belastningsberäkning, exempel Gavleån

Analysen som genomförts nedan har utförts manuellt för ett vattendrag. Detta arbete kan genomföras som en GIS-analys och siffrorna kopplas då via det geografiska läget på bräddpunkten/delavrinningsområde/vattenförekomst.

Förklaring av variabler:

Recipientnamn och vattenförekomst-ID:

Information från VISS (www.viss.lst.se): Sök fram aktuell vattenförekomst i VISS, antingen via karta eller via recipientens namn. Vattenförekomstens ID betecknas som EU_CD och inleds med SE följt av koordinater, t.ex. SE672216-156029.

Påverkan av övergödning (JA/NEJ):

Information från VISS (www.viss.lst.se): Sök fram aktuell vattenförekomst i VISS, antingen via karta eller via recipientens namn. Under rubrik Miljöproblem hämtas uppgift om Övergödning ”ja” eller ”nej” för aktuell vattenförekomst.

Fosfor från bräddpunkt (kg/år):

Årlig mängd P_{tot} från bräddpunkt. Erhålls genom beräkning av schablonvärden på N_{tot} -halt i bräddvatten. I detta fall: årlig bräddvolym från år 2012, uppmätt föroreningshalt i bräddvatten vid Duvbackens ARV (2,3 mg/l).

Kväve från bräddpunkt (kg/år):

Årlig mängd N_{tot} från bräddpunkt. Erhålls genom beräkning av schablonvärden på N_{tot} -halt i bräddvatten. I detta fall: årlig bräddvolym från år 2012, uppmätt föroreningshalt i bräddvatten vid Duvbackens ARV (22 mg/l).

Total fosforbelastning på recipient (kg/år):

Information från vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>): Klicka på ”Ladda ner modellresultat per område”. Hitta recipienten och klicka på den. Inforuta om avrinningsområdet tänds, klicka på ”Ladda ner data (xls)”. Under flik ”Källfördelning” i nedladdad excelfil summeras fosfor (kg/år) under rubrik ”Totalt brutto för hela avrinningsområdet (TGW)”. TGW förklaras vidare under rubrik ”Förklaringar av begrepp på SMHI:s vattenwebb” nedan.

BRÄDD-PUNKT	Recipientnamn och vattenförekomst-ID	Påverkan av övergödning (JA/NEJ)	Fosfor från bräddpunkt (kg/år)	Kväve från bräddpunkt (kg/år)	Total fosforbelastning på recipient (kg/år)	Andel av total fosforbelastning på recipient (%)	Total kvävebelastning på recipient (kg/år)	Andel av total kvävebelastning på recipient (%)	Fosforbelastning inom delavrinningsområdet (kg/år)	Fosforbelastning från delavrinningsområdet till havet (kg/år)	Fosfor från bräddning som når havet (kg/år)	Bräddpunktens andel av avrinningsområdets fosforbelastning på havet (%)	Kvävebelastning inom delavrinningsområdet (kg/år)	Kvävebelastning från delavrinningsområdet till havet (kg/år)	Kväve från bräddning som når havet (kg/år)	Bräddpunktens andel av avrinningsområdets kvävebelastning på havet (%)
3:e Tvär-gatan	Gavleån (SE672216-156029)	JA	0,03	0,24	23826	0 %	942108	0,000 %	164	162	0,03	0,02 %	1724	1676	0,23	0,01 %
Forsbacka park	Gavleån (SE672216-156029)	JA	0,05	0,36	20497	0 %	852399	0,000 %	51	50	0,04	0,09 %	933	911	0,35	0,04 %
Forsbacka-verket	Gavleån (SE672216-156029)	JA	7,95	64	20497	0 %	852399	0,007 %	51	50	7,79	16 %	933	911	62	6,8 %
Lexe 1	Gavleån (SE672928-157021)	JA	0,05	0,36	22211	0 %	902619	0,000 %	72	72	0,05	0,06 %	987	973	0,35	0,04 %

Andel av total fosforbelastning på recipient (%):

Bräddpunktens andel av totala fosforbelastningen i recipienten. Beräknas utifrån "Fosfor från bräddpunkt" och "Total fosforbelastning på recipient".

Total kvävebelastning på recipient (kg/år):

Information från vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>): Klicka på "Ladda ner modellresultat per område". Hitta recipienten och klicka på den. Inforuta om avrinningsområdet tänds, klicka på "Ladda ner data (xls)". Under flik "Källfördelning" i nedladdad excelfil summeras kväve (kg/år) under rubrik "Totalt brutto för hela avrinningsområdet (TGW)". TGW förklaras vidare under rubrik "Förklaringar av begrepp på SMHI:s vattenwebb" nedan.

Andel av total kvävebelastning på recipient (%):

Bräddpunktens andel av totala kvävebelastningen i recipienten. Beräknas utifrån "Kväve från bräddpunkt" och "Total kvävebelastning på recipient".

Fosforbelastning inom delavrinningsområdet (kg/år):

Information från vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>): Klicka på "Ladda ner modellresultat per område". Hitta recipienten och klicka på den. Inforuta om avrinningsområdet tänds, klicka på "Ladda ner data (xls)". Under flik "Källfördelning" i nedladdad excelfil summeras fosfor (kg/år) under rubrik "Brutto för delavrinningsområdet (GTW)". GTW förklaras vidare under rubrik "Förklaringar av begrepp på SMHI:s vattenwebb" nedan.

Fosforbelastning från delavrinningsområdet till havet (kg/år):

Information från vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>): Klicka på "Ladda ner modellresultat per område". Hitta recipienten och klicka på den. Inforuta om avrinningsområdet tänds, klicka på "Ladda ner data (xls)". Under flik "Källfördelning" i nedladdad excelfil summeras fosfor (kg/år) under rubrik "Netto till havet för delavrinningsområdet (NWP)". NWP förklaras vidare under rubrik "Förklaringar av begrepp på SMHI:s vattenwebb" nedan.

Fosfor från bräddning som når havet (kg/år):

Beräknas utifrån "Fosfor från bräddpunkt" multiplicerat med kvoten av "Fosforbelastning från delavrinningsområdet till havet" och "Fosforbelastning inom delavrinningsområdet".

Bräddpunktens andel av avrinningsområdets fosforbelastning på havet (%):

Beräknas utifrån "Fosfor från bräddpunkt" multiplicerat med kvoten av "Fosforbelastning från delavrinningsområdet till havet" och "Fosforbelastning från delavrinningsområdet". Utfallet divideras med "Fosforbelastning från delavrinningsområdet till havet" för att få andelen till havet.

Kvävebelastning inom delavrinningsområdet (kg/år):

Information från vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>): Klicka på "Ladda ner modellresultat per område". Hitta recipienten och klicka på den. Inforuta om avrinningsområdet tänds, klicka på "Ladda ner data (xls)". Under flik "Källfördelning" i nedladdad excelfil summeras kväve (kg/år) under rubrik "Brutto för delavrinningsområdet (GTW)". GTW förklaras vidare under rubrik "Förklaringar av begrepp på SMHI:s vattenwebb" nedan.

Kvävebelastning från delavrinningsområdet till havet (kg/år):

Information från vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>): Klicka på "Ladda ner modellresultat per område". Hitta recipienten och klicka på den. Inforuta om avrinningsområdet tänds, klicka på "Ladda ner data (xls)". Under flik "Källfördelning" i nedladdad excelfil summeras kväve (kg/år) under rubrik "Netto till havet för delavrinningsområdet (NWP)". NWP förklaras vidare under rubrik "Förklaringar av begrepp på SMHI:s vattenwebb" nedan.

Kväve från bräddning som når havet (kg/år):

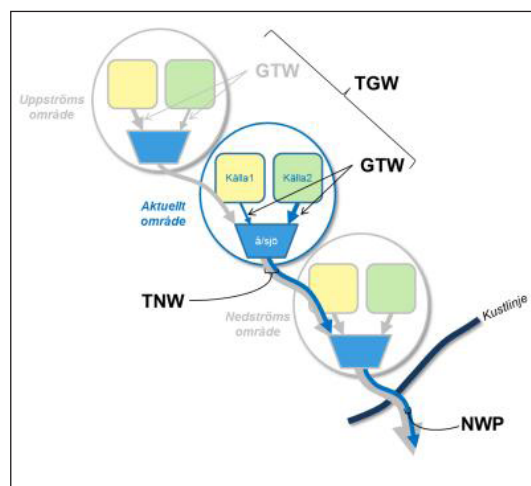
Beräknas utifrån "Kväve från bräddpunkt" multiplicerat med kvoten av "Kvävebelastning från delavrinningsområdet till havet" och "Kvävebelastning från delavrinningsområdet".

Bräddpunktens andel av avrinningsområdets kvävebelastning på havet (%):

Beräknas utifrån "Kväve från bräddpunkt" multiplicerat med kvoten av "Kvävebelastning från delavrinningsområdet till havet" och "Kvävebelastning från delavrinningsområdet". Utfallet divideras med "Kvävebelastning från delavrinningsområdet till havet" för att få andelen till havet.

Förklaring av begrepp på SMHI:s vattenwebb:

- **GTW:** Lokal bruttobelastning på ytvattnet från delavrinningsområdet. Summerad belastning från olika källor på vattendrag/sjöar inom ett delavrinningsområde. Endast eventuell avskiljning/retention i mark/grundvatten har dragits bort från berörda utsläppskällor.
- **TGW:** Total bruttobelastning på ytvattnet från hela avrinningsområdet. Summerad belastning från olika källor på vattendrag/sjöar i hela uppströmsområdet, inklusive det lokala delavrinningsområdet. Endast eventuell avskiljning/retention i mark/grundvatten har dragits bort från berörda utsläppskällor.
- **NWP:** Lokal nettobelastning från delavrinningsområdet på havet. Det resulterande bidraget från källorna i det lokala delområdet, efter avskiljning/retention under transporten till havet. Både den lokala retentionen i mark- och ytvatten i delområdet, samt retentionen mellan delområdets utloppspunkt och havet, har dragits bort.
- **TNW:** Total nettobelastning från hela avrinningsområdet. Den resulterande belastningen efter avskiljning/retention under transporten från alla källor i uppströmsområdet, inklusive det lokala delområdet. Retention i både mark och ytvatten har dragits bort.

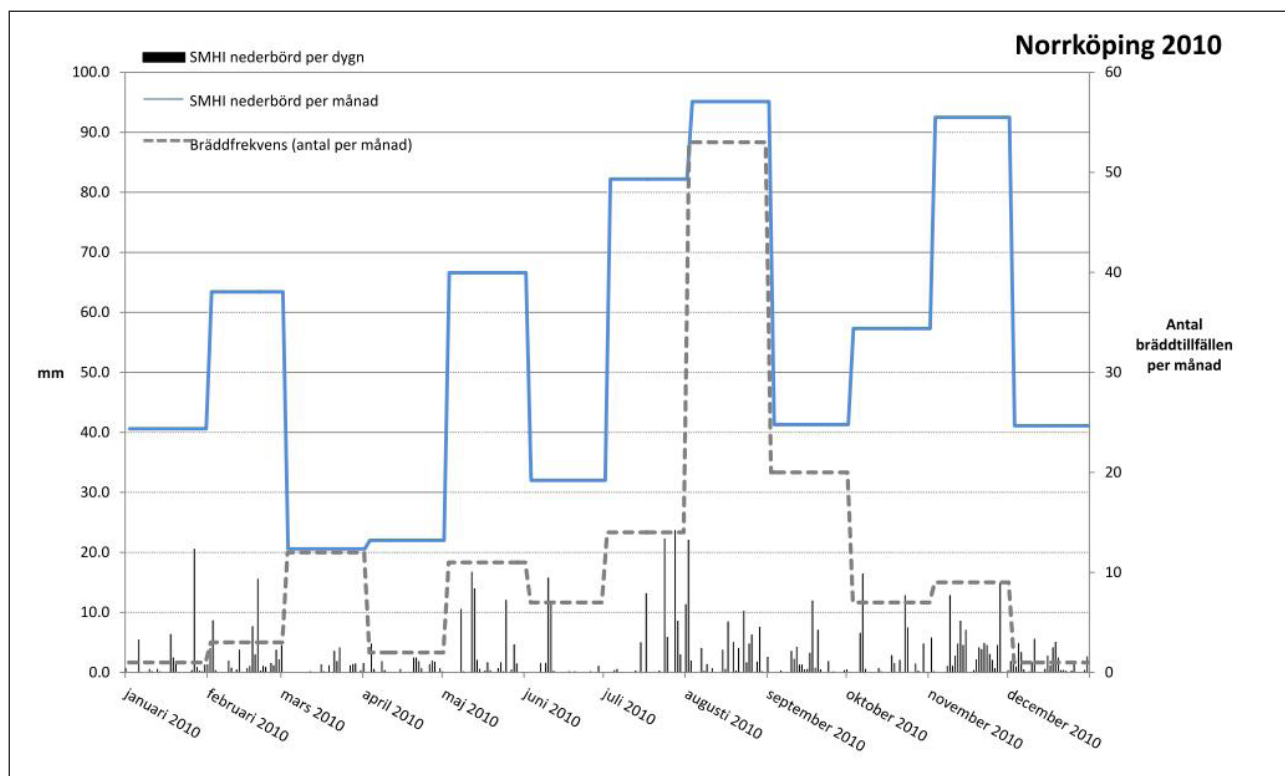


Bilaga 4 – Exempel på redovisning av bräddstatistik

I figur 1, figur 3 och figur 5 visas bräddstatistik för 3 år (2010, 2011 och 2012) i Norrköping som har jämförts med uppmätt regndata från en nederbördsstation (SMHI:s) som dygnsvärden och som månadsvärden.

I Norrköping har bräddfrekvens (antalet tillfällen per månad) valts som enhet och endast ett avrinningsområde valts ut. Totalt antalet kända bräddpunkter är 72 st vid pumpstationer och ytterligare 21 st på ledningsnätet, dvs totalt 93 st. Av dessa så är det 22 st som har bräddat 1 gång eller mer (vilket visas i figur 8).

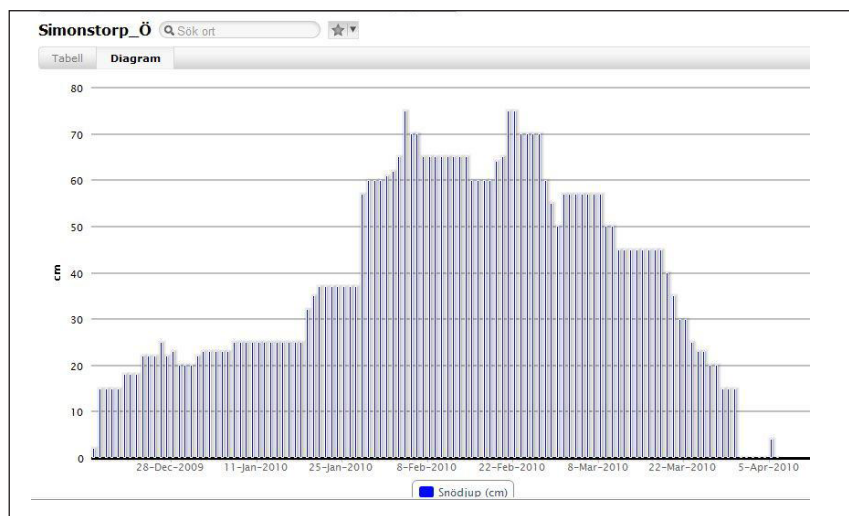
Enligt SNV:s bräddrapporteringshänvisningar ska man rapportera ”antal bräddygn”. I detta fall används den data som fanns tillgänglig, nämligen antalet bräddtillfällen per månad. Om ett regn orsakar bräddning vid 5 pumpstationer registreras 5 bräddtillfällen.



Figur 1 Bräddstatistik kopplat till regnstatistik, Norrköping 2010. Endast hydrauliska bräddar.

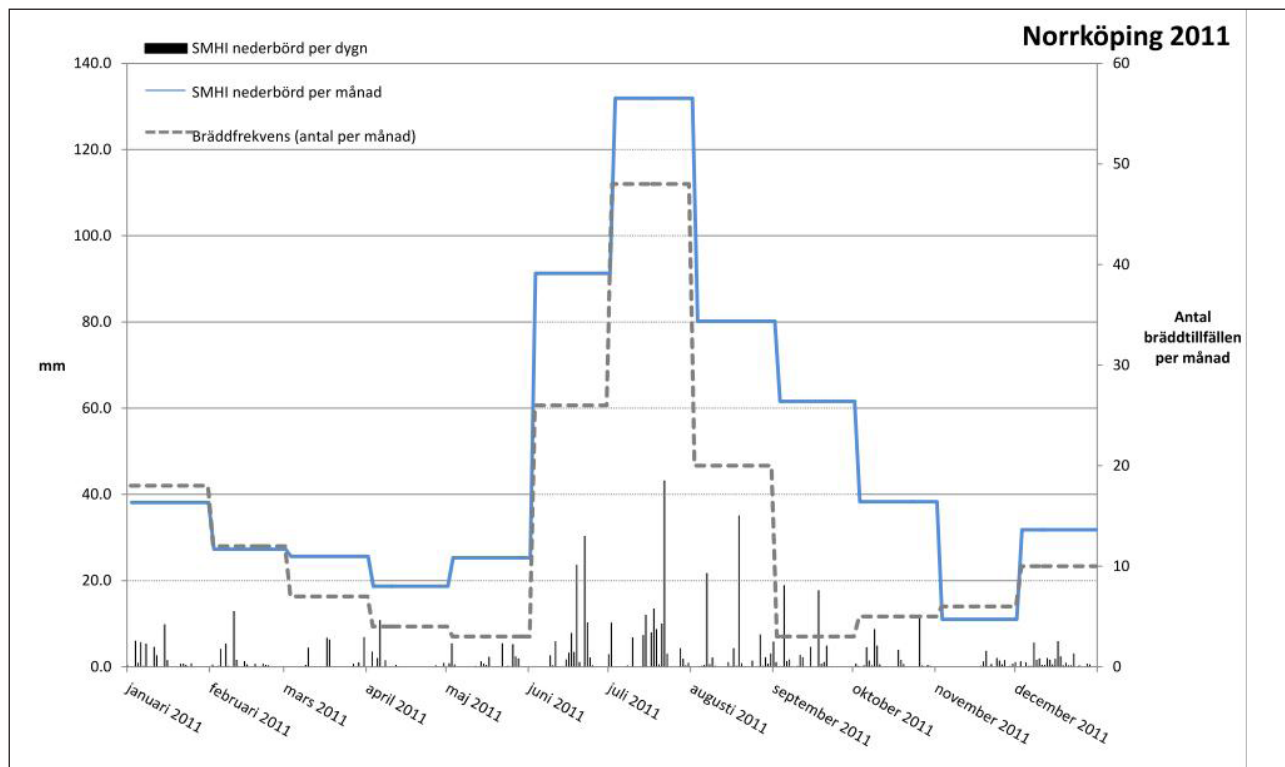
Bräddfrekvensen är som mest drygt 90 bräddningar under en månad, dvs i augusti 2010. Trots stora regnmängder i februari, maj, juli, oktober och november så orsakade detta inte särskilt mycket bräddning. Bräddfrekvensen har med andra ord dålig koppling till nederbördsdata, vilket kanske inte är så konstigt eftersom det är svårt att jämföra antalet bräddtillfällen eller bräddvolymen från ett stort avrinningsområde mot nederbördsdata från en enda regnmätare. Det var mycket snö under vintern 2010 (75 cm), men det var ingen dramatisk snösmältningsperiod (0,5 m snö smälte undan på

en månads tid), vilket visas i Figur 2. Man kan dock se en ökning i antalet bräddtillfällen under mars.

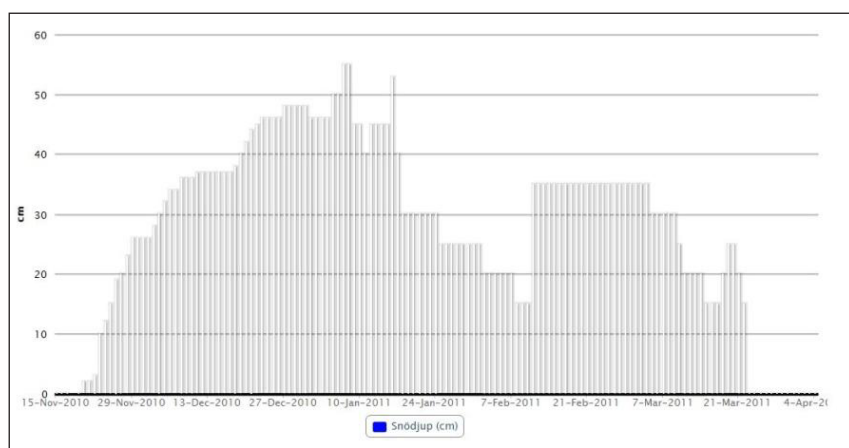


Figur 2 Snödjup (cm) i Norrköping under vintern 2010. Bild skapad på SMHI:s hemsida.

I figur 3 visas samma statistik för år 2011. I juni (22/6) månad föll först ett 10-års regn och sedan i juli (21–22/7) kom ett 40-års regn (registrerat av den enda använda nederbördsjätern). Den geografiska utberedningen av extremregnet är dock okänt. Antalet bräddtillfällen var som högst under juni och juli. Det går dock inte att fullständigt koppla årsvariationen av månadsvärden för bräddning och nederbörd under år 2011.

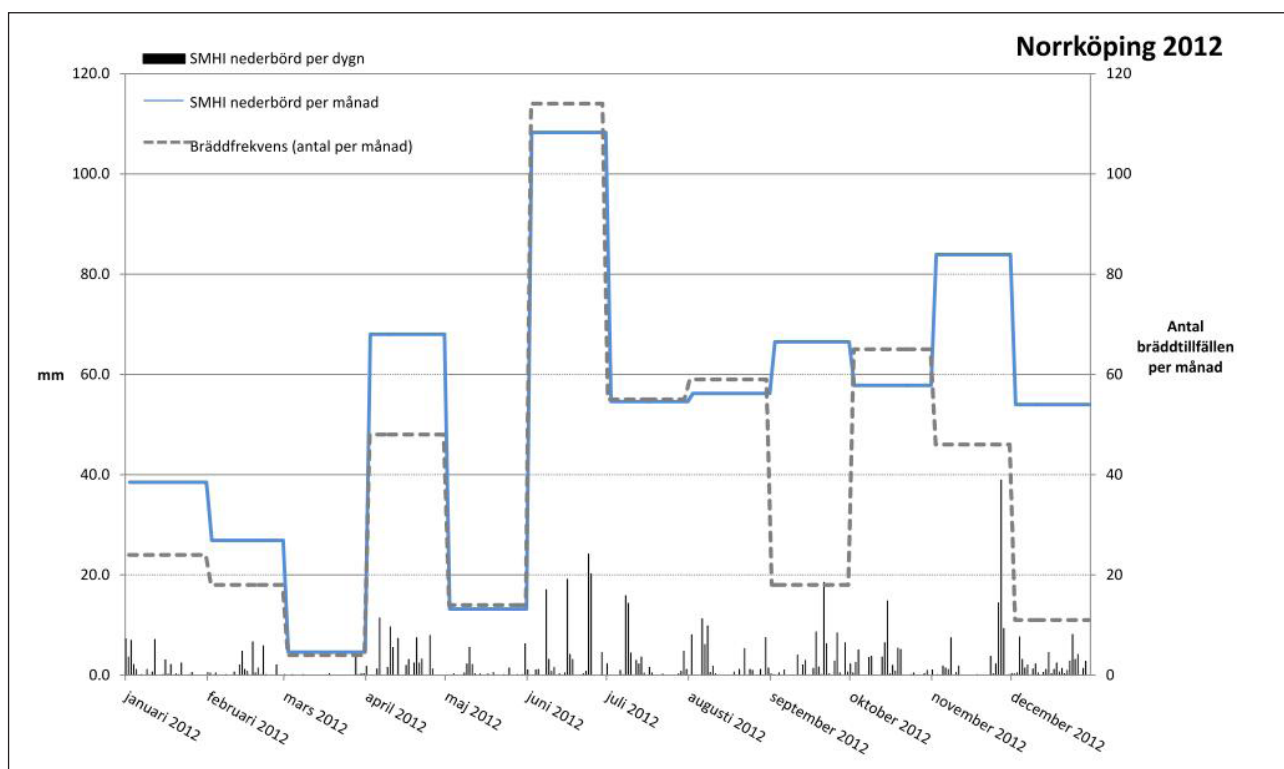


Figur 3 Bräddstatistik kopplat till regnstatistik, Norrköping 2011. Endast hydrauliska bräddar.



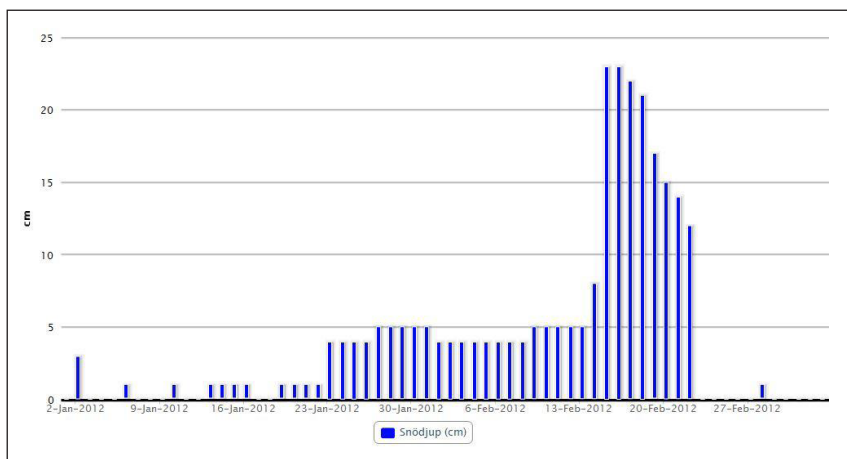
Figur 4 Snödjup (cm) i Norrköping under vintern 2011. Bild skapad på SMHI:s hemsida.

I figur 4 visas snödjupet under vintern 2011. Den relativt snabba avsmältning som skedde under slutet av januari och början av februari ser ut att ha orsakat en förhöjd frekvens av bräddtillfällen, åtminstone jämfört med åren 2010 och 2012.



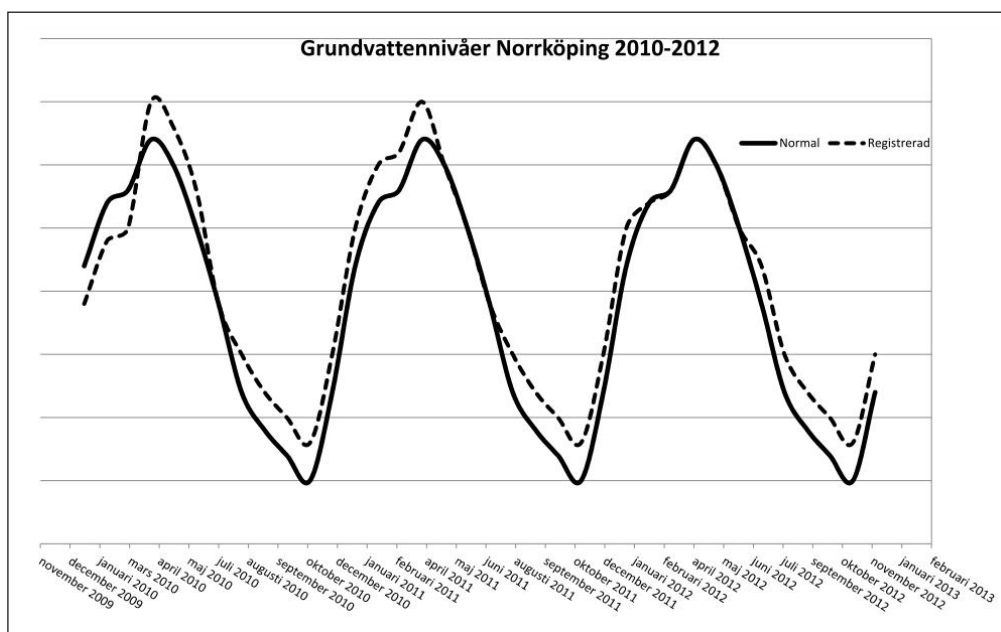
Figur 5 Bräddstatistik kopplat till regnstatistik, Norrköping 2012. Endast hydrauliska bräddar.

I figur 5 visas samma statistik för år 2012. I juni 2012 (24/6 och 25/6) föll stora regn (återkomsttiden är okänd) och är den månad som flest bräddtillfällen registrerades under de tre år som studerats (totalt 114 bräddtillfällen under juni 2012). I början av år 2012 följer månadsvärden för bräddning och nederbörd varandra medan det i september, november och december urskiljs stora avvikelser. En förklaring till detta kräver tillgång till mer detaljerat underlag från övervakningssystemet.



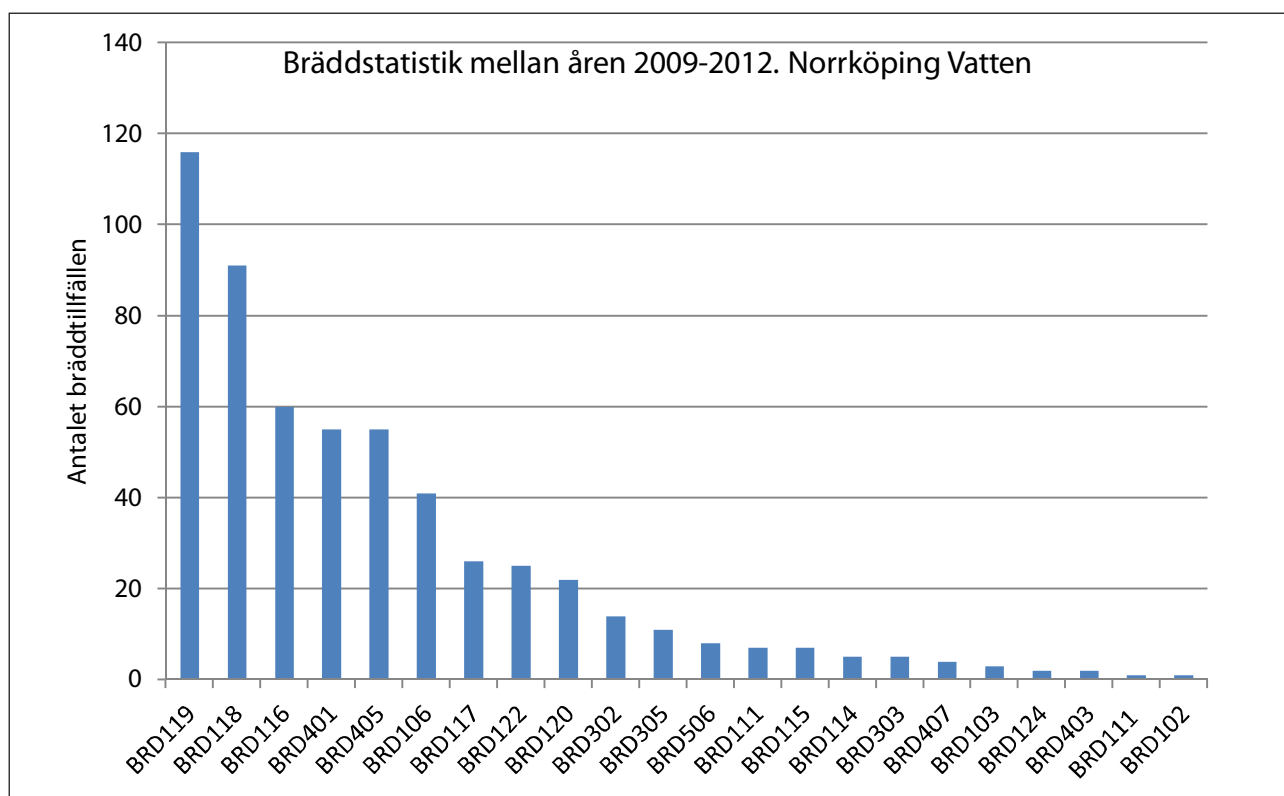
Figur 6 Snödjup (cm) i Norrköping under vintern 2012. Bild skapad på SMHI:s hemsida.

I figur 6 visas snödjupet under vintern 2012 som inte var särskilt snörik medan avsmältningen var relativt snabb i slutet av februari. I figur 7 illustreras årstidsvariation av grundvatten i små akvifärer samt perioder med förhöjda grundvattennivåer, dvs högre än normalt för månaden. Data finns tillgängligt på SGU:s hemsida men analysen måste göras på egen hand. En förhöjd grundvattennivå skulle kunna förklara en ökning av bräddning. I Norrköping är det inte möjligt att se någon korrelation.

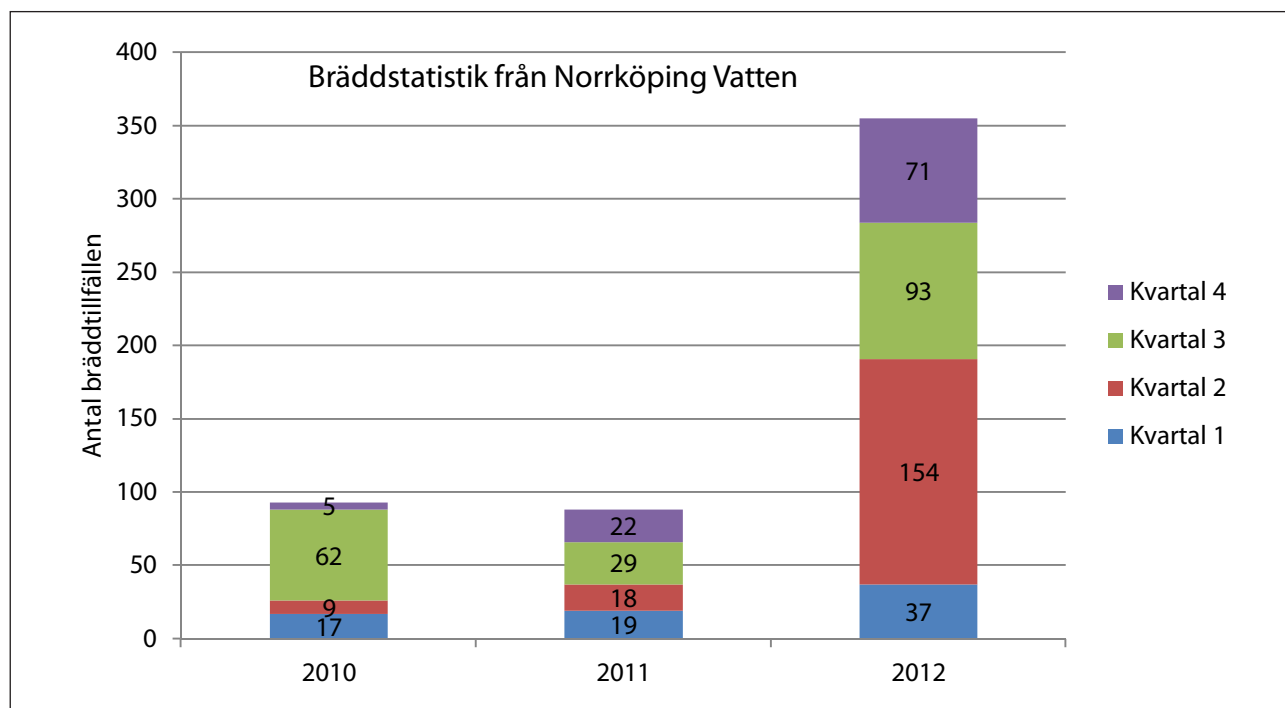


Figur 7 Registrerade grundvattennivåer jämfört med normalvariation i Norrköping mellan åren 2010–2012

I figur 8 har bräddstatistik valts att redovisas som antalet bräddtillfällen (inkl nöddräddar) uppdelat per bräddpunkt. Det ger en bra överblick vilka bräddpunkter som är mest frekventa. I figur 9 visas total statistik för ett avrinningsområde uppdelat i antalet bräddtillfällen (inkl nöddräddar) per kvartal. Utvecklingspotentialen ligger i att kunna redovisa bräddvolymen istället.



Figur 8 Bräddstatistik som antalet bräddtillfällen uppdelat per bräddpunkt från Norrköping mellan åren 2009–2012.



Figur 9 Bräddstatistik som antalet bräddtillfällen uppdelat per kvartal mellan åren 2010–2012



Box 14057 • 167 14 Bromma
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se