
Svenskt Vatten

UTVECKLING

Rapport
Nr 2023-6

Beslutsstöd för tillskottsvatten

Verktyg för vattenbalans, nulägesanalys och åtgärdsvärdering

Mathias von Scherling
Anna Ohlin Saletti
Karin Sjöstrand

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.

Författarna är ensamt ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 16714 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 16751 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

RAPPORTENS TITEL Beslutsstöd för tillskottsvatten. Verktyg för vattenbalans, nulägesanalys och åtgärdsvärdering

TITLE OF THE REPORT Decision support for Inflow and Infiltration. Tools for water balance and assessment of situation and suitable measures

FÖRFATTARE Mathias von Scherling, Tyréns, Anna Ohlin Saletti, Göteborgs stad, Karin Sjöstrand, RISE

RAPPORTNUMMER 2023-6

ANTAL SIDOR 67

SAMMANDRAG Ett beslutsstöd för hantering av tillskottsvatten har tagits fram. Det består av tre verktyg som är utvecklade i kalkylbladsfiler i Microsoft Excel: för vattenbalans, för nulägesanalys och för åtgärdsvärdering. Till verktygen finns en manual som presenteras i SVU-rapporten. Syftet är att ge svenska VA-organisationer ett stöd och en struktur för arbetet med tillskottsvatten.

SUMMARY A decision support regarding inflow and infiltration (I/I) to sewer systems has been developed based on tools for water balance as well as MCA tools for assessing the I/I situation and decision support for I/I measures. The object is to provide Swedish municipalities support and structure for their work with I/I.

SÖKORD Tillskottsvatten, vattenbalans, beslutsstöd, multikriterieanalys

KEYWORDS Inflow and infiltration, water balance, decision support, multi-criteria analysis

MÅLGRUPPER Förnyelse- och driftplanerare på VA-organisationer samt chefer och även konsulter som stödjer kommuner med tillskottsvattenanalys.

RAPPORT Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/>

UTGIVNINGÅR 2023

UTGIVARE ©Svenskt Vatten AB

REFERENS von Scherling M., Ohlin Saletti A. och Sjöstrand K. (2023). Beslutsstöd för tillskottsvatten. Verktyg för vattenbalans, nulägesanalys och åtgärdsvärdering. SVU-rapport 2023-6. Stockholm: Svenskt Vatten.

Om projektet

PROJEKTNUMMER 20-115

PROJEKTETS NAMN Utveckling av strategiskt beslutstöd kring tillskottsvatten

PROJEKTETS FINANSIERING Svenskt Vatten Utveckling

Förord

Denna rapport åtföljer de verktyg som tagits fram för att underlätta ett strukturerat arbete kring frågor som rör tillskottsvatten. Syftet med rapporten är framför allt att beskriva hur de framtagna verktygen fungerar och hur man ska använda dessa. Själva ämnet tillskottsvatten beskrivs översiktligt.

Vad är en acceptabel nivå på tillskottsvatten? Det måste relateras till de problem som tillskottsvattnet medför i förhållande till kostnad och genomförbarhet för åtgärder. Det måste också relateras till lokala förutsättningar för ledningsnätet vilka kan inverka mycket på mängden tillskottsvatten både på grund av ledningssystemets utformning och på naturliga förutsättningar på orten. Att reducera tillskottsvattenmängden är inget självändamål och behöver prioriteras mot andra behov inom verksamheten.

Arbetet har genomförts med utgångspunkt från ett tidigare genomfört projekt åt Norsk Vann (von Scherling et al. 2020). Rapport och verktyg har utvecklats av Mathias von Scherling, Tyréns, Anna Ohlin Saletti, Göteborgs Stad och Karin Sjöstrand, RISE. Arbetet har bedrivits i en arbetsgrupp där även Åsa Flydén, RISE, Gilbert Svensson, Vattenforum och Jon Røstum, Volue har ingått. Erika Qvick har medverkat i projektet genom sitt examensarbete på KTH (Qvick 2021).

En referensgrupp bestående av VA-ingenjörer i olika kommuner och VA-bolag har också medverkat vid workshops och lämnat synpunkter på framtagna verktyg. Tack till Andreas Bengtsson och Ingemar Clementson (NSVA), Johan Brunsten, Antje Koppen och Glen Nivert (Kretslopp och Vatten Göteborg), David Edlund (Nodra), Joakim Ekberg (Kungsbacka), Tommy Giertz (SVOA), Susanna Håkansson (Trollhättan Energi), Alf Händevik (Kalmar Vatten), Andreas Jonsheim (Nodra), Petter Walan (Vakin), David l'Ons (Gryaab), Jonathan Mattsson (VA SYD), Annelie Svensson (Lilla Edet) och Christina Vendel (Käppalaförbundet).

Tack också för medverkan till Lars-Göran Gustafsson på DHI. Ett särskilt tack till Alf Händevik på Kalmar Vatten för många bra synpunkter.

Mathias von Scherling
2023-04-13

Innehåll

| | |
|--|-----------|
| Förord | 2 |
| Sammanfattning | 4 |
| Summary | 5 |
| Läsanvisning | 6 |
| 1 Inledning | 7 |
| 1.1 Bakgrund | 7 |
| 1.2 Syfte och mål | 8 |
| 1.3 Avgränsningar | 8 |
| 2 Kort om tillskottsvatten | 9 |
| 2.1 Olika typer av vatten i avlopps nätet | 9 |
| 2.2 Olika typer av tillskottsvatten och deras orsak | 10 |
| 2.3 Tillskottsvattnets effekter | 11 |
| 2.4 Exempel på tillskottsvattenåtgärder | 12 |
| 3 Multikriterieanalys som underlag för beslut | 14 |
| 4 Utvecklade verktyg | 16 |
| 4.1 Överblick | 16 |
| 4.2 Förslaget arbetssätt med hjälp av verktygen | 18 |
| 5 Manual till verktyg | 22 |
| 5.1 Generellt om verktygens uppbyggnad och gränssnitt | 22 |
| 5.2 Vattenbalans | 23 |
| 5.3 Extra verktygslåda till vattenbalans | 28 |
| 5.4 Nulägesanalys | 33 |
| 5.5 Åtgärdsvärdering | 40 |
| 5.6 Till användaren | 45 |
| Referenser | 47 |
| Bilaga A Stöd kring kriterieval och poängsättning i åtgärdsvärdering och nulägesanalys | 50 |
| Bilaga B Beskrivning av beräkningar i verktyg | 55 |

Sammanfattning

Ett beslutsstöd för hantering av tillskottsvatten har tagits fram. Det består av tre verktyg som är utvecklade i kalkylbladsfiler i Microsoft Excel: för vattenbalans, för nulägesanalys och för åtgärdsvärdering. Till verktygen finns en manual som presenteras i SVU-rapporten. Syftet är att ge svenska VA-organisationer ett stöd och en struktur för arbetet med tillskottsvatten.

Tillskottsvatten kallas det vatten som inte är spillvatten men som leds till spillvattenledningsnät eller till kombinerade ledningsnät för både dagvatten och spillvatten. Tillskottsvatten är ett komplext problem att hantera. Man behöver veta hur mycket vatten det är, varifrån det kommer och hur det fördelas (vattenbalans). Vilka och hur stora är problemen med tillskottsvatten, och behövs det åtgärder (nulägesanalys)? Vilka åtgärder behövs i så fall, och vilka alternativ är bäst (åtgärdsvärdering)? Åtgärdsval kan i sin tur vara komplext. Både positiva och negativa effekter av åtgärder behöver synliggöras, kommuniceras och diskuteras.

Vattenbalansverktyget ska ge koll på tillskottsvattenmängderna och ge stöd för att dela upp dessa i olika flödestyper och på olika områden. Uppdelningen är viktig för att senare kunna lokalisera och åtgärda källorna till tillskottsvatten. Det finns många verktyg för mer avancerad men samtidigt mer krävande flödesanalys och modellering. Det vattenbalansverktyg som har utvecklats i projektet är tänkt att vara ett enkelt första steg som ger överblick innan mer ingående utredningar företas, om det bedöms nödvändigt.

I nulägesanalysen och i åtgärdsvärderingen får användaren värdera nuläget och olika åtgärdsalternativ. Värderingen görs med multikriterieanalys där användaren både får definiera poängsättningen och ge poäng för olika kriterier och dimensioner. Dimensionerna kan vara miljömässiga, sociala eller tekniska.

Nulägesanalysen och åtgärdsvärderingen tillhandahåller inga svar ”svart på vitt” på vad som är bra eller dåligt utan det är mycket upp till användaren att använda mallarnas struktur för att arbeta fram ett avvägt underlag för beslut. Innehållet i mallarna är förslag som kan ändras eller kompletteras. Verktyget är framtaget för tillskottsvatten men mallarna och metodiken skulle även kunna användas för andra problemområden.

Rapporten föreslår ett arbetssätt som går ut på att följa vattenbalansen, analysera och värdera nuläget när det gäller tillskottsvatten och bedöma om åtgärder är motiverade. Om ja, så gå vidare med att ta fram och värdera åtgärdsalternativ. Om nej, så fortsätt att hålla koll på utvecklingen.

Summary

Inflow and infiltration to sewer systems (I/I) is a complex problem to deal with. You need to know how much, in what way, what the cause is and also be able to assess the extent of the problem before planning of actions can begin. Choice of measures can in turn be a complex process with both positive and negative effects resulting from a chosen measure. The assessment needs to be presented in a transparent way that facilitates communication and discussion. This project has developed tools for working with I/I. The development is based on a previously completed project for Norsk Vann (von Scherling et al. 2020). Three tools have been developed: a tool for setting up a water balance, a tool for a current situation assessment and a tool to evaluate different measures. The tool package consists of:

- A Water Balance tool for multi-year follow-up of I/I for several areas and an associated toolbox for further flow analysis
- A Situation Assessment tool for the I/I-situation based on multi-criteria analysis
- A Measure Evaluation tool for different alternatives based on multi-criteria analysis

The tools are developed in spreadsheet files (Microsoft Excel).

The Water Balance tool is developed to be an aid to keep track of the I/I quantities and provide support for dividing I/I into different flow types and in different contributing areas. The division is important to later be able to locate and address the sources of I/I. There are many more advanced (but at the same time more demanding) tools for flow analysis and modelling. The developed water balance tool is intended to be the simple first step that provides an overview before more in-depth investigations are undertaken (if necessary).

In the Current Situation Assessment tool and in the Measure Evaluation tool, the user evaluates the current situation and different action options. The evaluation is done with multi-criteria analysis where the user can both set up and define scoring as well as evaluate / give points for different criteria and dimensions. The Current Situation Assessment and Measure Evaluation tools do not provide automatic answers to what is a good or a bad situation or measure. It is very much up to the user to utilize the structure of the templates to work out a balanced basis for decisions. The content of the templates (default values and chosen criterias) for these tools are suggestions that can be modified or supplemented. It is also a possibility that the templates can be used for areas other than I/I specifically. This can facilitate prioritization between different areas when the evaluation is carried out in a similar way.

Accompanying the tools, a describing report with a manual has been produced (this).

The report proposes a way of working that involves setting up and monitor the water balance, to analyse and assess the current situation regarding I/I and then assessing whether measures are justified. If yes, then proceed with developing and evaluating measure options. If no, then just continue to monitor the situation while prioritizing other areas of interest.

Läsanvisning

Denna rapport innehåller inledningsvis en kort genomgång kring tillskottsvatten men fokuserar senare på att beskriva de utvecklade verktygen. Kapitel 2 ger en allmän bakgrund kring tillskottsvatten som är tänkt att kunna vara ett stöd vid användning av verktyget från förståelse av olika typer av tillskottsvatten till vilka åtgärder som kan komma att bli aktuella. I kapitel 3 ges lite bakgrund till metoden för multikriterieanalys som kan läsas vid behov. I kapitel 4 beskrivs framtagna verktyg och föreslaget arbetssätt med hjälp av verktygen mer övergripande. I kapitel 5 finns sedan en mer detaljerad manual och i bilaga A och B ges ytterligare detaljer kring verktygens uppbyggnad och användning.

Ett förslag är att man läser inledningen, det övergripande avsnittet om utvecklade verktyg i kapitel 4 samt avsnitt om arbetsgång som finns för respektive verktyg i kapitel 5. Avsnitt 5.1 är viktigt för att förstå hur olika cellers färgsättning i verktygen berättar för användaren vilken interaktion som efterfrågas. Till exempel om rör det sig om en indata-cell eller en låst beräkningscell. Efter att ha testat verktygen kan man sedan återkomma till rapporten för ytterligare detaljer i kapitel 5 eller bilagorna.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Tillskottsvatten är en samlingsterm för tillkommande vatten utöver spillvatten som leds till spillvattenledningsnät eller till kombinerade ledningsnät. Det extra vattnet innebär en belastning av reningsverk och leder till ökad risk för bräddning och översvämning. Tillskottsvatten utgör ett stort och kostsamt problem, såväl i Sverige som i andra länder. Enligt statistiken i VASS (Svenskt Vatten 2021) tillförs i Sverige i medeltal lika mycket tillskottsvatten som spillvatten till avloppsreningsverken. Tillskottsvattnet medför ökade kostnader för pumpning och för rening av avloppsvattnet. Såväl på grund av högre flöden som kallare temperaturer i avloppsvattnet så orsakar tillskottsvatten en sämre reningsgrad på reningsverken. Höga flödestoppar vid regn eller snösmältning leder dessutom till både översvämning av källare och bräddning av orenat avloppsvatten till recipienter. På senare tid har tillskottsvatten alltmer hamnat i fokus hos tillsynsmyndigheter och det är inte ovanligt att krav på att ta fram en plan för reduktion av tillskottsvatten ställs i samband med tillståndsprocesser.

Det finns många olika källor till tillskottsvatten. Det kan handla om dagvatten från hårdgjorda ytor, husgrundsdräneringar, grundvatteninläckage samt inläckage från sjö och hav. Det kan också handla om dricksvattenutläckage som letar sig in i spillvattennätet. De olika källorna ger upphov till såväl snabba flöden (kortvariga höga flödestoppar) som tröga flöden (långvarig flödespåverkan) samt mer eller mindre konstanta basflöden av tillskottsvatten.

Vanligtvis står de snabba flödena för en mindre del av den årliga tillskottsvattenvolymen till reningsverket och de tröga flödena för den större delen. Samtidigt leder de snabba flödena ofta till merparten av tillskottsvattenrelaterade problem som översvämningar och bräddningar. Mål satta för att reducera den totala andelen tillskottsvatten kan därför bli dåligt kopplade till problembilden. I rapporten *Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem* (Bäckman et al. 1997) fastslås det att miljökrav formulerade baserat på enkla nyckeltal som till exempel tillskottsvattenandel leder till oförutsebara ekonomiska följder och dålig åtgärdseffektivitet. Det är då bättre att miljökraven kring tillskottsvatten bakas in i rullande förnyelseplaner och vävs samman med övriga mål och krav som gäller för förvaltningen av avloppssystemen.

För att åtgärda tillskottsvatten måste de olika källorna först identifieras till typ och lokaliseras. Det har tyvärr ofta i praktiken visat sig vara svårt att nå önskad effekt med åtgärder. Vid åtgärdsarbete är det viktigt att kunna kostnadsnyttoberäkna åtgärderna och då också ta med alla aspekter i utvärderingen av åtgärden – även de utanför själva VA-organisationen.

Frågan om tillskottsvatten blir snabbt komplex och leder till många frågor som till exempel:

- Uppfylls krav på verksamheten?
- I vilken grad är tillskottsvatten kopplat till att krav inte uppfylls eller kopplade till annan problematik?
- Vilken sorts tillskottsvatten är det som utgör det största problemet?
- Hur stor del av tillskottsvattenmängden går att åtgärda med en rimlig insats?
- Finns förutsättningar att arbeta med tillskottsvatten?
- Erhålls den effekt som önskas vid åtgärder?
- Vad kostar tillskottsvatten?
- Hur ska tillskottsvatten prioriteras i förhållande till andra förbättringsmål inom verksamheten?

RISE och senare Tyréns har utfört ett projekt åt Norsk Vann (von Scherling et al. 2020) där syftet var att ta fram ett verktyg som hjälper norska kommuner att svara på vad som är en hållbar nivå på tillskottsvatten. Slutsatsen i projektet var att det inte går att ge ett entydigt svar, en procentsats, som gäller för alla. Verktyget utformades därför på så sätt att varje kommun ges stöd att själv värdera tillskottsvattensituationen mot de problem som tillskottsvattnet medför liksom en modell för att väga kostnader för åtgärd mot minskade kostnader för tillskottsvatten.

Tillskottsvattenfrågan har varit uppmärksammas i decennier men ändå har inte mycket hänt avseende den totala mängden tillskottsvatten. Åtgärder som genomförts har ofta varit fokuserade på de snabba förloppen hos tillskottsvatten. Det behövs ett strukturerat arbete och tålamod för att nå framgång.

Att reducera mängden tillskottsvatten är inte ett självändamål utan måste vägas mot de kostnader och nyttor det medför liksom prioriteras mot andra mål i verksamheten. Det finns idag behov av ett enkelt verktyg för att hjälpa respektive kommun att utvärdera situationen, bedöma orsakerna samt hitta och sätta rimliga mål för tillskottsvatten – ett verktyg som skulle kunna användas både som grund vid investeringsbeslut och i diskussion med politiker och tillståndsmyndigheter.

1.2 Syfte och mål

Projektets syfte var att ta fram ett stöd åt svenska VA-organisationer för att underlätta ett strukturerat arbete med tillskottsvatten. Det handlar om att ta fram ett stöd för att få koll på tillskottsvattnet (hur mycket, varifrån, varför?), stöd för att analysera tillskottsvattensituationen (vilka är problemen?), och stöd för att kunna värdera olika åtgärdsalternativ (vilka åtgärder värderas bäst ur flera olika aspekter?).

Målet var att ta fram ett lättanvänt verktygspaket baserat på data som normalt är tillgänglig och lätt att ta fram hos VA-organisationer.

1.3 Avgränsningar

Denna rapport avgränsar sig till att tillhandahålla en beskrivning och en manual för de verktyg som är framtagna inom projektet. Den innehåller endast inramande texter kring tillskottsvatten för att sätta verktygen i ett sammanhang.

Verktygen för nulägesanalys och åtgärdsvärdering ger inget svar svart på vitt av vad som är bra eller dåligt utan utgör framförallt en struktur för arbetet kring nulägesanalys och värdering av åtgärdsalternativ på ett sätt som tydliggör beslutsprocessen.

2 Kort om tillskottsvatten

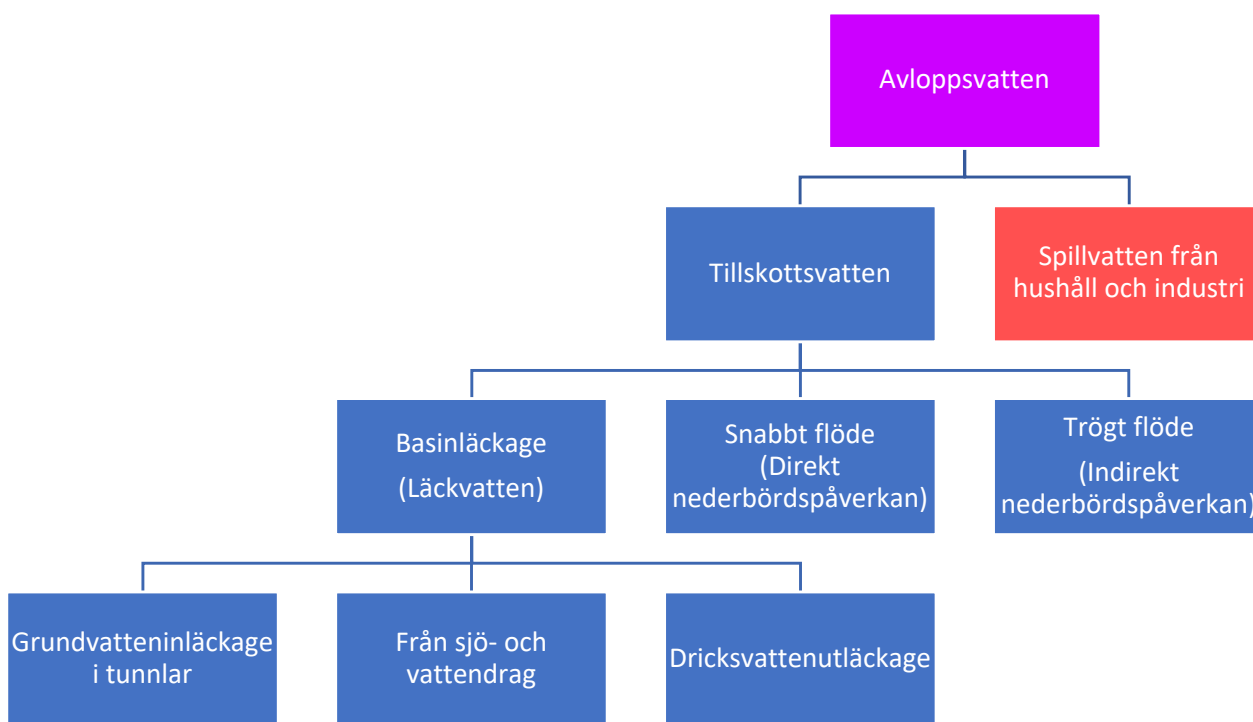
Tillskottsvatten definieras enligt Svenskt Vattens publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016) som ett "Samlingsbegrepp för vatten, som utöver spillvattnet avleds i spillvattenförande avloppsledning. Tillskottsvatten kan således vara dagvatten, dränvatten, inläckande sjö eller havsvatten med mera". I "med mera" kunde man lägga till inläckande grundvatten i tunnlar och inläckage från utläckande dricksvatten. Odebiterade vattenvolymer hamnar ofta i tillskottsvattenposten då denna vanligtvis beräknas som differensen mellan inkommande avloppsmängd och bedömd spillvattenmängd utifrån vattenförbrukning.

2.1 Olika typer av vatten i avloppsnätet

I Figur 2.1 nedan visas en uppdelning av avloppsvattnet i spillvatten och olika sorters tillskottsvatten.

Figur 2.1

Olika typer av tillskottsvatten i avloppsvattnet enligt vattenbalansen.



Snabba flöden utgörs framför allt av direkt nederbördspåverkan och motsvarar olika anslutningar till ledningsnätet. Tröga flöden beror mer av indirekt nederbördspåverkan. På modelleringsspråk har snabba och tröga flöden ofta benämnts FRC (Fast Runoff Component) och SRC (Slow Runoff Component). Uppdelningen kan göras lite olika. I en SVU-rapport (Clementson et al. 2020) definieras snabba flöden det som följer direkt på regn. Tröga flöden motsvarar förhöjt flöde i några dygn efter regn och grundvattenpåverkan en säsongsmässig variation av basflödet som varierar över hela året. I figuren ovan och i vattenbalansverket så har den del av basflödet som är mer eller mindre konstant brutits ut eftersom det inte är påverkat av hydrologin. Dessutom kan de representera flöden som högre grad kan åtgärdas om läckorna hittas.

Generellt när man diskuterar tillskottsvatten måste man hålla isär stora volymer och höga flöden där det i regel råder ett motsatsförhållande. Snabba höga flödestoppar vid

regn från hårdgjorda ytor och andra snabbt svarande arealer utgör i regel en liten del av totalvolymen under året medan tröga hydrologiska basflöden utgör merparten av tillskottsvattnet. Konstanta basflöden som t.ex. inläckage från sjö- och vattendrag kan också stå för stora årliga volymer. Någon liter per sekund blir stora årliga mängder då det är drygt 30 miljoner sekunder under ett år.

2.2 Olika typer av tillskottsvatten och deras orsak

Tillskottsvatten har ofta kallats ovidkommande vatten – vilket på svenska är en ganska konstig benämning eftersom det oftast språkligt används som ”irrelevant” men i fallet tillskottsvatten har det nog ofta tolkats som ”otillåtet”. Dess motsats, vidkommande, skulle då ses som ”tillåtet” vilket leder till funderingar kring hur man då bör betrakta det kombinerade avloppssystemet där tillskottsvatten var en del av systemfunktionen när det anlades. Oavsett benämning så är det oftast önskat. ”Tillskottsvatten” är en bra neutral benämning. Man kan skilja på tillskottsvatten som beror av systemutformning, av konditionsbrist, samt av fel. I följande stycken exemplifieras de olika typerna.

2.2.1 Tillskottsvatten på grund av systemutformning

Beroende på hur avloppssystemet är byggt kan tillskottsvatten vara en del av systemfunktionen. I kombinerade system är ledningarna avsedda att föra både spillvatten, dränvatten och dagvatten. Det finns separatsystem där det endast finns en spillvattenledning och där dagvattnet är tänkt att hanteras lokalt och i diken men där det erfarenhetsmässigt successivt kopplats på mer dag- och dränvatten. Det är inte heller ovanligt att kommuner tidigare tillåtit anslutning av dränvatten från hus med källare eftersom det höjdmässigt inte gått att ansluta till den högre liggande dagvattenledningen med självfall. I Tabell 2.1 ges exempel på olika källor till tillskottsvatten på grund av systemutformning.

| Källa | Kommentar |
|--|---|
| Dagvatten från hårdgjorda ytor | Svarar mycket snabbt med flödestoppar vid regn. Tillåtet för kombinerade system. |
| Dränvatten från fastigheter | Ofta anslutet med tillåtelse även i områden med duplikatsystem som har källare. |
| Spolvatten och dränvatten från t.ex. tunnlar | På grund av föroreningsinnehåll kan det ha bestämts att inte släppa detta vatten till recipienter även om det renats. |

Tabell 2.1

Olika källor till tillskottsvatten på grund av systemutformning.

Anslutningar i kombinerade avloppssystem kan vara känsliga att hantera då anslutningar en gång tillåtit. Ibland har graden av anslutning ökat med tiden t.ex. att fler gatubrunnar tillkommit eller att dag- och dränvatten som i första hand var tänkt att tas omhand lokalt med tiden har kommit att anslutas direkt till ledningsnätet. Förtätning i kombinerade områden får en direkt effekt på tillskottsvattenmängden.

2.2.2 Tillskottsvatten på grund av konditionsbrist

Inget ledningsnät är 100 % tätt. Otätheter förekommer i varierande grad vilket medför att vatten letar sig in från omgivande mark, överläckage från spill. Med tiden ökar läckagen. I Tabell 2.2 ges exempel på olika källor till tillskottsvatten på grund av konditionsbrister.

| Källa | Kommentar |
|---|---|
| Inläckage i otäta fogar | Grundvatten, men även dricksvattenläckage. Äldre fogmaterial i betongledningar har visat sig vara av dålig kvalitet. |
| Överläckage mellan ledningar | Kan gå väldigt snabbt och förväxlas med direktanslutet dagvatten. Ofta sker överläckaget redan vid servisanslutningen. |
| Trasiga bräddanordningar och backventiler mot sjö- och vattendrag | Med tiden kan anordningar avsedda att hålla vatten från sjöar och vattendrag ute ha blivit otäta. Det kan resultera i konstanta större eller mindre flöden vilka kan vara svåra att upptäcka eftersom de alltid finns i flödet in till reningsverket. |

Tabell 2.2

Källor till tillskottsvatten som beror på konditionsbrister.

2.2.3 Tillskottsvatten på grund av fel

Slutligen finns tillskottsvatten på grund av fel. Avsikten var inte att vattnet skulle ledas till det spillvattenförande nätet alls. Orsaken kan vara misstag, medvetna eller omedvetna otillåtna anslutningar och händelser man inte förutsett. I Tabell 2.3 ges exempel på olika källor till tillskottsvatten på grund av fel.

| Källa | Kommentar |
|--|---|
| Felkopplingar | Otillåten anslutning av dagvatten till spillvattensystem t.ex. stuprör. |
| Byggfel | T.ex. korskoppling av spill- och dagservis. |
| Otillåtna anslutningar | T.ex. takdagvatten från hushåll. |
| Bräddledningar utan backventil mot vattendrag | Kan ta in vatten vid hög vattennivå. |
| Inläckage från otäta brunnlock som hamnar under vatten | Placering av brunnar kan ha hamnat i en lågpunkt. |

Tabell 2.3

Källor till tillskottsvatten som beror på fel.

2.3 Tillskottsvattnets effekter

Tillskottsvattnet medför en mängd olika effekter varav de flesta utgör någon form av problem för VA-verksamheten. Dessa problem utgör motiv för att åtgärda tillskottsvattnet. Under en workshop med Gryaab samt Kretslopp och Vatten, Göteborgs stad, sammanställdes en lista på tillskottsvattnets effekter (Ohlin Saletti A. 2020). Tillskottsvattnet påverkar:

Resursåtgång i form av:

- Behov av ökad pumpning på spillvattennät och reningsverk
- En ökad kemikalieåtgång i reningsverk

Underhåll genom:

- Ökat behov av underhåll (p.g.a. slitage av t.ex. pumpar)
- Ökat behov av förnyelse (p.g.a. minskad livslängd)
- Försvåring av underhåll (p.g.a. mer vatten)

Tillgänglig kapacitet vid höga flöden som leder till:

- Ökad risk för källaröversvämning
- Ökad risk för marköversvämning
- Ökad risk för bräddning till känslig recipient
- Ökad risk för bräddning till recipient
- Mindre kapacitet för nya anslutningar

Omgivning genom:

- Sänkta grundvattennivåer
- Ökad dränering
- Ökad risk för sättningar
- Ökad risk för underminering av vägar

Utspädning av avloppsvatten vilket orsakar:

- Mindre effektiv rening
- Lägre koncentration av föroreningar i bräddningar
- Lägre koncentration av föroreningar i ledningar (mindre lukt och korrosion)
- Försämrad biogasproduktion
- Bättre självrensning av avloppsledningar

Andra aspekter som:

- Mer dagvattenföroreningar i slammet

Överlag rör det sig om negativa effekter men vissa positiva effekter kan förekomma som till exempel självrensning av avloppsledningar.

2.4 Exempel på tillskottsvattenåtgärder

Det finns olika typer av åtgärder för att minska tillskottsvattenmängden och dess påverkan på ledningsnätet. Vid en Workshop med Gryaab och Kretslopp och Vatten 2020 togs en lista fram (Ohlin Saletti A. 2020). Åtgärder för att förhindra att tillskottsvatten når det spillvattenförande ledningsnätet:

- Reparation och underhåll på ledningsnätet
- Infodring på ledningsnätet
- Omläggning (ersätta gamla ledningar med nya)
- Separera kombinerade system
- Flödesutjämning utanför systemet
- Bygga ut dagvattensystem där det saknas
- Bortkoppling av kombinerade ytor
- Avlägsna felkopplade dagvattenserviser
- Bortkoppling av kulverterade vattendrag
- Bygga avskärande diken mot naturmark
- Sänka grundvattennivå så att inläckage inte sker
- Välja material som ger mindre dagvattenföroreningar i staden
- Utföra mer gatusopning
- Påverka medborgare och fastighetsägare att koppla på mindre tillskottsvatten
- Minska läckaget av dricksvatten

Åtgärder efter tillskottsvatten nått ledningsnätet:

- Bygga större ledningsnät och reningsverk
- Anpassa reningsverket till högre flöden
- Flödesutjämning i systemet
- Styrning av bräddning
- Bräddvattenrening
- Rening av dagvatten innan påkoppling på kombinerat nät
- Backventiler för att skydda fastigheter från källaröversvämningar
- Anpassa verksamheter till källaröversvämningrisker
- Utföra kompensationsåtgärder

Listan skulle kunna sorteras ytterligare i olika kategorier av åtgärder. Se Tabell 2.4 nedan.

| Typ av åtgärd | Exempel |
|-----------------------------------|---|
| Motverka anslutningar | Påverka beteenden med kampanjer, policys, dagvattenstrategier, va-taxa med mera. |
| Ta bort felanslutningar | Stuprörskontroll, kolla bakvattenluckor, åtgärda diken som går till spillvattenförande nät etc. |
| Minska "tillskottsvattenbildning" | Lokalt omhändertagande, avskärande diken, läcksökning på dricksvattennät. |
| Tätning | Infodring, omläggning, tätning, punktreparation. |
| Skydda | Installera backventiler för låga anslutningar. |
| Hantera tillskottsvattnet | Utjäma i ledningsnät, styr bräddning och rena bräddvatten. |
| Systemförändring | Duplicera kombinerade eller separatsystem. |
| Öka kapacitet | Bygga ut reningsverk och ledningsnät. |

Tabell 2.4

Åtgärdstyper mot tillskottsvatten.

Att arbeta med den övre delen av Tabell 2.4 som handlar om att minska mängden tillskottsvatten som uppkommer är att föredra framför att anpassa systemet till ett oönskat tillskottsvatten. Att skydda utsatta anslutningar med backventil är en god tillfällig lösning som dock ofta riskerar att bli permanent.

Kostnaden för olika åtgärder skiljer sig åt liksom även hur det påverkar olika kriterier. Kostsamma åtgärder är att öka kapacitet, förändra system medan billiga åtgärder kan vara att motverka anslutningar såväl tillåtna som otillåtna. Omfattande ombyggnationer resulterar i trafikstörningar och miljöpåverkan. Arbetet för att minska anslutningar påverkar kunder. Det är en god idé att beta av de mest kostnadseffektiva (och enkla) åtgärderna först, se t.ex. avsnitt 5.5.9 Resultat och rangordning av projekt. Har man tur så kan man påträffa stora källor till tillskottsvatten som inte kostar någon större peng att åtgärda som till exempel en trasig anordning mot sjö eller vattendrag.

Tillskottsvatten är en del av förnyelseplaneringen som måste prioriteras mot andra behov. I Svenskt Vattens publikation om förnyelseplanering P116 (Svenskt Vatten 2021) är tillskottsvatten ett av de områden som tas upp som del av förnyelseplaneringen. Publikationen förordar ett riskbaserat angreppssätt vid prioritering av åtgärder och lyfter även fram ekonomiska avvägningar där kostnaden för ett problem vägs mot kostnad för åtgärd, se t.ex. avsnitt om finansiell värdering i avsnitt 5.5.8 i denna rapport.

3 Multikriterieanalys som underlag för beslut

De framtagna verktygen för nulägesanalys och åtgärdsvärdering bygger på beslutsstödsmetoden multikriterieanalys. Det finns olika varianter av multikriterieanalys. Det utvecklade åtgärdsvärderingsverktyget har tagit inspiration från ett beslutstöd, WISER, utvecklat för att värdera olika åtgärder inom dricksvattenförsörjning (Sjöstrand et al, 2020) och även tagit utgångspunkt i de kriterier som använts där. Exempel på olika sätt att utföra en multikriterieanalys kan till exempel läsas i *Multi-criteria analysis: A manual* (Dodgeson et al 2009).

I multikriterieanalys bryter man ned ett problem i olika aspekter vilket ofta benämns kriterier. Dessa kan sedan poängsättas och viktas var för sig. Ofta finns det två nivåer på kriterierna – ett överordnat kriterium, ofta kallat dimension, med tillhörande kriterier eller subkriterier.

I arbetsgången för en multikriterieanalys ingår det att ta fram relevanta kriterier, formulera åtgärdsalternativ, poängsätta och vikta. Normalt används multikriterieanalys som beslutsstöd för val av åtgärdsalternativ som i det framtagna verktyget för åtgärdsvärdering. Man kan också göra en poängsättning och viktning av olika kriterier och dimensioner för exempelvis ett nuläge men det är då i egentlig mening ingen multikriterieanalys eftersom det inte används som beslutsstöd för olika alternativ.

Skapa en ram för beslutet: Nästan varje beslutsprocess börjar med ett steg som fokuserar på att beskriva beslutsproblemet eller beslutsmöjligheten samt på att ta fram en ram för beslutet. Ramen bör bland annat tydliggöra varför ett beslut måste fattas. Även om detta kan verka uppenbart i de flesta situationer kan en noggrann beskrivning av problemet/möjligheten samt syftet med beslutet förenkla identifieringen av åtgärdsalternativ.

Ta fram kriterier: Multikriterieanalys går ut på att ett komplext beslutsproblem bryts ner i mindre, mer hanterbara delar och värderas separat. För att göra detta behöver kriterier definieras. Det är viktigt att kriterierna som tas fram är oberoende av varandra så att inte dubbelräkningseffekter uppkommer vid analysen. Exempelvis ska investeringskostnaden för en åtgärd inte finnas med under två separata kriterier. Kriterierna är uppdelade på olika delar. Där en del utgörs av krav och mål, en del av värdering av tillskottsvattensituationen och en del av värdering av förmågan att arbeta med tillskottsvatten.

Under en workshop i projektet fick deltagarna välja de fem kriterier ur listan i Tabell 5.7 som de ansåg var viktigast att ta hänsyn till vid en åtgärdsvärdering. De fem kriterier som valdes som viktigast, fick flest röster, var vattenkvalitet, kapacitet/långsiktig beredskap, skadekostnader samt drift och underhåll. Dessutom ansågs investeringskostnader och underhållskostnader vara av stor vikt. Deltagarna i workshopen var övervägande VA-ingenjörer och hade kort tid på sig att välja. En annan grupp hade kanske kommit upp med andra prioriteringar. Oavsett är det en viktig startpunkt på arbetet med multikriterieanalysen att välja kriterier.

Formulera åtgärdsalternativ: De åtgärder som ska jämföras behöver tydligt definieras för att kunna utvärderas i multikriterieanalysen. Ett av alternativen föreslås vara ett noll-alternativ som innebär att ingen åtgärd genomförs.

Poängsättning: I nästa steg poängsätts åtgärdsalternativen. Poängsättningen föreslås utföras av personer med teknisk kompetens gällande kriterierna och går ut på att poäng ges för åtgärdsalternativen inom varje kriterium på en skala. Innebörd av

poängskalan bör definieras för respektive kriterium så att det blir oberoende av vem som gör poängsättningen. Poängskalan kan variera linjärt efter definierade max- och minimivärden eller definieras mer begreppsmässigt. Åtgärder kan ha både positiva och negativa effekter.

Viktning: Viktning görs baserat på uppfattningen hos den som värderar hur viktigt ett visst kriterium eller dimension är jämfört med övriga kriterier eller dimensioner. Målsättningar och policys kan vara ett stöd i viktningen på en övergripande nivå.

När det gäller viktning så ligger det mer på en beslutsfattarnivå. Viktningen görs ofta på två nivåer med en överordnad och en underordnad vikt. Även här kan man tänka sig att olika nivåer av tjänstemän och beslutsfattare är inblandade i viktningen där den övre nivån är mer på kommunpolitiker/styrelsenivå och den undre mer på verksamhetsnivå eller till och med på ingenjörsnivå.

Angivande av vikter kan ske på två sätt. Antingen att man anger hur viktigt ett kriterium eller dimension är i absoluta procenttal eller att man väljer i hur viktigt det är på en skala mellan oviktigt och superviktigt. I bägge fall räknas det dock ihop till procenttal där summan av kriteriers vikter inom en dimension summerar till 100 % och där summan av vikterna för dimensioner också summerar till 100 %.

Sammanvägning: Poäng och vikter kombineras sen med hjälp av en linjär additiv metod, dvs poäng viktas och summeras till ett sammanvägt index. Detta gör att negativa effekter kan kompenseras av positiva effekter. Sammanlagd inverkan för en poängsättning av ett subkriterie på indexet blir då subkriteriets poäng gånger subkriteriets vikt gånger vikten för den dimension som subkriteriet inryms i.

I och med att viktning görs på olika nivåer och poängsättning av sakkunniga blir det en transparent beslutsprocess där grunden för beslut redovisas tydligt.

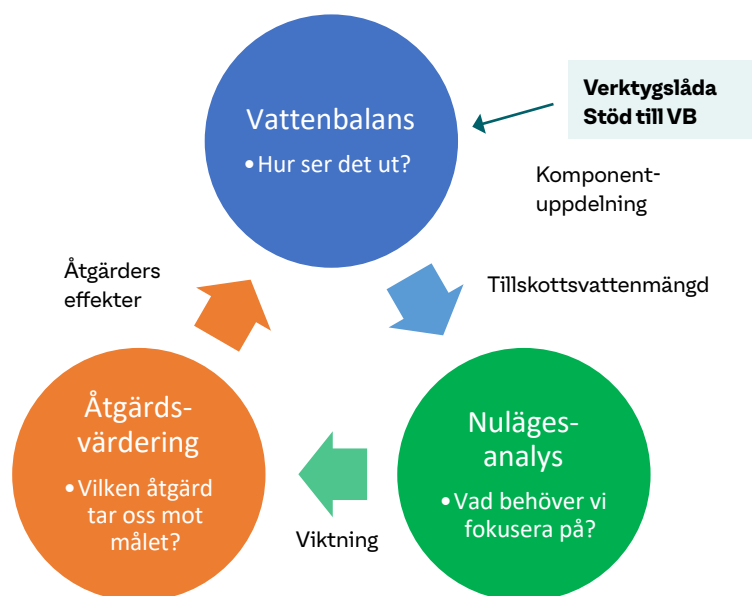
4 Utvecklade verktyg

För att stödja ett strukturerat arbete med tillskottsvatten har tre verktyg tagits fram. Verktygen ger stöd i att få överblick på tillskottsvattensituationen, att kunna analysera nuläget och tillhandahåller en mall för värdering av olika åtgärder. Verktygen utgörs av:

- Ett vattenbalansverktyg med tillhörande verktygslåda
- Ett verktyg för nulägesanalys
- Ett verktyg för åtgärdsvärdering

Huvudsyftet för utvecklingen är att verktygen ska ge stöd i att strukturerat söka svar på frågor som:

- Hur mycket tillskottsvatten är det, varifrån kommer det, hur fördelas det, hur ser nyckeltalen ut?
- Vilka är problemen med tillskottsvatten, hur omfattande är det, i vilken grad påverkar det verksamheten, vilken annan påverkan finns? Finns det behov att vidta åtgärder?
- Vilka åtgärder behövs för att minska tillskottsvattenproblematik, vilka alternativ är bäst och varför, hur påverkar olika alternativ olika aspekter?



Figur 4.1

Översikt av de tre verktygen och informationsutbyte dem emellan.

Verktygen är framtagna i Microsoft Excel. I följande avsnitt beskrivs de översiktligt. I avsnitt 5 finns en manual, i bilaga A ges lite stöd kring kriterieval och poängsättning, och i Bilaga B finns ytterligare fördjupning kring hur beräkningarna sker i verktygen.

4.1 Överblick

Vattenbalans

Vattenbalansen är ett verktyg som beräknar tillskottsvattenmängd och användaren får skatta fördelningen mellan olika typer av tillskottsvatten. Det är en mall som möjliggör att följa vattenbalansen i upp till tio år och tio delområden. I arbetet med vattenbalansen kan en tillhörande verktygslåda för vattenbalansen vara till hjälp.

Vattenbalansen baseras på lätt tillgängliga data. Med större tillgång på mätningar och analyser kan den förbättras.

Det finns olika steg i arbetet att ta fram en vattenbalans:

-
- Säkerställ tillgång på mätdata
 - Beräkna total tillskottsvattenmängd
 - Uppskatta fördelning på olika flödestyper och områden
 - Ta fram nyckeltal

När man gjort vattenbalansen för flera år erhålls en god bild av trender och man kan också uppskatta fördelningen mellan olika typer av tillskottsvatten. Mallen ger möjlighet att jämföra olika delområden med varandra.

Arbetet med vattenbalansen är kunskapshöjande och ger möjlighet att identifiera var problemet med tillskottsvatten ligger så att rätt åtgärder i ett senare skede kan planeras.

Nulägesanalys

Verktøget för nulägesanalys ger stöd att värdera nulägesituationen avseende tillskottsvatten utifrån olika aspekter och koppla det mot uppfyllnad av krav och mål.

Analysen sker genom poängsättning och viktning av olika kriterier på flera nivåer.

Det finns tre delar i analysen:

- Krav och mål: Uppfylls krav och är man på rätt väg mot målet?
- Värdering/analys av tillskottsvattenrelaterade problem och jämförelse med andra genom att:
 - välja och beskriva kriterier och poänggränser
 - poängsätta och justera vikter
- Värdera förmågan att arbeta med tillskottsvatten inom kunskap, kartläggning, mätningar och resurser.

Nulägesanalysens värdering ger koll på tillskottsvattenproblemets storlek och visualiserar vilka delar som inverkar till slutpoängen. Slutresultatet är en viktad poäng som betygsätter nuläget. Själva arbetet med att beskriva kriterier och poänggränser är en viktig del av arbetet som sätter fokus på vad som är viktigt. Processen att göra en nulägesanalys är tänkt att också tydliggöra *varför* man ska lägga resurser på att åtgärda tillskottsvatten. Är betyget bra så kanske VA-organisationen behöver lägga fokus på andra områden men är det dåligt så kan tillskottsvatten vara ett prioriterat område.

Åtgärdsvärdering

Verktøget för åtgärdsvärdering är ett stöd för värdering av bästa åtgärdsalternativ ur olika aspekter. Stødet tar även med en finansiell värdering av åtgärdsalternativ.

Det finns olika steg i värderingen:

- Beskriva åtgärdsalternativen
- Välja kriterier för utvärdering
- Beskriva kriterier och poänggränser
- Poängsätta kriterier
- Vikta kriterier
- Göra en finansiell värdering
- Välja bästa åtgärdsalternativ

Åtgärdsvärderingen resulterar i en viktad poäng/betyg för varje analyserad åtgärd. Poängen är underlag för val av bästa metod. De delar som inverkar till slutpoängen visualiseras tydligt. Själva arbetet med att beskriva kriterier och poänggränser är precis som för nulägesanalysen en viktig del av arbetet som sätter fokus på vad som är mest väsentligt. Ett mål är att ta fram kriterier och poänggränser som kan användas generellt vid värdering av åtgärder inom organisationen.

Åtgärdsvärderingen ger möjlighet att på ett strukturerat sätt utvärdera åtgärdsalternativ

ur fler perspektiv än det snävare VA-perspektivet.

Informationsutbyte mellan verktygen:

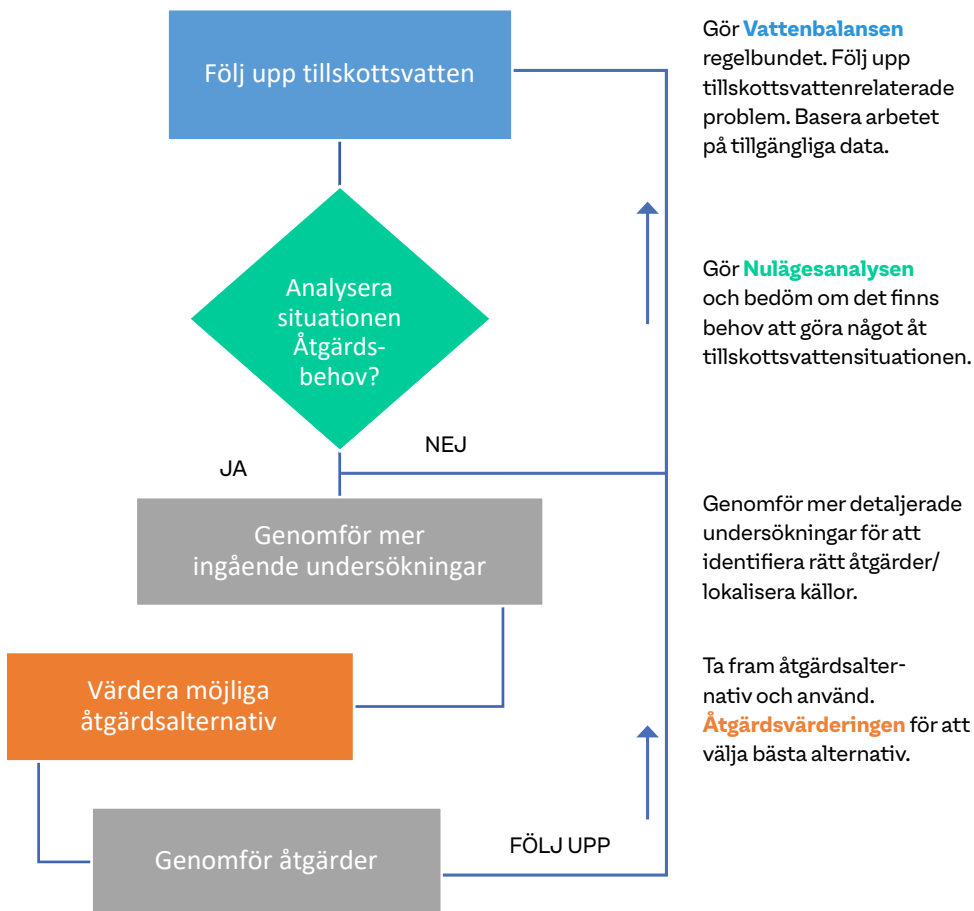
Verktygen är fristående men möjliggör att information kan föras över mellan dem. Exportblad och importblad som har samma struktur i de olika verktygen tillåter ”klipp och klistra”-överföring av data och resultat mellan verktygen.

Informationsutbytet mellan verktygen kan beskrivas enligt nedan:

- Från *Vattenbalans* till *Nulägesanalys* och *Åtgärdsvärdering*:
 - Tillskottsvattenmängder, nyckeltal och underlag för beräkning av nyckeltal.
- Från *Nulägesanalys* till *Åtgärdsvärdering*:
 - Viktning av dimensioner och kriterier för jämförelse.
- Från *Åtgärdsvärdering* till *Vattenbalans*:
 - Beskrivning av tillskottsvattenåtgärder som kan användas för att testa scenarion och beräkna nya tillskottsvattenmängder efter åtgärder och nya nyckeltal.

4.2 Föreslaget arbetssätt med hjälp av verktygen

Om undersökningar och enstaka åtgärder för tillskottsvatten endast utförs sporadiskt finns det risk att man inte ser helhetsbilden och kan värdera vilka insatser som behövs göras på ett effektivt sätt. Innan man har koll på situationen kan uppgiften kännas övermäktig. Denna rapport föreslår ett strukturerat arbetssätt kring tillskottsvatten. I Figur 4.2 nedan ges ett exempel på hur ett arbetsflöde med koppling till de verktyg som tagits fram i projektet kan se ut.



Figur 4.2
Föreslaget arbetssätt och koppling till verktygen i projektet.

4.2.1 Gör en vattenbalans och skaffa övergripande kunskap

Ett första steg är att samla ihop det som finns och skapa sig en övergripande bild av tillskottsvattensituationen.

Gör en enkel *vattenbalans* och beräkna tillskottsvattenmängden. Hur ser trenden ut? Bryt ned analysen på delområden om möjligt och analysera karaktären på tillskottsvattnet. Vilka områden står för störst påverkan? Vilken typ av tillskottsvatten ställer till störst problem.

Analysera flödesdata. Hur ser ungefärligt fördelningen mellan snabba flödestoppar direkt följande på regn, årstidsmässiga flödesvariationer och konstant basinläckage ut?

Hur är kvaliteten på data? Underlaget för vattenbalansen utgörs av flödes- och regn-data som tillsammans med uppskattad spillvattenmängd från vattenförbrukning och uppskattade bidragande arealer kräver god kvalitet för att ge ett rättvisande resultat. Finns det brister i indata kan det i sig vara en åtgärd att lägga till listan.

Vilka *tillskottsvattenrelaterade problem* finns inom verksamheten. Registreras de på rätt sätt i driftstörningsdatabasen? Sker översvämningar vid intensiva regnskurar eller under ihållande regn? Går det att koppla översvämningar och problem till det spillvattenförande ledningsnätet. Hur ser problembilden ut på ledningsnät respektive på reningsverk? Vilken typ av tillskottsvatten är problemet?

Samla det som finns och gör en bedömning. Planera insatser för att ta fram bättre underlag senare om behov finns.

4.2.2 Analysera nuläget

Utifrån övergripande kunskap kan en nulägesanalys genomföras i syfte att avgöra om något behöver göras åt tillskottsvattnet.

En grundläggande fråga är ifall tillskottsvattnet bidrar till att det är svårt att klara tillstånd eller mål för verksamheten. Om så är fallet, så är frågan utifall något behöver göras inte så komplex. Det kan av andra skäl vara angeläget att åtgärda tillskottsvatten.

Oavsett, så är det bra att värdera tillskottsvattnet även ur olika aspekter som till exempel försämrad reningsgrad eller bräddning, tekniska utfordringar (t.ex. om tillskottsvattnet upptar mycket kapacitet som konkurrerar med framtida anslutningsbehov eller om påkoppling av rännstensbrunnar på kombinerat nät leder till mycket grus och driftstörningar), påverkan för kunder och allmänhet (t.ex. om kunder drabbas av lidande på grund av återkommande översvämningar eller att politiker upplever att kommunen är "sämst" i klassen eller att bräddningar leder till badförbud som leder till skrivelser i pressen).

Resultatet från värderingen kan användas som underlag för prioritering av åtgärdsarbete inom verksamheten. Om liknande värderingar görs för andra områden så finns möjlighet till jämförelse.

Observera att även om tillskottsvattenfrågan inte visar sig vara prioriterad så kan det finnas enkla åtgärder som ändå är motiverade att genomföra då de är enkla och rent av lönsamma att fixa. Till exempel att åtgärda trasiga bakvattenluckor som medför inläckage till spillvattennätet.

4.2.3 Målsättningar kring tillskottsvatten

I samband med nulägesanalysen är det bra att se över mål och styrkort för verksamheten. Förhoppningsvis har vattenbalans och nulägesanalys gett motiv till varför arbete med tillskottsvatten är prioriterat, vilka som är de största problemen och vilken typ av åtgärder som behövs.

Sätt upp mål eller se över redan satta mål och formulera relevanta mål som går att följa upp.

Målen bör vara fokuserade på de problem som orsakas av tillskottsvatten som till exempel:

- Kostnader
- Energikostnad
- Driftstörningar
- Miljöpåverkan
- Kapacitet och framtida utbyggnad
- Sociala effekter

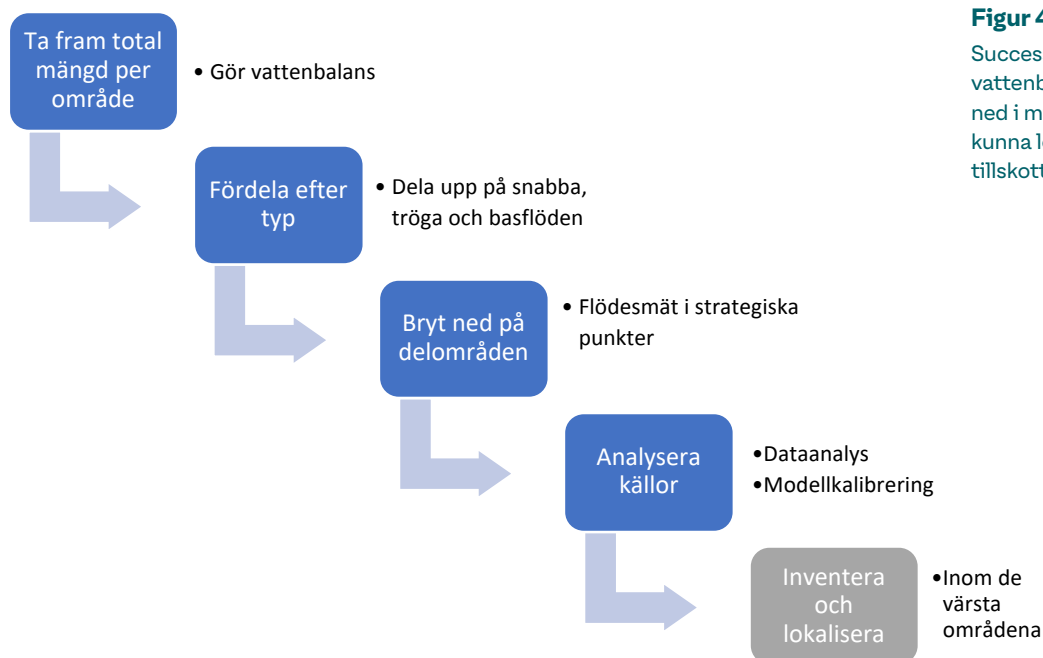
I arbetet med nulägesanalysen finns chans att komma fram till vilket av ovanstående som ska väga högst.

Tillskottsvatten är till viss mån ofrånkomligt och utgör inte ett självändamål att åtgärda utan insatser i form av undersökningar och åtgärder måste vägas mot de problem som tillskottsvattnet medför och åtgärder riktas mot de viktigaste källorna till problemen. Det är lätt att man utan eftertanke sätter upp mål om förbättring utan att reflektera om det behövs. Målsättningar är inte dåligt men ogenomtänkta mål kan ta fokus och resurser från mer angelägna områden.

4.2.4 Genomför undersökningar/Ytterligare utredningar

Om situationen befinner sig vara ett problem så behövs i regel ytterligare undersökningar för att hitta roten till problemen så att rätt åtgärd kan sättas in.

En förutsättning att kunna åtgärda tillskottsvatten är att veta varifrån det kommer och när. Det är också av vikt att veta vilken typ av tillskottsvattenflöden man har problem med eftersom det är tätt sammankopplat med källorna till tillskottsvatten. Ju mer data av god kvalitet man har tillgång till desto närmare kan man förstå varifrån tillskottsvattnet kommer och vilka orsakerna är.



Figur 4.3

Successivt bör den grova vattenbalansen brytas ned i mindre delar för att kunna lokalisera och åtgärda tillskottsvattnet.

Ofta finns det redan fasta mätpunkter i ledningsnätet vid exempelvis pumpstationer som kan hjälpa till att jämföra olika områden mot varandra. Det finns numer gott om tjänster som kan sättas upp som analyserar flödesdata direkt från övervakningssystemet för att analysera tillskottsvatten.

Att bryta ned vattenbalansen blir successivt mer arbetskrävande och mer omfattande insatser får vägas mot behovet att få koll.

När de värsta områdena har identifierats behövs mer handfasta undersökningar genomföras för att hitta exakt var åtgärder ska sättas in. Det är klokt att genomföra inventering/undersökning och åtgärd av det man finner i integrerat i samma process. Det är annars inte ovanligt att alla utförda undersökningar hamnar på hög och glöms bort.

Förbättra underlaget. Behöver mätdata i pumpstationer kvalitetssäkras eller behöver kompletterande flödesmätningar genomföras? Mätningar kan användas för att lokalisera de största källorna till tillskottsvatten. Kretslopp och Vatten, Göteborgs stad har arbetat med en metod de kallar T-Blad där varje mätpunkts (pumpstationer) flöde plottas mot inflöde till Ryaverket i ett spridningsdiagram (scatter plot) så att den relativa inverkan från olika områden kan bedömas.

När väl de värsta områdena är identifierade behövs en förfinad sökning efter källorna till tillskottsvatten. Några metoder som kan nämnas är:

- Nattmätning för att ringa in områden som står för större tillskott
- Rörinspektioner under lämpliga förhållanden
- Anslutningskontroll av fastigheters dag- och dränvattenanslutningar
- Kontrollera eventuella bakvattenluckor eller bräddutskov där sjö- eller havsvatten kan rinna rakt in i spillvattennätet.

En bra sammanställning av metoder att lokalisera tillskottsvattenkällor är SVU-rapport 2012-13 (Lundblad & Backö 2012). Författarna har även gått vidare och undersökt de juridiska möjligheterna att få fastighetsägarna att koppla bort dag- och dränvatten från systemet i SVU-Rapport 2014-11 (Lundblad & Backö 2014).

Mätdata kan användas vid kalibrering av avloppsnätsmodeller som kan användas för att bättre förstå dynamiken i flödespåverkan och hjälpa till att dimensionera åtgärder.

4.2.5 Ta fram alternativ och välj rätt åtgärd

Det är viktigt att utifrån den kartläggning och analys av problemet som genomförts att rätt åtgärd tas fram som är riktat mot problemet. Problem med stora årsvolym till reningsverket löses många gånger inte genom att få bort felkopplade stuprör utan handlar troligtvis mer om ett utspritt inläckage på stora delar av ledningsnätet där riktade tätningåtgärder kan vara mer verksamma.

Efter att ha tagit fram möjliga åtgärdsalternativ kan dessa behöva jämföras mot varandra. Kostnad är en traditionell jämförelsegrund men det finns i regel fler aspekter att beakta som t.ex. genomförbarhet, tid för genomförande m.m. Om man lyfter blicken från ett snävt tekniskt VA-perspektiv kan det finnas andra aspekter att ta hänsyn till vid jämförelsen som exempelvis miljöpåverkan, störningar i trafikmiljö m.m.

Verktyget för åtgärdsvärdering kan hjälpa till att välja bästa alternativ.

4.2.6 Följ upp åtgärder och fortsätt följa tillskottsvattensituationen

Slutligen behöver åtgärder följas upp. Fick de önskad effekt? Vad kostade åtgärderna? Fortsätt också att följa utvecklingen för tillskottsvattnet.

Utöver rena tekniska åtgärder så finns det andra åtgärder på sikt som kan ha stor inverkan på utvecklingen som till exempel att ha en dagvattenstrategi, samarbeta kring dagvattenfrågor inom staden där det finns kombinerat nät, se över ABVA och policys och sist men inte minst information. VA-Syd har bedrivit ett framgångsrikt tillskottsvattenarbete under devisen ”Tillsammans gör vi plats för vattnet” (<https://platsforvattnet.vasyd.se/>). Kan man åtgärda vid källan är mycket vunnet.

5 Manual till verktyg

Verktygen är byggda i kalkylbladsark i Microsoft Excel. I detta kapitel beskrivs hur man arbetar med verktygen. I bilaga B finns en del fördjupning och beskrivning av hur verktygens beräkningar ser ut.

Två uppsättningar finns av varje verktyg – ett exempel och en tom mall. Den tomma mallen kan se lite konstig ut eftersom till exempel saknade värden kan resultera i division med noll vilket ger ett fel. Efter ifyllnad försvinner dessa fel.

Det är inte alla som läser manualer men åtminstone nästa stycke är viktigt för att förstå vilken interaktion som krävs med användaren.

5.1 Generellt om verktygens uppbyggnad och gränssnitt

Det finns många blad i varje verktyg. Alla verktyg har en navigationspanel som innehåller länkar till verktygens olika arbetssteg på olika blad. Varje blad har en länk ← tillbaka till navigationspanelen. Normalt jobbar man igenom verktygets flikar från vänster till höger.

Överföring av data mellan olika verktyg sker på importblad och exportblad. Dessa har samma struktur i de olika bladen för enkelt ”klipp och klistra”. Använd klistra in special... /värden.

Användaren måste mata in en hel del data men det finns också en del förinställda värden i verktygen. De förinställda värdena kan justeras.

För att underlätta för användaren att enkelt förstå vilken interaktion som krävs så har en enhetlig cellformatering använts genomgående.

I formateringen så betyder gula celler att data ska matas in på något sätt:

| | |
|------|---|
| Välj | Mörkgul: ”Valcell”. Cellen har en rullgardinsmeny för val av förinställda värden. |
| 5 | Ljusgul: ”Indata”. Här efterfrågas indata från användaren. Obligatoriskt värde för att uträkningar ska fungera. |
| 2.1 | Blekgul: ”Indata valfri”. Här efterfrågas indata av användaren men det är valfritt att fylla i. |

Ett undantag från användning av gult för inmatning finns i *Åtgärdsvärdering*. Då denna mall jobbar med många färger valdes att istället använda ofyllda/vita celler för en del blads inmatningsceller.

Gröna celler markerar celler som innehåller parameterinställningar som påverkar många beräkningar. Grönt kan också markera celler som till exempel används för att välja olika inställningar som beräkningsmetod.

| | |
|---------------|--|
| Inställningar | Ljusgrön: Inställningar och referensvärden |
|---------------|--|

Blåmarkerade celler är celler där användaren kan ange ett eget värde istället för det som beräknas automatiskt. Detta värde blir då det som gäller.

| | |
|---|--------------------------------|
| 5 | Ljusblå: Ersätt beräknat värde |
|---|--------------------------------|

Ovanstående cellformateringar, gula, grön och blå, är olåsta och går att ändra i. Övriga celler är låsta. Grå celler markerar beräkningar, ibland fetmarkerade för att markera viktigare del-/slutresultat.

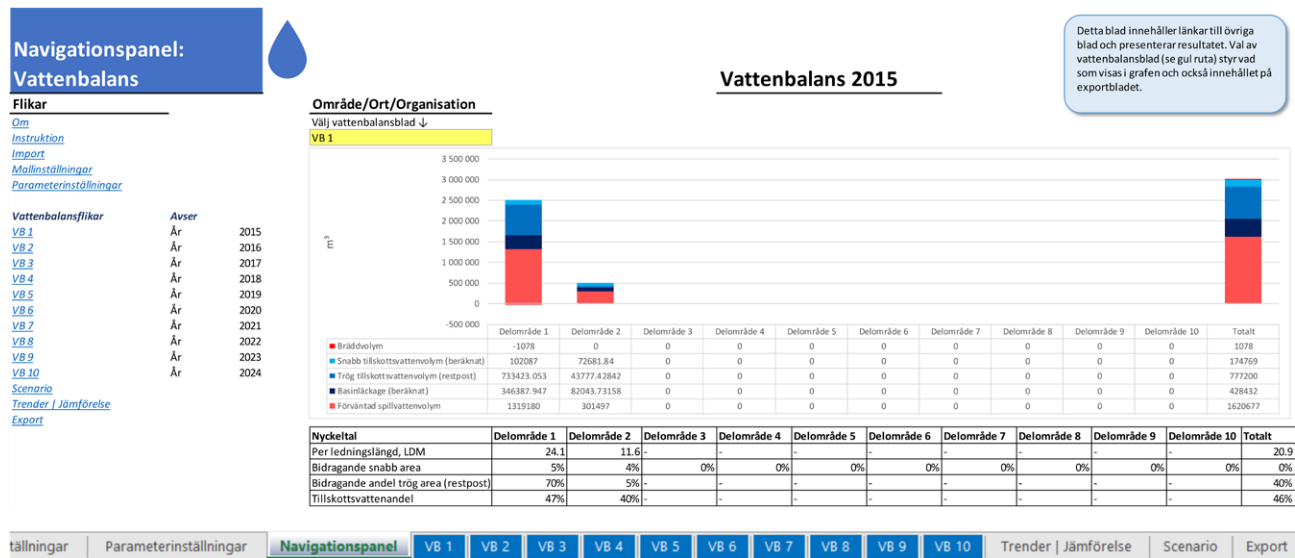
| | |
|------|-------------------------|
| 3.75 | Beräkning, delresultat |
| 1 | Beräkning, slutresultat |

Verktygen är skyddade mot oavsiktlig radering av formler och ändring av uppbyggnad. Skyddet kan låsas upp utan lösenord. Ett exempel kan vara att man vill ändra hur någonting beräknas. Det kan också vara nödvändigt om något oavsiktligt lås på någon cell upptäcks. Skyddet hittas i Excel under ”Granska”.



Verktygen levereras också med skrivskydd på filerna för att undvika oavsiktlig ändring av mallarna.

5.2 Vattenbalans



5.2.1 Vad gör verktyget?

Verktyget är en beräkningsmall som stödjer upprättandet av årsvis vattenbalanser för flera år och för flera områden. I vattenbalansen beräknas tillskottsvattenmängden. En mängd tillskottsvattenbaserade nyckeltal beräknas.

Vidare stödjer verktyget och dess tillhörande verktygslåda att tillskottsvattenmängden kan delas upp på olika källor: snabba flöden, tröga flöden och basflöden samt på olika ledningssystemtyper. Uppdelningen är nödvändig för att rätt åtgärder ska kunna tas fram.

Figur 5.1

Vattenbalansens navigationspanel med länkar till olika blad och presentation av valt resultat.

5.2.2 Blad i vattenbalansen

Vattenbalansverktyget har många blad. I Tabell 5.1 återfinns en beskrivning av de olika bladen i verktyget.

| Bladnamn | Innehåll kort | Beskrivning |
|------------------------|---|---|
| Om | Om verktyget. | Om verktyget, projektet och hänvisning till rapport. |
| Instruktion | Instruktion | Kort arbetsgång. Genomgång av gränssnitt och cellformat. |
| Import | Importblad för data från andra verktyg. | Klistra in data från <i>Åtgärdsvärdering</i> för användning i scenarion. |
| Mallinställningar | Inställningar för mallen som gäller generellt. | Val av huruvida vattenbalansblad visar olika år eller olika (del)områden. Inställning av namn på delområden, årtal i analysen, Underlag till rullgardinslistor i mallen m.m. |
| Parameterinställningar | Parameterinställningar, konstanter och referensvärden, som används vid beräkningar på flera olika blad. | Till exempel avrinningskoefficienter, halter i avloppsvatten. |
| Navigationspanel | Länkar till olika blad, presentation av resultat. | Startpunkt. Länkar till alla blad. Länkar till olika blad. Resultat visas för valt vattenbalansblad. |
| VB1 till VB10 | Vattenbalansblad 10 st. Ett per år eller ett per område. | Här görs alla vattenbalansberäkningar. På blad mallinställningar görs val huruvida de olika bladen ska beteckna olika år eller olika (del)områden. |
| Trender Jämförelse | Jämförelse mellan olika vattenbalansblad. | Om olika vattenbalansblad visar olika år visas trender men om vattenbalansbladen visar olika delområden så jämförs områden. Några av de parametrar som jämförs är låsta medan andra parametrar går att lägga till enligt önskemål med hjälp av rullgardinslistor. |
| Scenario | Test av åtgärders effekt på nyckeltal i vattenbalansen. | Enkelt verktyg som kan räkna om nyckeltal i vattenbalansen utifrån angivna värden på t.ex. bortkopplade ytor eller importerade åtgärder från <i>Åtgärdsvärderingen</i> . |
| Export | Exportblad för data till andra verktyg. | Export av tillskottsvattenmängder, basdata och nyckeltal. |

Tabell 5.1

Beskrivning av blad i vattenbalansverktyg.

5.2.3 Indata

Vattenbalansen kräver tillgång till olika data. Dock är inte alla obligatoriska. Generellt sett så blir uppdelningen bättre ju mer och ju tillförlitligare data man har tillgång till. En del data kan vara svårt att ha kännedom om ifall inte andra analyser har genomförts. Verktygslådan till vattenbalansen kan vara till hjälp. På blad *Parameterinställningar* finns ytterligare värden som används vid beräkningar vilka kan justeras vid behov. I Tabell 5.2 förtecknas nödvändiga och valfria data i vattenbalansen.

| Data | Används till (primärt) | Kommentar |
|--|---|---|
| Nödvändiga data | | |
| Vattenförbrukning/år eller Spillvattenvolym/år | Total tillskottsvattenmängd (Vattenbalansmetod) | Vattenförbrukningen används normalt för att skatta spillvattenvolymer. |
| Uppmätt halt i avloppsvatten | Total tillskottsvattenmängd (Haltmetodmetod) | Kräver också referensvärde för halt i "rent" spillvatten. Nödvändig endast om haltmetod ska användas. |
| Avloppsvolym/år | Total tillskottsvattenmängd (alla metoder) | |
| Valfria data för en bättre analys | | |
| Bräddvolym | Total tillskottsvattenmängd | Ingår i vattenbalans för total tillskottsvattenmängd men är av mindre vikt. |
| Antal pe | Utläckagevolym (baserat på halt) | Utläckagevolym beräknas men är en osäker metod och tas inte med i totalbalansen. |
| Vattenförluster % | Uppdelning av flöden/basflöde | Med antagande om att en viss andel av utläckande dricksvatten letar sig in i spillvattensystemet. |
| Total längd ledningsnät | Uppdelning av flöden/basflöde, nyckeltal | |
| Ledningslängd av olika systemtyper | Uppdelning av flöden/olika på olika systemtyper | |
| Antal serviser | Nyckeltal | Används endast för nyckeltal men skulle kunna användas för att skatta tillskottsvatten baserat på antal anslutningar. |
| Area upptagningsområde | Uppdelning av flöden/snabbt flöde, nyckeltal | |
| Avrinningskoefficient snabb avrinning | Uppdelning av flöden/snabbt flöde | En kartering och antagande om felkoppling kan hjälpa till att ta fram lämpligt antagande. |
| Årsnederbörd och antal regn | Uppdelning av flöden/snabbt flöde | |
| Underlättar fördelning | | |
| Uppfattning om basflödets storlek | | För att kunna göra en fördelning är det bra att ha en uppfattning om olika komponenters storlek. Basflödet kan ofta skattas från mätserier eller med hjälp av verktygslåda. |
| Uppfattning om det snabba flödets storlek | | För att kunna göra en fördelning är det bra att ha en uppfattning om olika komponenters storlek. Snabba flöden kan ofta skattas från mätserier eller med hjälp av verktygslåda. |
| Kännedom om fördelning mellan olika system | | Vet man på förhand områden eller systemtyper som bidrar med mycket tillskottsvatten så underlättar det fördelningen. |

5.2.4 Arbetsgång

Arbetsgången för vattenbalansen beskrivs kortfattat nedan:

1. Från bladet *Navigationspanel* nås alla blad. Varje blad har också en länk tillbaka hit. Här presenteras också resultat i urval. Det som presenteras (årtal eller område) kan styras med en flervalista. Om man startar med en tom mall presenteras inget vettigt. Använd länkarna för att navigera.

Tabell 5.2

Data till vattenbalansen uppdelade på nödvändiga och data som gör analysen bättre.

-
2. Gå till bladet *Mallinställningar*. Första gången verktyget används så behöver man bestämma sig ifall om varje vattenbalansblad ska visa olika år och kolumner på respektive blad ska innehålla olika områden eller ifall de olika bladen ska visa olika områden och kolumnerna innehåller olika år. Valet går inte att ändra sen när data är ifyllt. På bladet definieras vilka år som finns i vattenbalansen och vilka delområden. Man anger också ett namn för hela området – organisation, kommun eller ort. Vattenbalansbladen läser sedan från detta blad.
 3. Gå in på bladet *Parameterinställningar*. Här samlas värden som används vid beräkningar på flera blad. Justeringar kan därmed göras här som slår igenom i alla beräkningar. Notera vad som finns och justera eventuellt vid behov senare.
 4. Fyll i data på Vattenbalansbladen, *VB1-VB10*. Överst på bladen finns länknappar som rullar ned bladet till önskat avsnitt.
 1. Det första avsnittet handlar om total tillskottsvattenvolym, ange vattenförbrukning eller spillvattenmängd och/eller halt i inkommande avloppsvatten samt total avloppsmängd m.m. Val måste göras av vilken metod som används för att beräkna total tillskottsvattenvolym som används i efterföljande beräkningar.
 2. Det andra avsnittet om fysiska data för upptagningsområde och ledningsnät som upptagningsområdets storlek och ledningsnätets längd. Fyll i tillgängliga data.
 3. Det tredje avsnittet handlar om fördelning av tillskottsvatten på olika typer av flöden. Fördelningen baseras på tillgänglig kunskap och olika avvägningar se avsnitt 5.2.5. Verktyslådan till vattenbalansen kan vara till hjälp.
 4. Slutligen finns länkar till två avsnitt med resultat och nyckeltal. Resultaten kan vara användbara när fördelningen enligt ovan görs.
 5. När Vattenbalansbladen är ifyllda kan resultatet för valt vattenbalansblad studeras på bladet *Navigationspanel* och om fler *VB*-blad är ifyllda kan jämförelse eller trender mellan olika blad studeras på blad *Trender | Jämförelse*.
 6. Bladet *Export* är sedan klart för att kopieras och klistra in i verktyget *Nulägesanalys* eller i verktyget *Åtgärdsvärdering*. Observera att val av vilket vattenbalansblad som exporteras styrs från navigationspanelen medan endast val av kolumn (=delområde eller år beroende på mallinställningar) i valt datablad kan göras från exportbladet.
 7. Som en möjlighet att simulera åtgärder finns bladet *Scenario*. Här kan användaren lägga in åtgärder beskrivna i form av minskning av bidragande arealer och minskning av basflöden m.m. Det går att hämta in resultat från verktyget *Åtgärdsvärdering* förutsatt att det har klistrats in på bladet *Import*.

5.2.5 Att fördela tillskottsvatten i vattenbalansen

Total tillskottsvattenmängd beräknas som skillnaden mellan total avloppsvattenmängd och förväntad spillvattenmängd. Den kan också beräknas med haltmetoden. Denna volym ligger sedan fast i verktyget och påverkas inte av senare steg när tillskottsvattenvolymen delas upp på olika komponenter – snabb, trög och bas samt på olika systemtyper för ledningsnätet.

För att kunna sätta in rätt åtgärder till rätt problem är en uppdelning av central betydelse eftersom lämpliga åtgärder är beroende av typ av tillskottsvatten. Uppdelningen är dock inte helt enkel att genomföra. Verktyslådan till vattenbalansen, se avsnitt 5.3, innehåller stöd för att dela upp tillskottsvattnet på olika komponenter men det ska understrykas att det finns bättre, men också mer krävande, verktyg/metoder för detta som till exempel flödesmätning och kalibrering av en avrinningsmodell.

Grundtanken i uppbyggnaden av vattenbalansen är att fördela det man vet och skatta resterande komponenter baserat på olika antaganden.

-
- Total tillskottsvattenvolym som räknas ut i det första steget är startpunkten för fördelningen och ändras inte av senare antagnaden.
 - Belastande hårdgjorda (snabba) ytor går det att göra antaganden om och kanske finns det redan en del mätningar och skattningar av avrinningskoefficient till spillvattenförande ledningsnät.
 - För basflöden kan det finnas kännedom om total storlek eller kanske om enskilda tillskott. Ange storlek på till exempel inläckande dricksvatten, diffust som ett minsta läckage per meter ledning. Belastande tröga flöden beräknas slutligen som en restpost. Denna varierar över årstider och mellan olika år och är svår att beräkna från enkla indata.

Förslag till angreppssätt

För att fördela tillskottsvatten på olika typer av flöden snabb, trög och basflöden föreslås nedanstående arbetsgång:

1. Börja med att beräkna total tillskottsvattenvolym.
2. Anta en avrinningskoefficient för området baserat på den kunskap som finns. Om inget är känt så bör man även för områden som är duplicerade ta höjd för en viss grad av felkoppling av takytor. 5 % är inte en ovanlig siffra. Det finns en del erfarenhetsvärden se till exempel SVU-Rapport Riktlinjer för modellering (Blomqvist et al. 2016).
3. Kontrollera automatiskt beräknade basflöden (baserat på vattenförluster och diffust läckage fördelat på hela ledningsnätets längd). Justera storleken om bättre kunskap finns.
4. Trög flödesvolym beräknas automatiskt som en restpost. Att det är en restpost gör det sårbart för fel i de andra storheterna.
5. Studera sedan automatiskt beräknad fördelning i diagram under beräkningarna på vattenbalansbladet och bedöm behovet av justeringar. Trög avrinning är ofta volymmässigt flerfaldigt större än snabb avrinning. Om den istället har blivit mindre eller till och med negativ har troligtvis snabb avrinning samt kanske även basflöden överskattats.
6. Genomför justeringar av fördelningen.
 - a. Vid bedömningen om fördelningen är rimlig kan verktygen *Flödesserieanalys* och *Varaktighetskurva* vara användbara. Även verktyg BNA kan vara ett stöd
 - b. Verktyg *Avrinningskoefficient* kan användas för att beräkna en sammanvägd avrinningskoefficient baserat på markanvändning och ledningssystem som kan användas för beräkning av den snabba flödeskomponenten.
 - c. Genom att studera en lågflödesperiod, ofta sommartid, kan dygnsmönstret analyseras med verktyg *Dygnsvariation* för att kunna uppskatta hur mycket som utgörs av basflöde.
7. Fördelning görs också automatiskt av tillskottsvatten på olika ledningssystemtyper. Om det går är det bättre att ha olika delområden för olika typer av ledningsnät men annars sker fördelning på olika ledningssystemtyper automatiskt förutsatt att ledningslängd för respektive typ är angiven. Fördelningen baseras på typiska avrinningskoefficienter för kombinerat, separat och duplikat system vilka kan justeras på bladet *Parameterinställningar*. Olika fördelning kan antas för snabb respektive för trög avrinning. Konstanta basflöden föreslås fördelas helt jämnt mellan olika systemtyper.

Om underlag för fördelning för ett område saknas kan fördelning göras baserat på liknande områden.

Att få fördelningen rätt är inte helt enkelt. I den bästa av världar har man redan tillgång till flödeskalibrering som anger fördelningen på tillskottsvattnet. I sådana fall får man justera indata på vattenbalansbladen tills att man erhåller önskat resultat.

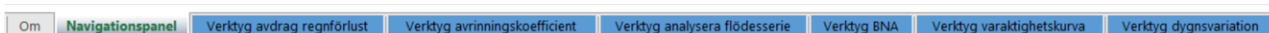
5.3 Extra verktygslåda till vattenbalans

Navigationspanel: Verktygslåda vattenbalans



Verktyg

| Flik | Beskrivning |
|--|---|
| Hjälpverktyg beräkning av snabb avrinning från markanvändningsanalys | |
| Verktyg Regnförlust | Ta fram regnförlust till beräkning av snabba tillskottsvattenflöden |
| Verktyg Avrinningskoefficient | Beräkna en viktad avrinningskoefficient för olika delavrinningsområden |
| Olika verktyg för flödesanalys från mätdata | |
| Verktyg Flödesserieanalys | Analysera en flödesserie för att uppskatta uppdelningen i snabbt och trögt tillskottsvatten samt basflöde |
| Verktyg BNA | Analysera bidragande nederbördsarea |
| Verktyg Varaktighetskurva | Ta fram en varaktighetskurva från en flödesserie |
| Verktyg Dygnsvariation | Analysera dygnsvariation för att kunna uppskatta flöde |



Som stöd till vattenbalansen finns ett antal hjälpverktyg som samlats i en verktygslåda. Verktygen i verktygslådan är fristående och är inte direkt länkade till varandra eller till vattenbalansen.

Figur 5.2

Verktygslådans navigationspanel med länkar till olika blad.

5.3.1 Vad gör verktygslådan

Det finns sex verktyg. Samtliga verktyg utgör stöd i vattenbalansens arbete att kunna uppskatta tillskottsvattnets uppdelning på olika komponenter som snabba, tröga och basflöden.

Verktygen kan ge olika resultat men syftet är att verktygen ska vara enkla jämfört med mer avancerade verktyg och ge en känsla för hur storleken på de olika komponenterna kan se ut. Detta möjliggör antaganden om tillskottsvattnets sammansättning i vattenbalansen.

5.3.2 Blad i verktygslådan

Verktygslådan för vattenbalansen innehåller sex verktyg. Varje verktyg är fristående och länkar inte till varandra eller till något gemensamt blad med parameterinställningar. I Tabell 5.3 återfinns en kortbeskrivning av bladen i verktyget.

Tabell 5.3

Beskrivning av olika blad i verktygslåda till vattenbalans.

| Bladnamn | Innehåll kort | Beskrivning |
|-------------------------------|--|--|
| Om | Om verktyget | Om verktyget, versionsdatum, projektet och hänvisning till rapport. |
| Navigationspanel | Länkar till olika verktyg. | Startpunkt. Länkar till alla blad. |
| Verktyg Regnförlust | Avdrag regnförlust för hårdgjorda ytor. | Enkel mall för att skatta avdrag för initial vätning av hårdgjorda ytor från dataserie med årsnederbörd. |
| Verktyg Avrinningskoefficient | Viktning av avrinningskoefficienter. | Enkel mall för att vikta avrinningskoefficient för olika områden till en sammanvägd koefficient. |
| Verktyg Flödesserieanalys | Analysera tillskottsvattenkomponenter. | Verktyg för att skatta olika tillskottsvattenkomponenter direkt från en flödeskurva med dygnsvärden. |
| Verktyg BNA | Analys av bidragande nederbördsarea. | Analysen baseras på dygnsvärden för avloppsflöde, nederbörd och temperatur. Metodiken är tagen från beskrivning i VA-Forsk 1996:06. |
| Verktyg Varaktighetskurva | Analysera varaktighetskurva. | Framtagande av varaktighetskurva från flödesdata och möjlighet att dela upp avloppsflödet i olika komponenter. |
| Verktyg Dygnsvariation | Analys av dygnsvariation på avloppsflöde för att uppskatta basflöde. | Tre olika metoder att skatta basflödet från dygnsvariation på avloppsflödet. Dygnsmonster för ett lågflödesdygn kan ge uppskattning av ett konstant basflöde under året. |

5.3.3 Stödverktyg för snabba flöden

Det finns två enkla verktyg till stöd vid beräkning av snabba flödesvolymmer från hårdgjorda ytor.

Verktyg Regnförlust

Det första verktyget används för att beräkna hur stor del av årsnederbörden som har avdunstat från hårdgjorda ytor som annars skulle gett snabb avrinning. Man brukar räkna med att en halv till en millimeter av varje regn försvinner på grund av vätning av ytor. Indata består i en regnserie för året (vippdata d.v.s. ackumulerad regnmängd per tidssteg) och utdata är antal millimeter som ska dras av årsnederbörden vid beräkning av snabb avrinning.

Arbetsgång

1. Radera eventuell regndata som redan ligger på bladet.
2. Klistra in en regnserie med vipphändelser som omfattar ett år, minst dygnsupplösning.
3. Se till att beräkningsceller (grå med formler) finns för alla regnseriens rader.
4. Anpassa vid behov övre gräns för vad som ska betraktas som ett torrdygn (inställningscell). Regnförlust beräknas endast då dygnet innan betraktas som ett torrdygn. Mallen är inställd på 3 mm.
5. Anpassning av vilket avdrag som görs för regnförlust går också att göra. Mallen är inställd på 1 mm.
6. I resultatet beräknas årsnederbörd, antal regndygn, effektiv nederbörd för snabb avrinning, och totalt avdrag på årsnederbörden. Resultatet kan användas till vattenbalansen.
7. Kontrollera också att längden på regnserien är önskat antal dagar.

Verktyg Avrinningskoefficient

Det andra verktyget är ett stöd för att beräkna en sammanvägd avrinningskoefficient för olika delområden baserat på sammansättningen av olika bebyggelse typer eller olika yttyper. Indata är markanvändningstyper och arealer för respektive delområde och utdata är viktade avrinningskoefficienter för områdena.

Arbetsgång

1. Välj bebyggelse eller yttyp. Väljs från en lista. Även egna typer kan anges.
2. Justera vid behov avrinningskoefficienten, ϕ , för typen.
3. Välj enhet för areal (valfri kan användas bara det är samma).
4. Ange arealen för respektive typ inom respektive område.
5. För varje delområde och totalt beräknas en viktad avrinningskoefficient.

Till höger om beräkningscellerna finns referensdata. Egna värden kan läggas till.

5.3.4 Stödverktyg för komponentuppdelning av flödesserier

Det finns ett antal verktyg som kan användas för att analysera olika flödes- och nederbördsserier och dela upp flödet i olika komponenter.

Verktyg Flödesserieanalys

Med verktyget kan man klistra in en flödesserie och genom att ange ett spillvattenflöde samt anta ett basflöde utifrån flödeskurvan kan man justera det snabba flödets storlek så att topparna stämmer överens med flödeskurvan visuellt. Resultatet blir en fördelning mellan snabbt, trögt och basflöde. Genom att ange nederbörd till avrinning som kan beräknas med *Verktyg Regnförlust* kan verktyget räkna baklänges och få ut en bidragande areal.

Verktyget fungerar genom att flödeskurvan medelvärdesbildas för 7 dygn och det som sticker upp över den medelvärdesbildade kurvan antas vara snabba flöden och ”resten” antas vara tröga flöden, konstanta basflöden och spillvatten. De snabba topparna blir härvid lite underskattade och kan justeras med en faktor. Slutligen justeras det tröga flödet för att balansera mot det verkligt uppmätta flödet.

Snabb och trög area från verktyget kan sen läggas in på vattenbalansblad och storleken av basflödet kan anpassas. Också fördelningen av komponenterna kan jämföras.

Arbetsgång

1. Rensa eventuell tidigare data i mallen.
2. Klistra in avloppsvattenflöde, dygns- eller timmesupplösning är lämpligt. Verktyget klarar maximalt ett års data.
3. Lägg in ett värde på spillvattenflöde eller om det finns underlag en tidsserie för spillvattenflöde med samma tidssteg som avloppsvattenflödet.
4. Visuellt från kurvan i det undre diagrammet bedöm basflödets storlek.
5. Nu har trögt och snabbt tillskottsvatten preliminärt bedömts.

Då det tröga tillskottsvattnet bedöms genom medelvärdesbildning blir det för högt och det snabba flödet blir för lågt

6. Sätt justeringspost för trögt flöde till noll och justera sen de snabba topparna med en faktor så de får rätt utseende.
7. En ny justeringspost för trögt flöde har beräknats. Klistra in denna som värde i cellen för justeringspost som används. Resten ska nu bli noll.

Verktyg BNA

I VA-Forskrappport 1996:06 (Gustafsson & Svensson 1996) redogörs för en metod att beräkna bidragande nederbördsarea, BNA, på ett, två, tre och fyra dygn. Principen är enkel. Efter bortfiltrering av regn som föregås av andra regn jämförs regnmängd mot avloppsflödesmängd i en regnperiod på upp till fyra dagar. Dag 0 d.v.s. dagen innan regnet används som ett jämförelseflöde. För varje dag i fyra dygn beräknas differensen mellan avloppsflödesmängd och jämförelseflödet. Denna differens som antas vara tillskottsvatten används för att sätta upp ett ekvationssystem där man successivt kan lösa ut hur stor area som bidrar med avrinning inom ett, två, tre och fyra dygn vilket betecknas: BNA_1 , BNA_2 , BNA_3 och BNA_4 .

Värdet på BNA vid olika regn kan variera ganska mycket vilket till stor del kan ha att göra med regnmätningens representativitet för hela området men också att det kan vara olika hydrologiska förhållanden under olika delar av året vilket påverkar responsen på nederbörd.

Indata är flödesserie, regnserie och temperaturserie. Samtliga med dygnsupplösning. Utdata är värden på BNA_1 till BNA_4 .

Om man ska relatera BNA till begreppen snabba och tröga flöden så utgörs BNA_1 till del av snabba flöden från hårdgjorda ytor men också delvis av trögare flöden från dränering av områden. För praktisk användning i vattenbalansen så kan man utgå från att den verkligt snabba arean inte bör vara större än den beräknade BNA_1 arean.

Arbetsgång

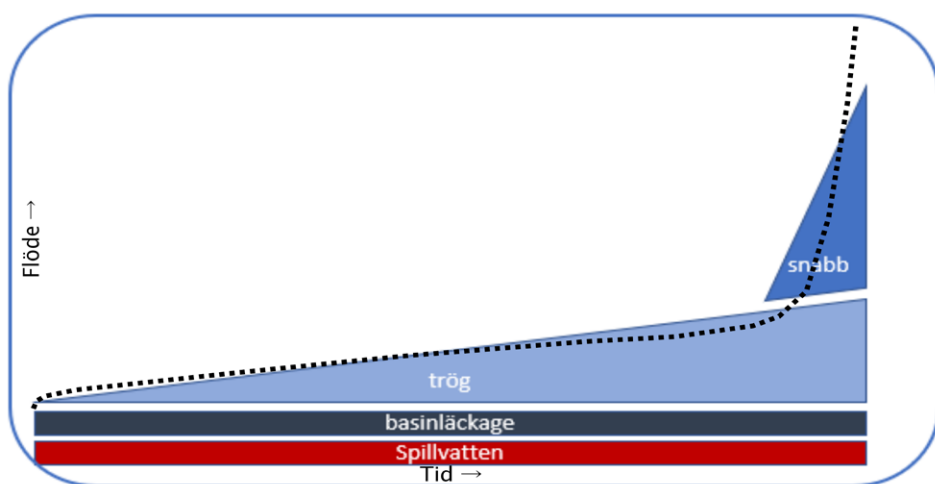
1. Ta fram flödesdata i $m^3/dygn$, regndata i $mm/dygn$ och medeltemperatur i $^{\circ}C$ för varje dygn.
2. Klistra in flödesdata, regndata och temperaturdata i mallen.
3. Läs av beräknad bidragande nederbördsarea i resultatet.

4. Till höger om beräkningarna kan man justera inställningarna för verktyget (verktyget filtrerar bort regn som inträffar i en redan regnpåverkad period och kräver en minsta regnmängd under dygnet för att starta utvärderingen av BNA).

Verktyg Varaktighetskurva

Verktyget *Varaktighetskurva* tar fram en varaktighetskurva för ett flöde utifrån en inklistrad mätserie. Det är viktigt att flödesserien har fasta tidssteg.

Den framtagna varaktighetskurvan kan användas för att beräkna volymen av flöden mellan olika gränser men också till att karakterisera tillskottsvattnet i tre olika komponenter. Dels ett konstant basflöde, dels ett stigande tillskottsvattenflöde som i verktyget kallas hydrologiskt flöde (trögt) och dels högflöden som i verktyget kallas hydrologiskt högflöde (snabbt). Uppdelningen görs genom att approximera varaktighetskurvan i olika geometriska former. En basrektangel antas utgöras av spillvattenflöde, en rätvinklig triangel antas utgöras av det hydrologiska flödet (trögt). Ovanpå denna antas ytterligare en triangel av hydrologiskt högflöde (snabbt). Det approximerade hydrologiska flödets (trögt) skärning med y-axeln minus spillvattenflödet används för att beräkna basflödesrektangeln. Den justering som görs av användaren är att ange var (procentuellt på varaktighetskurvan) lutningen på kurvan bäst motsvarar den tänkta lutningen på den hydrologiska flödestriangeln (trög).



Figur 5.3

Beskrivning av modellen för att uppskatta olika komponenter från en varaktighetskurva. En streckad linje illustrerar en verklig varaktighetskurva.

Det går förstas inte att direkt översätta en varaktighetskurva till olika typer av flöden av typen snabb, trög och bas. En orsak är att det förekommer snabba flöden vid småregn som inte resulterar i de högsta flödena. Men på samma sätt så finns det också tröga flöden som bidrar till de högsta topparna.

Verktyget är framtaget i projektet kring hållbar tillskottsvattennivå åt Norsk Vann (von Scherling et al. 2020) och har inte testats i större skala men det är författarens förhoppning att jämförelse av olika kurvor på detta sätt ska kunna vara givande och säga något om systemen. Syftet med verktyget är att ändå få en känsla för hur sammansättningen av tillskottsvattnet kan tänkas se ut.

Arbetsgång

1. Klister in flödesdata. Data ska ha ett fast tidssteg och vara i enheten m^3/s . Om det finns dataluckor så är det bästa att dessa rader tas bort och inte ligger med som nollor. Timmesdata är lämpligt. En varaktighetskurva beräknas automatiskt.
2. Ange spillvattenmedelflöde. Den kan antingen antas vara samma som minimiflödet på varaktighetskurvan eller också finns andra uppgifter på spillvattenflödet, till exempel från vattenbalansen.

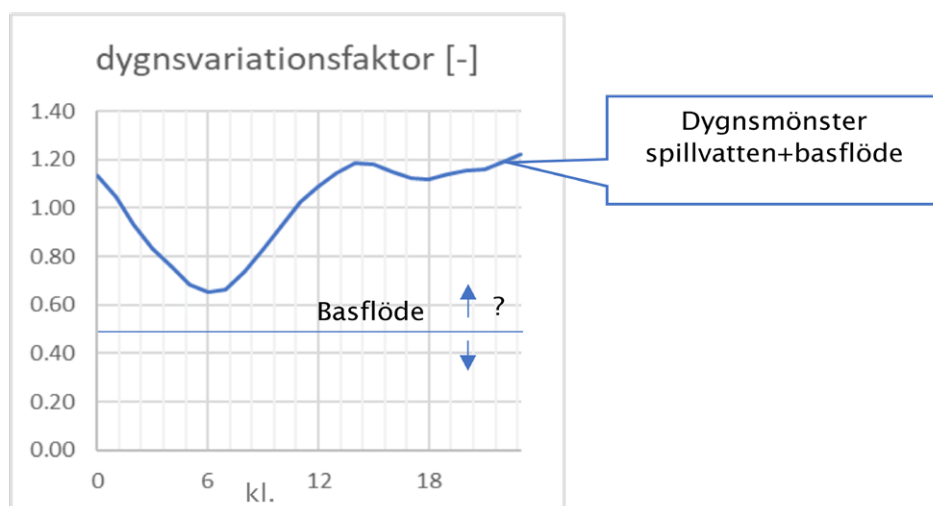
3. Justera percentil. Percentilen bestämmer var på kurvan som lutningen för det hydrologiska flödet ska tas.
4. I resultatet beräknas volymer och andelar av olika flöden vilket kan användas i vattenbalansen.
5. Baklängesräkning med hjälp av nederbörd kan göras för att beräkna de areor (snabba och tröga) som bedöms ha bidragit

Extra

6. Om flödesdata har minst timmesupplösning kan ett dygnsmonster beräknas automatiskt. Använd filter för att filtrera bort högre flöden för att ta fram ett mönster som kan användas i nästa verktyg *Verktyg Dygnsvariation*.

Verktyg Dygnsvariation

Bara genom att granska en flödeskurva för ett område kan man få ut mycket information om tillskottsvattenmängden. Människors vanor och ledningsnätets storlek kommer att ge upphov till ett karakteristiskt dygnsmonster. Detta mönster lägger sig ovanpå tillskottsvattnets flöde som varierar över året och inte minst vid regn. En flödeskurva för ett dygn kan till exempel se ut som nedan.



Figur 5.4

Ett dygnsmonster från en flödesserie. x-axeln avser klockslag och y-axeln en faktor mot medelflödet under det aktuella dygnet. Inte hela flödet utgörs av spillvatten.

Beroende på områdets storlek uppströms mätpunkten kommer faktorerna i figuren ovan bli olika stora. För stora områden blir variationen mindre eftersom flödet i högre grad jämnas ut av personer med olika vanor och fördröjs på grund av långa rinntider för avlägsna delar av området. Även områdets homogenitet/heterogenitet påverkar – ju mer samma beteende, vanor och tider desto högre faktorer.

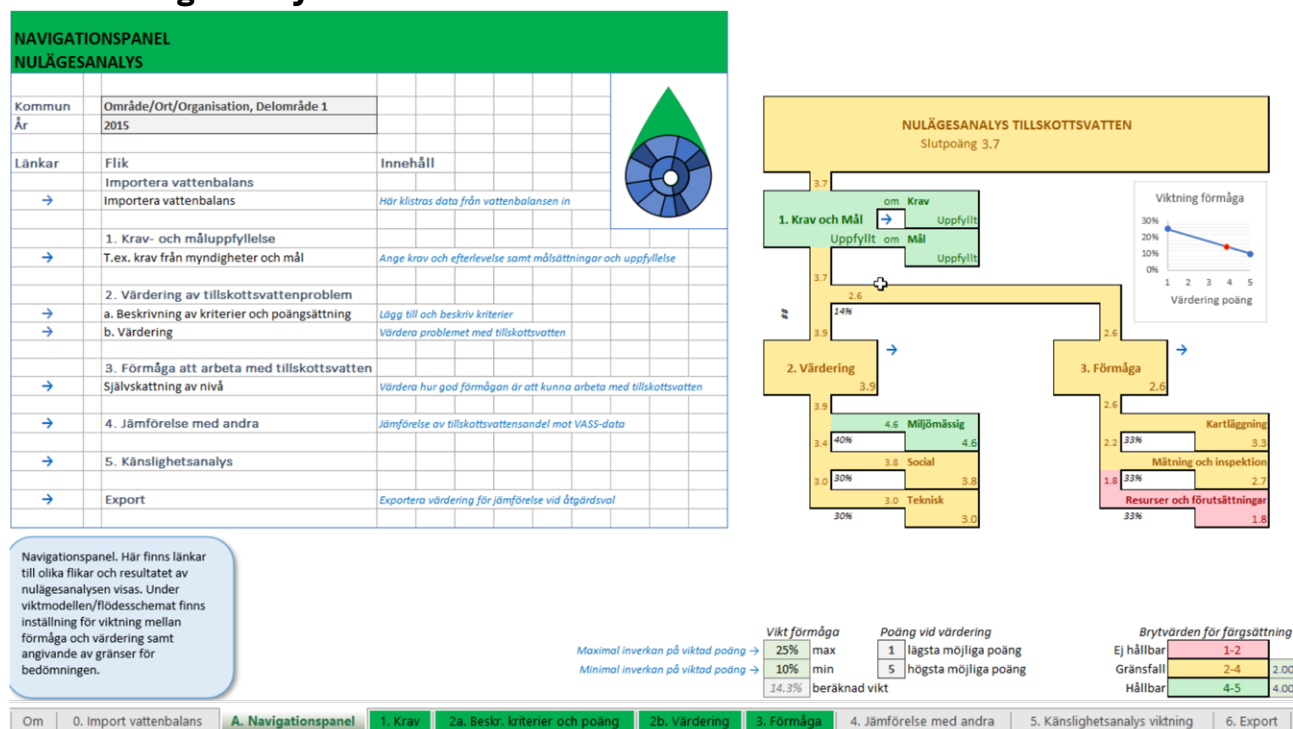
En medelflödeskurva vid lågflöde kan tas fram med hjälp av *Verktyg Varaktighetskurva*. Där ett medelflöde per timme liksom dygnsvariationsfaktorer beräknas för dygn med medelflöden inom angivna gränser. Välj lågflöden.

Tre metoder finns inlagda i verktyget: "Wastewater production", "Minimum Flow Factor" och "Stevens – Schutzbach Method". Metoderna beskrivs närmare i bilaga B.

Arbetsgång

1. Klistra in ett analyserat dygnsmonster för dygnets 24 timmar. Verktyget *Varaktighetskurva* på bladet innan kan användas eller också tas ett mönster för ett lågflödesdygn ut på annat sätt.
2. Resultatet beräknas direkt. Välj metod för att ta fram önskade flöden i resultatet.
3. Justering kan göras för metoden WWP som är inställd på 12 %.
4. Basflödesuppskattningen kan användas till vattenbalansen.

5.4 Nulägesanalys



Efter att ha skapat en övergripande bild av tillskottsvattensituationen genom vattenbalansen kan en nulägesanalys av tillskottsvattensituationen göras baserat på tre delar. Delarna är *Krav och mål*, *Värdering* av tillskottsvattensituationen samt värdering av organisationens *Förmåga* att arbeta med tillskottsvatten. Poängen för respektive del sammanvägs till ett slutresultat.

5.4.1 Vad gör verktyget?

Verktyget syftar till att ge användaren ett överskådligt, anpassningsbart multikriterie-analysverktyg som stödjer en nulägesanalys avseende tillskottsvatten för ett område, ett visst år eller tidsperiod. Verktyget ger en poäng (eller betyg) mellan 1–5 avseende tillskottsvattensituationen. Poängskalan spänner från mycket dåligt till mycket bra.

Figur 5.5

Nulägesanalysens navigationspanel med länkar till olika blad och presentation av valt resultat.

5.4.2 Blad i nulägesanalysen

Verktyget för nulägesanalys är uppdelat på olika steg. I Tabell 5.4 återfinns en kort beskrivning av bladen för de olika stegen i verktyget.

| Bladnamn | Innehåll kort | Beskrivning |
|---------------------------------|---|---|
| Om | Om verktyget. | Om verktyget, versionsdatum, projektet och hänvisning till rapport. |
| Import | Importblad för data från andra verktyg. | För inklistring av data från vattenbalans. |
| Navigationspanel | Länkar till olika blad, presentation av resultat. | Startpunkt. Länkar till alla blad. Här sker också sammanvägning av alla delar och resultatet presenteras. |
| 1. Krav och mål | Del 1 i nulägesanalysen. | Värdering av hur väl krav och mål uppfylls. |
| 2a. Kriterier och poängsättning | Definitionsblad för del 2 i nulägesanalysen. | Beskrivning vad olika kriterier står för och exemplifiering av poänggränser för värdering av tillskottsvattensituationen. |
| 2b. Värdering | Del 2 i nulägesanalysen. | Värdering av tillskottsvattensituation. |
| 3. Förmåga | Del 3 i nulägesanalysen. | Värdera förmågan att arbeta med tillskottsvatten. |
| 4. Jämförelse med andra | Benchmarking. | Jämförelse mot VASS-data. Även poängberäkning av kriterium i 2a. <i>Värdering</i> "jämförelse mot andra". |
| 5. Känslighetsanalys | Relativ vikt för olika kriterier i nulägesanalysen. | Studera vilket kriterium som har högst vikt? Vilket kriteriums vikt och poängsättning påverkar slutpoängen mest? |
| Export | Exportblad till andra verktyg. | Samlar resultat för export till åtgärdsvärdering för jämförelse (förutsätter att namngivningen i nulägesanalys och i åtgärdsvärderingen är identisk). |

5.4.3 Arbetsgång

En enkel arbetsgång kan beskrivas som:

1. Använd länkar/pilar på navigationspanel för att snabbt navigera i arket eller bläddra mellan flikarna.

Import:

2. Klistra in data från vattenbalansen på blad *Import*

Se över kriterier och poängsättning:

3. Justera listan med krav och mål på 1. *Krav* och ange uppfyllnad.
4. Justera listan med kriterier på 2a. *Kriterier och poängsättning* och se över poänggränser.
5. Poängsätt kriterier på 2b. *Värdering*. Vänta med att justera vikter.
6. Justera listan med olika aspekter på förmåga på 3. *Förmåga*. Fyll i och justera vid behov.
7. Uppdatera VASS-statistik vid behov och välj vilken parameter som är relevant att jämföra med på 4. *Jämförelse med andra*. Bladet läser från importerade data. Tänk på att jämförelsen blir mest rättvis om det är samma tidsperiod som jämförs.

Se över viktning och omräkning till poäng:

8. Se över poängsättning och gränser för vad som anses vara uppfyllda krav och mål på 1. *Krav*.
9. Se över vikter på 2b. *Värdering*. Standardinställning är att varje dimension får samma vikt och att varje kriterium inom respektive dimension får samma vikt men vikterna går att justera i blå celler.
10. Se över vikter på 3. *Förmåga*. Vikterna mellan de olika kategorierna kan justeras men aspekterna inom respektive kategori ges samma vikt.

Efterjusteringar:

11. Studera utfallet på A. *Navigationspanel*. Här visas sammanvägningen av allt och hur utfallet för respektive dimension vägs ihop till en helhet.

Tabell 5.4

Beskrivning av olika blad i verktyget för nulägesanalys.

-
12. Genom att ändra på brytvärden för värderingen under flödesschemat (celler AA35:AA36) ändras färgsättning och utfall av analysen. Genom att justera hur högt *förmågan* ska viktas gentemot *värderingen* ändras utfall av analysen (celler P34:P35).
 13. För att studera vad som inverkar till resultatet så gå till bladet 5. *Känslighetsanalys*. Här visas alla kriteriers sammanvägda vikt i "slutbetyget". Om det är något som slår igenom oönskat mycket eller lite så föreslås att man går in och ändra vikten på relevant del och kriterium.

Export:

14. En sammanställning av resultatet liksom data från analysen finns sammanställt på bladet *Export*.

5.4.4 Generellt om poängsättning och viktning i verktyget.

Nuläget analyseras genom poängsättning och sammanvägning av olika kriterier. Kriterierna är indelade i dimensioner och dimensionerna ingår i olika delar. En del utgörs av *Krav och mål*, en del av *Värdering* av tillskottsvattensituationen och en del av värdering av *Förmågan* att arbeta med tillskottsvatten.

Poäng sätts från 1=mycket dåligt till 5=mycket bra.

Poäng på tillskottsvattnets negativa inverkan på ett antal kriterier ansätts. Det är viktigt att man poängsätter tillskottsvattnets inverkan på kriteriet och inte status på kriteriet i sig. Poängen ska tolkas som:

1 = Mycket stor negativ inverkan

2 = Stor negativ inverkan

3 = Måttlig negativ inverkan

4 = Liten negativ inverkan

5 = Försumbar inverkan eller till och med positiv inverkan

Dock när det gäller *jämförelse med andra* avser poäng 3 ett medelvärde, 5 bland de bästa i klassen och 1 bland de sämsta i klassen och när det gäller delen *krav och mål* kan endast två slutvärden värden antas 1=klarar inte och 5 klarar. Däremot kan gränsen för att "klara" justeras för olika kriterier individuellt under *krav* respektive under *mål*.

Det är viktigt i arbetet med poängsättning att man konkretiserar vad skalan betecknar för det aktuella kriteriet. Vad är till exempel ett mycket dåligt värde på "Rening vid avloppsreningsverk och slamkvalitet"? Diskutera och dokumentera definitionerna.

De olika kriterierna delas upp på olika dimensioner och sedan ges kriterierna en procentuell vikt gentemot de andra kriterierna. Dimensionerna ges också en procentuell vikt gentemot de andra dimensionerna. Inom varje dimension är summan av kriteriernas vikter 100 % och summan av alla dimensioners vikter är lika med 100 %. Dimensionens vikt multipliceras sen med kriteriets vikt. Slutpoängen efter viktning kommer därmed att hamna mellan minimum (=1) och maximum (=5) på poängskalan.

5.4.5 Delen Krav och mål

Gå igenom listan på kravbladet. Vilka krav finns på verksamheten? Fyll i krav och ange deras uppfyllnad. Bladet har två olika dimensioner där den ena avser hårda krav från till exempel tillståndsmyndighet och den andra utgörs av målsättningar som kan ha satts upp i verksamhetens styrkort.

Det finns två sätt att ange kravnivå och uppfyllnad. Det ena sättet är att ange ett gränsvärde och sedan ange aktuellt värde för kriteriet. Det andra sättet är att välja uppfyllnad från alternativ i en rullgardinslista. Poängsättningen baserat på rullgardinsvalet kan justeras till höger om viktningmatrisen men ett förslag finns inlagt.

Medelvärde för poängen inom *Krav* respektive *Mål* tas fram. Kombinationen av *Krav* och *Mål* har bara två utfall: uppfyllt eller ej uppfyllt. Man kan separat för *Krav* respektive *Mål* ange vilken gräns som ska gälla för uppfyllt. Är till exempel godkänt med anmärkning okej?

5.4.6 Delen Värdering av tillskottsvattensituation

Värdering av tillskottsvattensituation görs genom poängsättning av olika kriterier. Kriterierna har delats in på tre hållbarhetsdimensioner: Miljömässig, Social och Teknisk dimension. Poängsättning och viktning sker på samma blad men föreslås ske i två separata steg. Poäng väljs mellan 1–5 per kriterium och vikterna kan justeras. Om ingen justering görs så viktas kriterierna och dimensionerna automatiskt lika. I Figur 5.6 visas värderingsmallen.

| Viktad poäng | Hållbarhetsdimension | Justera vikt | Vikt | Kriterier | Justera delvikt | Delvikt | Poäng (1-5) | Poäng |
|--------------|------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------|-------------|-------|
| 0.20 | Miljömässig dimension 4.6 | | | Kemikalieanvändning på reningsverk | 10% | 10% | 5 | 5.0 |
| 0.06 | | | | Energiförbrukning - CO2 | | 5% | 3 | 3.0 |
| 0.40 | | 40% | 40% | Bräddning | | 20% | 4 | 4.0 |
| 0.16 | | | | Grundvattennivå | 10% | 10% | 4 | 4.0 |
| 1.00 | | | | Rening vid avloppsrensning | 50% | 50% | 5 | 5.0 |
| 0.00 | | | | | | 0% | | 0.0 |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.17 | Social dimension 3.4 | | | Kärlösa vattenmätare | | 14% | 4 | 4.0 |
| 0.21 | | | | Badvatten i toalett | | 14% | 5 | 5.0 |
| 0.09 | | | 30% | Vattenhantering | | 14% | 2 | 2.0 |
| 0.21 | | | | Regnhantering och översvämning | | 14% | 5 | 5.0 |
| 0.09 | | | | Dränkanaler | | 14% | 2 | 2.0 |
| 0.04 | | | | Jordbruk | | 14% | Beräkning | 1.0 |
| 0.21 | | | Kostnader för brukare. VA-taxa | | 14% | 5 | 5.0 | |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.45 | Teknisk dimension 3.0 | | | Kapacitet i ledningsnät | | 50% | 3 | 3.0 |
| 0.45 | | | | Separering av kombinerat ledningsnät | | 50% | 3 | 3.0 |
| 0.00 | | | 30% | | | 0% | | 0.0 |
| 0.00 | | | | | | 0% | | 0.0 |
| 0.00 | | | | | | 0% | | 0.0 |
| 0.00 | | | | | | 0% | | 0.0 |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 0.00 | | | | | 0% | | 0.0 | |
| 3.7 | | | 100% | antal 14 | | 100% | antal 14 | |

Figur 5.6
Värderingsmallen med viktning och poängsättning.

Översikt föreslagna dimensioner och kriterier i verktygen

I Tabell 5.5 listas föreslagna kriterier att ta med vid nulägesanalys med verktyget. Det är valfritt hur många kriterier som tas med och fler kan läggas till. Det kan vara en god idé att inledningsvis endast ta med de kriterier som upplevs som allra viktigast.

| Dimension | Nulägesanalys |
|--|---------------|
| Miljömässig dimension | |
| Rening och slam vid avloppsreningsverk | X |
| Kemikalieanvändning | X |
| Energiförbrukning | X |
| Biogasproduktion | X |
| Miljöpåverkan från bräddning | X |
| Spillvattenläckage till recipient | |
| Dagvattenutsläpp till recipient | |
| Påverkan på grundvattennivåer | X |
| Material och avfall | |
| Social dimension | |
| Olägenheter för enskilda | X |
| Badvattenkvalitet | X |
| Rekreationseffekter | |
| Smitta vattentäkt/råvatten m.m. | X |
| Nedskräpning | X |
| Dimension | |
| Publicitet | X |
| Jämförelse med andra | X |
| Kostnader för brukare | X |
| Arbetsmiljö | |
| Trafikstörningar | |
| Fördelningseffekter | |
| Teknisk dimension | |
| Kapacitet | X |
| Framtida kapacitet | X |
| Avledningssäkerhet | X |
| Drift och underhåll | X |
| Omsättning, självrens | X |
| Sekundära skador | X |
| Robust lösning | |
| Tid till färdigställande | |
| Rådighet | |
| Behov av samordning | |
| Teknisk svårighetsgrad | |

Tabell 5.5

Föreslagna dimensioner och kriterier i nulägesanalysen. X markerar förslag. Ingen markering innebär att kriteriet finns med i åtgärdsvärderingen men kan vara svårtillämpad i nulägesanalysen.

I Bilaga A ges lite råd kring hur man kan tänka vid val av kriterier.

5.4.7 Delen Förmåga

Förmågan att arbeta med tillskottsvatten poängsätts för kriterier inom tre olika dimensioner:

- Kartläggning
 - T.ex. har man använt de data man har och skaffat sig så god koll man kan? Här kan den framtagna vattenbalansen anses utgöra en del av kartläggningen.
- Mätning och inspektion
 - T.ex. har man genomfört mätningar och kontrollerat anslutningar och anordningar? Är mätningar tillförlitliga?
- Resurser och förutsättningar
 - Finns det personal? Finns det ett strukturerat arbete kring tillskottsvatten?

Som standardinställning viktas de tre områdena lika men det går att justera. Ingen automatisk viktning sker på bladet så se till att områdenas vikter summerar upp till 100 %. Inom respektive område viktas alla kriterier lika.

5.4.8 Jämförelse med andra, Benchmarking

Jämförelse mot andra eller benchmarking finns på ett separat blad och baserar sig på VASS-data. I mallen finns det ett utdrag från 2020 vilket givetvis kan uppdateras med nya data. Det är rekommenderat att jämföra samma period eftersom olika år kan vara olika blöta. De parametrar som kan jämföras är utspädningsgrad (%), tillskottsvatten per ledningslängd ($\text{m}^3/\text{dygn}/\text{km}$), bräddning av total spillvattenmängd (%), Kombinerat ledningsnät (%) samt nederbördsmängd (mm).

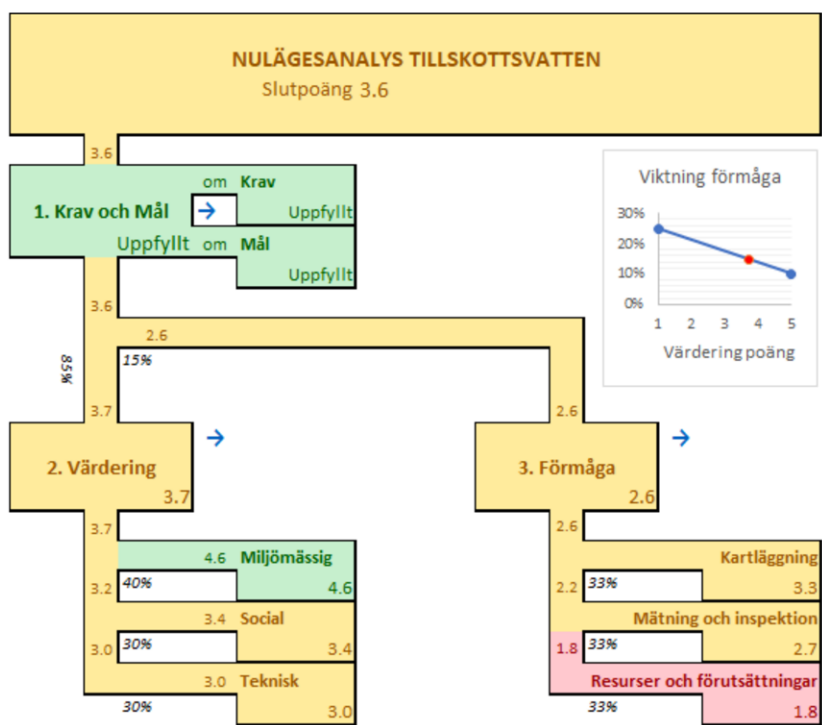
I första hand föreslås jämförelse mot tillskottsvatten per ledningslängd då det är det nyckeltal som är mest rättvist när det gäller statusen på ledningsnätet. När det gäller utspädningsgrad så gynnar nyckeltalsberäkningen de kommuner som har många anslutna eftersom det blir mycket spillvatten jämfört med mängden tillskottsvatten.

Nederbördsmängd och andel kombinerat ledningsnät är faktorer som inverkar men sambanden är inte entydiga. Grafer tas dock fram som presenterar det egna datat mot referensdatat från VASS.

En poäng beräknas baserat på jämförelsen. (På värderingsbladet kan man välja ifall denna beräknade poäng ska väljas eller om man manuellt vill ange poäng för kriteriet jämförelse med andra) Beräkningen görs linjärt mellan det 95 % högsta värdet och det 5 % lägsta värdet för ansättning av poäng mellan 1–5. Percentilerna som går att justera används för att ta bort outliers från analysen. T.ex. om en kommun avsiktligt eller av misstag har rapporterat 20 ggr mer tillskottsvatten per meter ledning så får alla övriga kommuner annars en bra poäng.

5.4.9 Sammanvägning av de olika delarna

Viktning av kriterier ger en viktad poäng inom varje dimension och dimensionerna har viktats inom varje del till en viktad poäng. Sammanvägning av de olika delarna illustreras i Figur 5.7 nedan.



Figur 5.7
Viktmodell för nulägesanalysens olika delar. Varje dimensioner viktas mot andra dimensioner och även delarna viktas mot varandra.

Flödesschemat eller viktmodellen ovan ger en visuell presentation av analysen och baserar sig på tre delar för att avgöra om nivån på tillskottsvatten kan anses som acceptabel.

Centralt är delen *Värdering* av tillskottsvattenproblemet och den viktas ihop med delen *Förmåga* men delen *Krav och mål* utgör ett nålsöga som måste passeras med godkänt för att ge Nulägesanalysen den sammanvägda poängen mellan *Värdering* och *Förmåga*. I annat fall ges den sammantagna nulägesanalysen lägsta poäng. Det vill säga, klarar man inte krav och mål kan inte situationen anses vara god.

Värderingen av tillskottsvattenproblemet baserar sig, liksom beskrivet i avsnitt 5.4.6, på utvärdering av miljömässiga sociala och tekniska dimensioner på tillskottsvattenproblemet som viktas ihop i förhållande till angivna vikter.

Att ha *Förmåga* är centralt när det gäller att åtgärda tillskottsvatten men om tillskottsvattenproblematiken är mycket liten så är det inte lika viktigt med god förmåga. Därför viktas förmågan i förhållande till storleken på tillskottsvattenproblemet. Värden för max och min för vikten på förmåga anges under flödesdiagrammet vilket default anges till 25 % vid sämsta möjliga poäng på värdering (vilket gör förmågan lika viktig som någon av de övriga dimensionerna i värderingen) och 10 % vid bästa möjliga poäng vid värdering av dimensionerna i värderingen.

I exemplet ovan (Figur 5.7) har delen *Värdering* av de tre dimensionerna miljömässig, social respektive tekniskt resulterat i poäng 4.6, 3.4 respektive 3.0. De tre dimensionerna har olika inbördes vikt - 40 % respektive 30 % och 30 % - och viktas ihop till poängen 3.7. På samma sätt har delen *Förmåga* viktats ihop till poängen 2.6. Viktning av förmåga i förhållande till värderingen görs omvänt mot värderingens poäng så att en hög poäng av värderingen resulterar i en låg vikt för förmågan och vice versa. Viktningen sker i exemplet linjärt mellan 10 % och 25 % vilket med ett värdering på 3.7 blir 15 % vilket sänker poängen från värderingen något till 3.6. I boxen för delen *Krav och mål* är både krav och mål uppfyllda vilket medför att totalpoängen fortsatt behåller värdet 3.6. Hade någon av krav och mål ej uppfyllts hade totalpoängen automatiskt fått värdet 1.

Färgsättningen styrs av gränser som anges under viktmodellen. Färgerna ger bedömning av situationen visuellt.

Brytvärden för färgsättning Bedömning tillskottsvattensituation

| | |
|-----|--------------------|
| 1-2 | Dålig |
| 2-4 | Måttlig/Acceptabel |
| 4-5 | God |

Figur 5.8

Färgsättning av viktmodell och angivande av brytvärden för färgbyte.

Ser resultatet vettigt ut? Blir någon box-rödmarkerad som inte borde eller tvärt-om? I så fall kan man gå tillbaka och se över poängsättning och viktning.

5.4.10 Känslighetsanalys

Varför blir resultatet som det blir? Genom viktmodellen, se avsnitt 5.4.9, så innebär att ett icke godkänt resultat på krav och mål medför att hela slutresultatet blir underkänt men om krav och mål klaras så blir resultatet en viktning av värderingens kriterier och förmågens kriterier. En sammanställning av alla värderade kriteriers vikter och deras inverkan på slutresultatet går att studera på ett separat blad där redovisning görs för varje kriteriums:

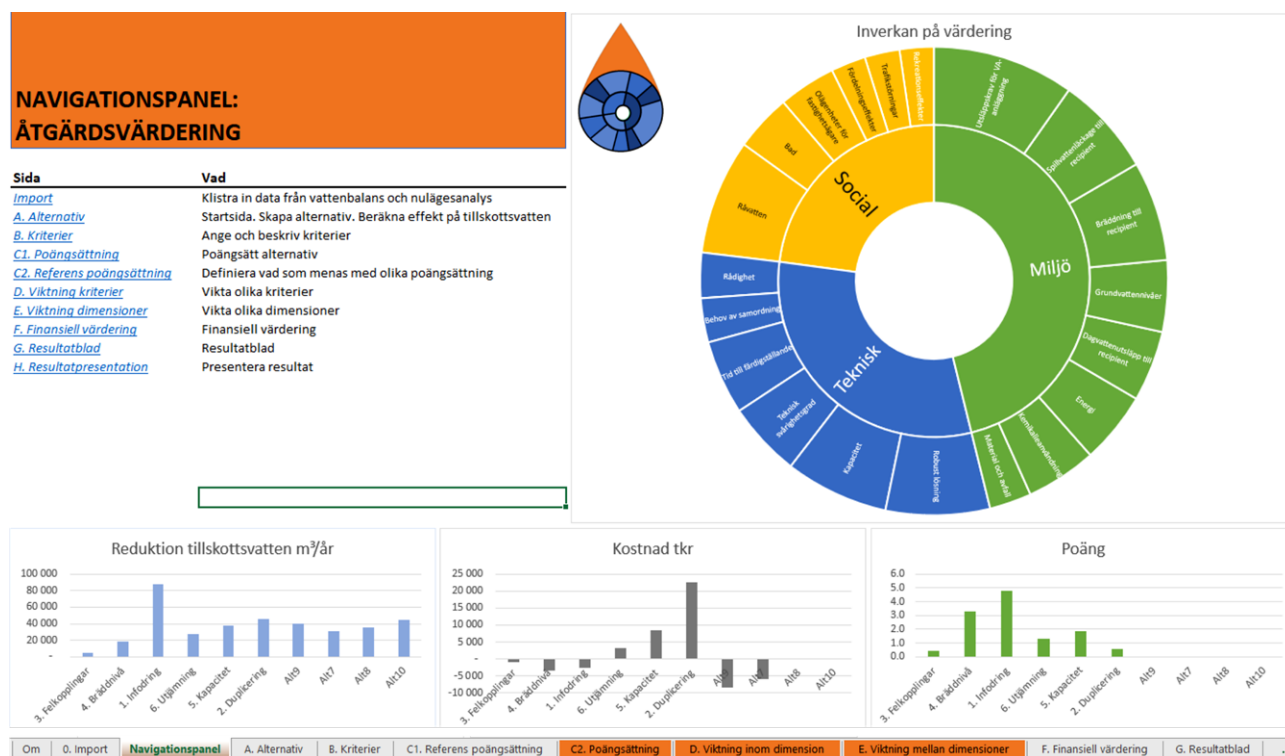
- Totala vikt
- Poängsättning
- Inverkan på slutresultatet

I den totala sammanvägningen får varje kriterium en sammanvägd vikt. Denna kommer tillsammans med den givna poängen påverka resultatet mer eller mindre vilket anges i kolumnen inverkan.

Figur 5.9

Åtgärdsvärderingens navigationspanel med länkar till olika blad och presentation av värderingen av åtgärdsalternativ samt viktmatris i ett soldiagram.

5.5 Åtgärdsvärdering



5.5.1 Syfte med verktyget

Verktyget syftar till att ge användaren ett överskådligt anpassningsbart multikriterie-analysverktyg som underlättar värdering av olika åtgärdsalternativ ur fler aspekter än de rent tekniskt ekonomiska och där prioriteringsgrunden är tydligt redovisad.

5.5.2 Blad i åtgärdsvärderingen

I Tabell 5.6 beskrivs bladen i åtgärdsvärderingsverktyget.

| Blad | Innehåll kort | Beskrivning |
|----------------------------|--|---|
| Om | Om verktyget. | Om verktyget, versionsdatum, projektet och hänvisning till rapport. |
| Import | Importblad för data från andra verktyg. | Klistra in data från vattenbalans och nulägesanalys. |
| Navigationspanel | Länkar till olika blad, presentation av resultat. | Startpunkt. Länkar till alla blad. Presentation av resultat i urval. |
| A. Alternativ | Beskrivning av åtgärdsalternativ och deras effekt. | Startsida. Skapa åtgärdsalternativ. Beräkna effekt på tillskottsvatten från åtgärdsalternativ. |
| B. Kriterier | Definition av kriterier. | Ange och beskriv kriterier. |
| C1. Referens poängsättning | Definiera poänggränser. | Definiera vad som menas med olika poängsättning. |
| C2. Poängsättning | Poängsättning | Poängsätt alternativen. |
| D. Viktning kriterier | Viktning av kriterier. | Ange vikt för olika kriterier |
| E. Viktning dimensioner | Viktning av dimensioner. | Ange vikt för olika dimensioner. |
| F. Finansiell värdering | Värdering av kostnader och nyttor för åtgärdsalternativ. | Utför en finansiell värdering. |
| G. Resultatblad | Sammanställningsblad för resultat. | Här sammanställs och beräknas resultatet. |
| H. Resultatpresentation | Presentationsblad. | Här presenteras resultatet. Välj vilken utvärdering som ska användas för att rangordna åtgärdsalternativen. |
| Export | Exportblad för data till andra verktyg. | Här samlas resultat att kopiera över till vattenbalansen. |

5.5.3 Översikt föreslagna dimensioner och kriterier i verktygen

I Tabell 5.7 listas föreslagna kriterier att ta med vid åtgärdsvärderingen. Användaren väljer vilka kriterier som är relevanta för utvärderingen. Det kan vara en god idé att inledningsvis endast ta med de kriterier som upplevs som mest uppenbara.

Tabell 5.6

Blad i åtgärdsvärderingsverktyget.

| Dimension | Åtgärdsvärdering |
|--|------------------|
| Miljömässig dimension | |
| Rening och slam vid avloppsreningsverk | X |
| Kemikalieanvändning | X |
| Energiförbrukning | X |
| Biogasproduktion | (X) |
| Miljöpåverkan från bräddning | X |
| Spillvattenläckage till recipient | (X) |
| Dagvattenutsläpp till recipient | X |
| Påverkan på grundvattennivåer | X |

Tabell 5.7

Föreslagna dimensioner och kriterier i åtgärdsvärderingen. X markerar förslag, (X) tveksam tillämpbarhet och ingen markering att kriteriet finns med i nulägesanalysen men kan vara svårtillämpad i åtgärdsvärderingen.

| Dimension | Åtgärdsvärdering |
|---------------------------------|------------------|
| Material och avfall | X |
| Social dimension | |
| Olägenheter för enskilda | X |
| Badvattenkvalitet | X |
| Rekreationseffekter | X |
| Smitta vattentäkt/råvatten m.m. | X |
| Nedskräpning | (X) |
| Publicitet | |
| Jämförelse med andra | |
| Kostnader för brukare | (X) |
| Arbetsmiljö | X |
| Trafikstörningar | X |
| Fördelningseffekter | X |
| Teknisk dimension | |
| Kapacitet | X |
| Framtida kapacitet | |
| Avledningssäkerhet | (X) |
| Drift och underhåll | X |
| Omsättning, självrens | (X) |
| Sekundära skador | |
| Robust lösning | X |
| Tid till färdigställande | X |
| Rådighet | X |
| Behov av samordning | X |
| Teknisk svårighetsgrad | X |

I Bilaga A ges lite råd kring hur man kan tänka vid val av kriterier.

5.5.4 Arbetsgång

Arbetet föreslås genomföras i grupp.

- Som ett steg ett (valfritt) kan import från nulägesanalys göras. Om nulägesanalysen har samma namn på kriterier och/eller dimensioner så visas viktningen för dessa bredvid viktningen i åtgärdsvärderingen och möjliggör jämförelse eller justering av vikter.
- Fyll i bladet *A. Alternativ* och beskriv åtgärdsalternativen (åtgärdsalternativ tas fram utanför dessa verktyg). Upp till tio olika alternativ kan jämföras. Under beskrivningen av alternativen finns stöd för att beräkna eller ange den förväntade effekten från åtgärderna.
- Kolla igenom föreslagna kriterier på blad *B. Kriterier*. Justera beskrivningar och lägg till fler kriterier vid behov. Mallen stöder upp till fem dimensioner med tio kriterier per dimension. Om något kriterium känns irrelevant kan det "släckas" på blad *C2. Poängsättning*. Raden blir då grå och räknas inte med i värderingen.
- Kolla igenom beskrivningen av poängsättning på blad *C1. Referens poängsättning*. Generellt avser ju värdena förändringar av kriterier mellan mycket försämrad (-5) och mycket förbättrad (+5) men det är bra att konkretisera vad respektive nivå står för.
- Poängsätt alternativen på blad *C2. Poängsättning*. Sedan kan nivån för poängsättningen behöva justeras upp eller ned. Här kan man också släcka kriterier som man inte vill värdera i kolumn B.

6. Gå igenom viktning på blad *D. Viktning inom dimension*. Här anges för varje kriterium hur viktigt det är från 0=helt oviktigt till 10=superviktigt. Procentuell vikt beräknas automatiskt baserat på den angivna "viktigheten" eller relevansen. Delvikter för importerad nulägesanalys visas i det fall de har identiska namn med kriterierna i åtgärdsvärderingen. Ett pajdiagram illustrerar fördelningen av vikter inom respektive dimension.
7. Gör samma sak på *E. Viktning mellan dimensioner*. Här visar ett soldiagram samtliga kriteriers relativa vikt.
8. På bladet *F. Finansiell värdering* läggs respektive åtgärdsalternativs nyttor och kostnader in. Beräkning av åtgärdernas effekt görs på blad *A. Alternativ*. Effekten ligger som grund för att beräkna minskade kostnader till följd av reduktion av tillskottsvatten per m³. Nuvärdeskostnad för åtgärderna beräknas.
9. På *G. Resultatblad* kan resultatet studeras i detalj men mer tillgängliga resultat finns på nästa blad.
10. På *H. Resultatpresentation* finns en sammanställning av alla alternativen och den viktade poängen kan slås ut på exempelvis kostnad eller på reducerad mängd tillskottsvatten och kan sen rangordnas därefter.
11. På blad *7. Export* erbjuds ett enkelt sätt att kopiera åtgärdernas effekter till vattenbalansen för test i scenarion.

5.5.5 Alternativ för utvärdering

Referensalternativet utgörs i regel av nollalternativet nuläget och alternativen utgörs av olika åtgärds paket som uppfyller kraven för åtgärd inom ett område, t.ex. minska översvämningar. Men det går också att tänka sig att man jämför vitt skilda åtgärder som är möjliga att genomföra på olika platser.

För att jämförelsen ska bli rättvis behöver man fundera på hur den ställs upp.

- Alternativ som alla uppfyller ett visst åtgärdskrav.
 - Det enklaste fallet. Alternativen löser alla problemet. Poängen samt kostnad räcker som rangordningsgrund.
- En flora av möjliga åtgärder från stort till smått.
 - Här behöver effekten också värderas och kopplas till ett nyckeltal som t.ex. poäng/krona eller kronor/m³ för att hitta det mest kostnadseffektiva alternativet.

5.5.6 Poängsättning

Poängsättning av olika kriterier görs efter en generell skala. Poängskalan hålls mellan -5 till +5 för att erbjuda ett lagom antal steg mellan mycket försämrad och mycket förbättrad status på ett kriterium. Poäng -5 är väldigt dåligt och +5 är mycket bra. Poäng 0 representerar ingen förändring från referensalternativet. I Tabell 5.8 nedan visas generell innebörd av poängskalan.

| Poäng | Innebörd |
|-------|---------------------------------|
| 3→5 | Avsevärt till mycket förbättrad |
| 1→2 | Lite till måttligt förbättrad |
| 0 | Oförändrad |
| -1→-2 | Lite till måttligt försämrad |
| -3→-5 | Avsevärt till mycket försämrad |

Tabell 5.8

Generell tolkning av poängskalan.

Inom projektet har inga beskrivningar av innebörden för respektive kriteriums poängsättning tagits fram. Några generella reflektioner anges i Bilaga A Stöd vid poängsättning. I mallen finns ett separat blad *C1. Referens poängsättning* där användaren kan dokumentera sina definitioner för att i framtiden kunna använda samma.

5.5.7 Viktning

Viktningen görs på skalan mellan 0 – helt oviktigt till 10 – superviktigt. Viktningen sker i två steg. I det första steget viktas varje kriterium. I det andra steget viktas respektive dimension. Vikter anges oberoende för kriterier och dimensioner.

Resultatet av viktningen visas i ett soldiagram, Viktningen av dimensioner och kriterier justeras tills man är nöjd med den totala fördelningen av vikter.

Inverkan på värdering



Figur 5.10

Exempel på Soldiagram som visar viktningen av olika kriterier i Åtgärdsvärderingen.

5.5.8 Finansiell värdering

Verktaget tillämpar nuvärdemetoden för att kunna summera och jämföra grundinvestering samt årliga kostnader (både tillkommande i form av t.ex. ökat underhåll, som reducerade i form av minskad kostnad för rening och mindre skadekostnader).

Den finansiella värderingen utförs på ett eget kalkylblad. Poäng vid utvärderingen och effekt i tillskottsvattenreduktion jämförs med denna kostnad.

Två huvudgrupperingar finns i uppställningen form av kostnader och nyttor. Såväl kostnader som nyttor anges med positiva tal och ett negativt tal på kostnader innebär lönsamhet precis som ett negativt tal på nyttor innebär en kostnad.

Det finns möjlighet att lägga in olika poster i budgeten:

- Kostnader
 - Investeringskostnad och annan engångskostnad
 - Drift och underhållskostnader
 - Pumpning/energikostnader
 - Övrig årlig kostnad

- Nyttor
 - Utifrån åtgärdernas uppskattade tillskottsvattenreduktion beräknas en minskad tillskottsvattenkostnad baserat per m³ reduktion/år
 - Minskade skadekostnader/år
 - Övriga minskade kostnader/år

Användaren anger beräkningshorisont och kalkylränta och en nusummeffaktor beräknas som tillåter att ett nuvärde för åtgärden: nyttonuvärde-kostnadsnuvärde kan beräknas.

5.5.9 Resultat och rangordning av projekt

Poängen viktas och en sammanvägd poäng för varje åtgärdsalternativ beräknas på *G. Resultatblad*. Den viktade poängen hamnar mellan -5 till +5 och har en positiv eller negativ kostnad. Detta används för att klassa ett utfall som används för rangordning av projekten, se Tabell 5.9.

| Poäng | Kostnad | Utfall/rangordning | Innebörd |
|-------|---------|--------------------|---|
| >0 | <0 | 1 | Bra projekt som är lönsamma |
| >0 | >0 | 2 | Bra projekt som är kostsamma (normalfallet) |
| <0 | <0 | 3 | Dåliga projekt som är lönsamma |
| <0 | >0 | 4 | Dåliga projekt som är kostsamma |

Tabell 5.9

Rangordning av projekt utifrån möjliga utfall av poäng och kostnad.

På blad *H. Resultatpresentation* kan åtgärdsalternativen sorteras efter utfallet i stigande ordning och sedan i fallande ordning efter poäng per krona. Rangordningen leder slutligen till en lista med rangordning av åtgärdsalternativen i analysen. Även rangordning efter kr/m³ kan göras, se Tabell 5.10.

Rangordnad lista

| Rang | Projekt | Poäng | Kostnad tkr | Reduktion snabbt tillskottsvatten m ³ /år | Reduktion tillskottsvatten m ³ /år | Poäng/Mkr | Reduktionskostnad snabbt tillskottsvatten kr/(m ³ /år) | Reduktionskostnad tillskottsvatten kr/(m ³ /år) | Utfall |
|------|------------------|-------|-------------|--|---|-----------|---|--|-----------------------|
| 1 | 1. Infodring | 4.8 | - 2 641 | 6 750 | 87 505 | 1.81 | -391.3 | -30.2 | Bra lönsamma projekt |
| 2 | 4. Bräddnivå | 3.3 | - 3 550 | 18 000 | 18 000 | 0.93 | -197.2 | -197.2 | Bra lönsamma projekt |
| 3 | 3. Felkopplingar | 0.4 | - 1 027 | 2 250 | 4 770 | 0.39 | -456.4 | -215.3 | Bra lönsamma projekt |
| 4 | 6. Utjämning | 1.3 | 3 274 | 27 000 | 27 000 | 0.41 | 121.2 | 121.2 | Bra kostsamma projekt |
| 5 | 5. Kapacitet | 1.9 | 8 377 | 22 500 | 38 268 | 0.22 | 372.3 | 218.9 | Bra kostsamma projekt |
| 6 | 2. Duplicering | 0.5 | 22 642 | 4 500 | 45 468 | 0.02 | 5031.5 | 498.0 | Bra kostsamma projekt |

Vilken är den bästa rangordningen? Är t.ex. ett kostsamt projekt med hög poäng mer prioriterat än ett lönsamt projekt med låg poäng? Varje projekt kan dessutom ha ytterligare aspekter t.ex. reducerad mängd tillskottsvatten. Därför redovisas också poäng, kostnad och reducerad mängd tillskottsvatten i listan.

Tabell 5.10

Exempel på en rangordnad lista på alternativ.

5.6 Till användaren

Verktaget är utvecklat i kalkylark från Microsoft. Fokus har i första hand lagts på att göra vattenbalans, nulägesanalys och åtgärdsvärdering användarvänliga. Själva vattenbalansen och flera blad har blivit ganska stora blad men en avvägning mellan att ha mycket på ett blad har gjorts mot att ha för många blad.

Det finns många saker som hade kunnat förenklas genom användande av makron i excelfilen. Dock så skapar det ofta avsevärda problem då filer med makron numer sällan tillåts skickas med e-post av säkerhetsskäl.

Verktygslådan för vattenbalans innehåller många verktyg. Det kan vara opraktiskt om många dataserier ska analyseras och användaren föreslås att vid behov bryta upp dem i fler filer. Ett användbart sätt är att högerklicka på blad och flytta eller kopiera blad. Flytt och kopiering kan göras inom arbetsbok, till annan arbetsbok eller till ny arbetsbok.

5.6.1 Några ord till eventuella vidareutvecklare

Det kan finnas behov att anpassa mallarna efter egna behov och möjligheten finns förstås också att något fel smugit sig in eller att någon parameter önskas beräknas på ett annat sätt. Ändringar och anpassning av mallarna går förstås att göra på egen hand om bladen läses upp, men utvecklaren tar inget ansvar för fortsatt arbete med mallarna.

Verktygen har utvecklats i syfte att vara strukturerade utan snåriga referenser och så smidiga och fristående som möjligt men det finns några förutsebara fallgropar som man kan trilla i om man börjar ändra i verktyget:

- En del referenser görs till fasta platser användandes formler av typen ”=(indirekt(adress...))” t.ex. i *mallinställningar* vilka inte uppdateras om man t.ex. infogar extra rader.
- Verktygen använder referenser till importblad vars struktur kommer från exportblad i andra verktyg. Det är viktigt att tänka på det om någon omarbetning görs.
- Diagram och jämförelse som hämtas från andra blad i vattenbalansen använder dolda siffror i första raden och i första kolumnen som anger rad respektive kolumnnummer.
- För att öka överskådlighet har en del hjälprader dolts liksom på sina ställen datafält som inte används. Även dolda blad finns. Dessa kan förstås tas fram om skyddet tas bort. Ett av de dolda bladen dolt blad utgörs av ett hjälpblad till flödesschemat/viktmodellen i nulägesanalysen. Bladet kopierar värden som sedan används i den villkorsstyrda formateringen (färgsättningen) av flödesschemat.

5.6.2 Möjlig framtida vidareutveckling av framtagna verktyg

Verktygen som är framtagna är till del testade av referensgruppen men har inte använts skarpt. En längre testperiod skulle säkerligen kunna ge förbättringsförslag, önskemål om komplettering och identifiering av eventuella buggar i verktygen. Utvecklaren tar gärna emot synpunkter, erfarenheter och eventuellt identifierade buggar i verktygen.

När det gäller nulägesanalys och åtgärdsvärdering ges inget tydligt stöd kring vilka kriterier som är viktigast eller hur gränser för poängsättning bör göras. Till viss del är det individuellt för respektive organisation och också ett aktivt val men mer stöd och erfarenhet av användning vore av godo. Likaså här kunde en längre testperiod ge uppslag till utveckling.

Till åtgärdsvärderingen skulle det vara värdefullt att sammanställa en utvecklad ”verktygslåda” för vilka åtgärder som lämpar sig till vad, vilken effekt man kan förvänta sig och gärna lite kring kostnadsbilden för olika åtgärdstyper.

Referenser

- Blomqvist, D., Hammarlund, H., Härle, P., Karlsson, S., 2016. Riktlinjer för modellering av spillvattenförande system och dagvattensystem. Svenskt Vatten Utveckling. Rapport 2016-15. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/riktlinjer-for-modellering-av-spillvattenforande-system-och-dagvattensystem/>
- Bäckman, H., Hellström, B., Jaryd, A., Jonsson, Å., 1997. Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem VA-Forsk Rapport 97-15. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/lack-och-draneringsvatten-i-spillvattensystem/>
- Clementson, I., Alenius, E., Gustafsson, L-G., 2020. Tillskottsvatten i avloppssystem – nya tankar om nyckeltal. Svenskt Vatten Utveckling. Rapport 2020-13 <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/tillskottsvatten-i-avloppssystem-nya-tankar-om-nyckeltal/>
- Dodgson, J., Spackman, M., Pearman, A., Phillips, L., 2009. Multi-Criteria Analysis: A Manual.
- Gustafsson, A-M., Svensson, G., 1996. Bedömningsgrunder för ovidkommande vatten i avloppsnät. Metodikmanual. VA-Forsk Rapport 1996-06 <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/bedomningsgrunder-for-ovidkommande-vatten-i-avloppsnat/>
- Hernebring, C., 1993. Analys av tillförselgrad till avloppsverk. VA-Forsk 93-07. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/analys-av-tillforselgrad-till-avloppsverk/>
- Lundblad, U., Backö, J., 2012. Undersökningsmetoder för att hitta källorna till tillskottsvatten. Svenskt Vatten Utveckling Rapport 2012-13. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/undersokningsmetoder-for-att-hitta-kallorna-till-tillskottsvatten/>
- Lundblad, U., Backö, J., 2014. Juridisk och ekonomisk hantering av tillskottsvatten som sker till spillvattenförande ledning innanför förbindelsepunkt. Svenskt Vatten Utveckling Rapport 2014-11. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/juridisk-och-ekonomisk-hantering-av-tillskottsvatten-som-sker-till-spillvattenforande-ledning-innanfor-forbindelsepunkt/>
- Mitchell, P., Stevens, P., Nazaroff, A., 2007. QUANTIFYING BASE INFILTRATION IN SEWERS: A Comparison of Methods and a Simple Empirical Solution. Proceedings of the Water Environment Federation 2007, 219–238. <https://doi.org/10.2175/193864707787974805>
- Ohlin Saletti, A., 2022. Risk-based management of the cost to society from infiltration and inflow to wastewater systems. Licentiate Thesis. Chalmers University of Technology. <https://research.chalmers.se/en/publication/530358>
- Ohlin Saletti, A., 2020. Sammanställning från Workshop med Gryaab vår 2020.
- Qvick, E., 2021. How can Inflow and Infiltration be effectively and sustainably managed? : MCA as a tool for decision support in planning Inflow and Infiltration. Master's Thesis. KTH. <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1585214/FULLTEXT01.pdf>
- Sjöstrand, K., Lindhe, A., Rosén, L., 2021. WISER – ett verktyg för beslutsstöd inom dricksvattensektorn. Rapport 2021-8. Svenskt Vatten Utveckling. <https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/wiser-ett-verktyg-for-beslutsstod-inom-dricksfattensektorn/>
-

-
- Svenskt Vatten. 2016. Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Publikation P110.
- Svenskt Vatten. 2021. Förnyelseplanering för ledningsnät. Publikation P116.
- Svenskt Vatten. 2021. Svenskt Vattens statistik system VASS. <https://www.vass-statistik.se/>
- Trafikverket. 2018. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1
- Von Scherling, M., Malm, A., Røstum, J., Svensson, G., 2020. Bærekraftig fremmedvannsandel – modell for vurdering av riktig nivå. Norsk Vann rapport 255. <https://va-kompetanse.no/butikk/a-255-baerekraftig-fremmedvannsandel-modell-for-vurdering-av-riktig-niva/>

Bilagor

Bilaga A Stöd kring kriterieval och poängsättning i åtgärdsvärdering och nulägesanalys

I denna bilaga ges exempel på vad hur man kan tänka vid poängsättning av olika kriterier. Denna rapport sitter inte på definitiva svar och det rekommenderas alla som genomför en värdering att fundera igenom vad som ska ge såväl höga som låga poäng i värderingen. Alla kriterier inom åtgärdsvärderingen fungerar inte inom nulägesanalysen men de presenteras här tillsammans. Det man får hålla i huvudet när man poängsätter är att:

Vid nulägesanalys avser poängen tillskottsvattnets *inverkan* på olika kriterier och inte status på kriteriet i sig. T.ex. tillståndet i recipienten kan vara dåligt men endast påverkas i liten grad av tillskottsvatten.

Vid åtgärdsvärdering avser poängen åtgärdens positiva eller negativa *påverkan* på ett tillskottsvattenpåverkat kriterium.

I följande avsnitt återfinns sammanställning på kriterier som finns inlagda som förslag i mallarna för nulägesanalys och för åtgärdsvärdering. Det går att lägga in fler kriterier och justera förinlagda. Upp till tio per dimension och dessutom finns plats i mallarna att lägga till två ytterligare dimensioner.

Generellt bör man undvika att ha både positiva och negativa effekter inom samma kriterium. Om så är fallet är det bättre att dela upp kriteriet på flera och vikta dem separat. Det är också viktigt att inte dubbelräkna samma effekt på fler ställen. Om de flesta alternativ är likvärdiga avseende ett visst kriterium finns det heller ingen egentlig vinst i att värdera kriteriet vid åtgärdsvärdering. Ekonomiska effekter värderas inte i nulägesanalysen utan får göras separat då det är svårt att ansätta poäng på vad som är ”mycket” och ”lite” pengar. I Åtgärdsvärderingen kan åtgärdsalternativens viktade poäng slås ut mot kostnaden från en finansiell värdering.

Tabell A.1

Kriterier inom miljömässig dimension i nulägesanalysen (NA) och i åtgärdsvärderingen (ÅV). En parentes indikerar att kriteriet kan vara mindre tillämpligt inom respektive verktyg.

Poängsättning av miljömässiga kriterier

| Miljömässig dimension | NA | ÅV | Beskrivning |
|--|----|-----|--|
| Rening och slam vid avloppsreningsverk | X | X | Avser påverkan på rening och slam vid avloppsreningsverk. Tillståndsfrågor hanteras separat inom nulägesanalys under Krav och mål. |
| Kemikalieanvändning | X | X | Kemikalieförbrukning på reningsverk för att rena tillskottsvatten, t.ex. polymer, järnsulfat m.m. |
| Energiförbrukning | X | X | Påverkan på energiförbrukning som kan uppkomma genom till w ett ökat/minskat behov av pumpning eller p.g.a. förändrad av temperatur eller luftning på reningsverket. |
| Biogasproduktion | X | (X) | Avser påverkan på biogasproduktion. Kan vara lämpligt att räkna om i kWh och läggas ihop med energi. |
| Miljöpåverkan från bräddning | X | X | Avser åtgärdens påverkan på bräddning med negativa miljöeffekter som övergödning. |

| Miljömessig dimension | NA | ÅV | Beskrivning |
|-----------------------------------|----|-----|---|
| Spillvattenläckage till recipient | | (X) | Avser åtgärdens påverkan på spillvattenläckage. |
| Dagvattenutsläpp till recipient | | X | Avser möjlig påverkan från dagvattenutsläpp. Till exempel vid tillskottsvattenåtgärder som innebär duplicering. |
| Påverkan på grundvattennivåer | X | X | Höjning eller sänkning av grundvattennivån vilket kan medföra t.ex. översvämningar eller marksättningar eller vara i strid med tillstånd. |
| Material och avfall | | X | Åtgärdens påverkan på materialåtgång och avfall. |

Rening och slam vid avloppsreningsverk – Tillskottsvatten har en påverkan på reningen i avloppsreningsverket. Dels har verket ofta haltkrav på utsläppt vatten vilket indirekt medför att vid högre flöden så släpps större mängder ut till recipient. Dels påverkar temperaturen på tillskottsvattnet reningsprocesserna negativt. Tungmetaller i dagvatten kan påverka slam.

Kemikalieanvändning – Tillskottsvattenmängden eller temperatur kan leda till behov att tillsätta mer kemikalier på reningsverket.

Energiförbrukning, CO₂ – Tillskottsvatten leder till ett ökat behov av pumpning i pumpstationer men kan också på grund av en kallare temperatur kräva mera energi i reningsprocessen.

Biogasproduktion – Tillskottsvatten påverkar biogasproduktionen negativt med temperatursänkning.

Bräddning – Tillskottsvatten är ofta huvudorsaken till bräddning även om dessa kan uppstå på grund av stopp eller driftavbrott i pumpstationer. Ofta är åtgärder som minskar de snabba flödena mest effektiva för att minska bräddning.

Spillvattenläckage till recipient – Tillskottsvatten i sig ökar inte spillvattenläckage men däremot kan åtgärder som tätning av ledningar och brunnar för att minska inläckage också leda till mindre risk för spillvattenläckage.

Dagvattenutsläpp till recipient – Att åtgärda tillskottsvatten kan innebära att felkopplat dagvatten eller dagvatten till kombinerad ledning i stället leds via dagvattenledning till recipient vilket kan leda negativ miljöpåverkan för den lokala recipienten.

Påverkan på grundvattennivåer – Påverkan på grundvattennivåer är sällan av godo. Antingen höjs dessa till följd av till exempel tätningåtgärder eller också sänks de vid olika dräneringsåtgärder i syfte att minska inläckage till ledningsnätet. I det första fallet kan det finnas risk för dräneringsproblem för fastigheter med dålig dränering eller att tillskottsvatten letar sig in på andra ställen än tidigare. I det andra fallet så riskeras marksättningar vilket kan leda till problem för byggnader och vägar.

Material och avfall – Åtgärdens anläggande kan ha påverkan på material och avfallsmängder.

Poängsättning av tekniska kriterier

| Teknisk dimension | NA | ÅV | Beskrivning |
|--------------------------|----|-----|---|
| Kapacitet | X | X | (Nuvarande) kapacitet i ledningsnätet. |
| Framtida kapacitet | X | | Behov av framtida kapacitet och redundans. |
| Avledningssäkerhet | X | (X) | Finns det kritiska punkter där tillskottsvatten är en risk. |
| Drift och underhåll | X | X | Till exempel slitage i pumpar. Höga torrvädersflöden som gör drift och underhåll svårt att genomföra. |
| Omsättning, självrens | X | (X) | Problem med omsättning i pumpstationer eller sedimentation i ledningar. Här kan tillskottsvatten ha positiva effekter. Kan också läggas ihop med drift och underhåll. |
| Sekundära skador | X | | Sekundära tillskottsvattenrelaterade problem som t.ex. marköversvämning eller underminering av vägar vid ras av spillvattenförande ledningar. |
| Robust lösning | | X | Alternativets robusthet, t.ex. beroende av pumpar som inte fungerar under strömavbrott, risk för ledningskollaps etc. |
| Tid till färdigställande | | X | Tid tills åtgärden är genomförd, lång tid ger en låg poäng. |
| Rådighet | | X | Rättigheter att genomföra åtgärd. Kan handla om ledningsrätt t.ex. behov att få tillstånd från fastighetsägare, söka vattendom etc. Ju mer komplicerad process, desto lägre poäng. Kan vid behov slås ihop med ”behov av samordning”. |
| Behov av samordning | | X | Samordningsbehov, t.ex. många involverade parter. Kan vid behov slås ihop med ”rådighet”. |
| Teknisk svårighetsgrad | | X | Teknisk svårighetsgrad, t.ex. rutinjobb eller oprövad teknik. Kan också påverkas av fysiska förutsättningar på platsen som svåra markförhållanden. |

Kapacitet – Med kapacitet avses ifall åtgärden förändrar flödeskapaciteten för ledningsnätet. Behovet av ökad kapacitet eller risken vid minskad kapacitet kan variera men poängsättningen föreslås sättas relativt dagens kapacitet och sedan viktas efter relevans.

Framtida kapacitet – Ledningsnäten har ofta byggts ut i ett skede då städerna var mindre. Successiv förtätning och anslutning av nya områden till det redan befintliga nätet har ofta ätit upp den marginal som fanns inledningsvis. För att kunna fortsätta växa och ansluta nya områden måste antingen ledningsnätet byggas ut med större kapacitet eller också kan utrymme skapas genom att minska tillskottspåverkan av framförallt snabba flöden.

Drift och underhåll – Tillskottsvatten kan ge ökat slitage i pumpstationer men man kan också tänka sig att tillskottsvattenåtgärder kan öka behov av underhåll.

Omsättning, självrens – I vissa ledningssträckor kan spillvattenflödet vara dåligt vilket innebär problem med självrens på ledningar och ge långa uppehållstider i pumpstationer vilket kan leda till svavelvätebildning och lukt. Här kan tillskottsvatten ha en positiv effekt.

Sekundära skador – Tillskottsvatten kan leda till t.ex. marköversvämningar eller ras av väg på grund av underminering vid trasiga ledningar och kraftiga flöden. Viktigt också att vid nulägesanalys hålla isär problem med tillskottsvatten från problem med dagvatten som aldrig tagit sig in i det spillvattenförande nätet och följaktligen inte är tillskottsvatten.

Tabell A.2

Kriterier inom teknisk dimension i nulägesanalysen (NA) och i åtgärdsvärderingen (ÅV). En parentes indikerar att kriteriet kan vara mindre tillämpbart.

Robust lösning – En robust lösning är inte känslig för störningar. Ledningar som ger redundans kan kraftigt höja robustheten. Beroenden som t.ex. för pumplösningar som både är beroende av att pumpen fungerar liksom att det finns el sänker robustheten.

Tid till färdigställande – Är det bråttom eller inte? Brådskan bör avgöra vikten. Vad som är lång tid när det gäller åtgärder bör definieras. T.ex. i år, inom 3 år, inom 10 år. Det är svårt att se att poängen egentligen kan anta positiva värden. Helst hade åtgärden redan varit på plats.

Behov av samordning – Behov av samordning kan liksom rådighet försvåra och försena genomförandet av ett projekt. Till exempel om andra projekt pågår eller om det till exempel skapar störningar i trafiken.

Rådighet – Kriteriet gäller framförallt en försvårad arbetsprocess att genomföra projektet och en viss risk att det inte kommer gå att genomföra. Exempel på rådighetsfrågor är om det behöver sökas tillstånd, om ledningsrätt saknas o.s.v.

Teknisk svårighetsgrad – Teknisk svårighetsgrad varierar från enkla rutinjobb till projekt med oprövad teknik och många osäkerheter kring t.ex. markförhållanden.

Tabell A.3

Kriterier inom social dimension i nulägesanalysen (NA) och i åtgärdsvärderingen (ÅV). En parentes indikerar att kriteriet kan vara mindre tillämpligt.

Poängsättning av sociala kriterier

| Social dimension | NA | ÅV | Beskrivning |
|---------------------------------|----|-----|--|
| Olägenheter för enskilda | X | X | Olägenheter för enskilda, till exempel källaröversvämning. |
| Badvattenkvalitet | X | X | T.ex. bräddningars påverkan på badplatser p.g.a. badförbud. |
| Rekreationseffekter | | X | Eventuella positiva eller negativa effekter från en åtgärd t.ex. skärmbassäng eller dagvattenpark. |
| Smitta vattentäkt/råvatten m.m. | X | X | Avloppsutsläpps påverkan på exempelvis råvattentäkt och därmed potentiella hälsorisker. |
| Nedskräpning | X | (X) | Risk för spridning av skräp vid bräddning men även vid dagvattenutsläpp. |
| Publicitet | X | | Dåligt renommé för VA-organisationen/staden på grund av t.ex. bräddningar. |
| Jämförelse med andra | X | | Jämförelser med andra ger möjlighet att bedöma vad som är ett bra/dåligt nyckeltal. |
| Kostnader för brukare | X | (X) | Tillskottsvattenrelaterade kostnader för brukare eller VA-taxa. |
| Arbetsmiljö | | X | Arbetsmiljö vid anläggning av åtgärd, t.ex. om åtgärden utförs i trafikerad miljö eller om risk för översvämning under arbete föreligger. |
| Trafikstörningar | | X | Handlar om trafikstörningar i samband med åtgärdens anläggande. Risk för marköversvämning under teknisk dimension. |
| Fördelningseffekter | | X | Orättvisor i hur effekter påverkar olika aktörer, t.ex. att fastighetsägare i vissa områden råkar ut för stora extrakostnader jämfört med andra eller att problem inte prioriteras rättvist. |

Olägenheter för enskilda – Tillskottsvatten kan vara ett litet problem generellt men drabba enskilda brukare kraftigt. Här kan det ofta finnas mätetal med mål i verksamheten att stämma av mot som ofta är uttryckta som antal drabbade av upprepade översvämningar inom en viss tidsperiod. Det är lämpligt att poänggränser anpassar sig till sådana mål.

Badvattenkvalitet – Bräddningar kan vara ett problem för badvattenkvalitet men det kan också vara så att bräddpunkter ligger långt från badplatser och vattenomsättningen är god. Det är inte ovanligt att dålig badvattenkvalitet kan bero av fåglar eller hundar.

Rekreationseffekter – Åtgärder för att hantera tillskottsvatten kan ofta medföra positiva effekter om det till exempel vid öppna lösningar skapar trevliga parkmiljöer men om utformningen blir sämre kan nedskräpning följa och ytor som tidigare använts för rekreation tas i anspråk. Det kan också krävas åtgärder vid separering av dagvatten från kombinerat ledningsnät som tar mark eller vatten i anspråk, t.ex. skärmbassänger.

Smitta vattentäkt/råvatten m.m. – Handlar i regel om att bräddningar riskerar påverka råvattenuttag och därmed medför risk för smitta. Ofta ligger dock vattenverket uppströms samhället och de bräddningar som sker kommer då från uppströms samhällen eller från områden som inte ingår i verksamhetsområdet.

Nedskräpning – Dagvattenutsläpp och bräddning kan medföra nedskräpning i vattendrag och recipienter. Grovrensning vid bräddutlopp kan ge positiva effekter.

Publicitet – Det kan förekomma mycket skrivelser kring exempelvis bräddning vilket gör det angeläget att lägga extra fokus på bräddningar även fast det inte alltid är det område som är mest angeläget att åtgärda för att minska miljöpåverkan.

Jämförelse med andra – Det är vanligt att jämföra nyckeltal med andra kommuner som till exempel i Svenskt Vattens Statistiks system VASS. Jämförelse bör i första hand göras med andra som har liknande förutsättningar. Det finns vissa nyckeltal som kan bli väldigt felvisande vid jämförelse som till exempel tillskottsvattenandel. Ju fler brukare man har per meter ledning desto enklare att få låga andelar vilket bör gynna tätbebyggda städer framför glesare orter med ett utbrett ledningsnät och få brukare. Hydrologiska förutsättningar på olika orter kan vara vitt skilda.

Kostnader för brukare – Orsakar tillskottsvattenåtgärder orimligt höga kostnader för brukare?

Arbetsmiljö – Tillskottsvattenåtgärder påverkar arbetsmiljö vid anläggande. Ofta uppfylls krav på arbetsmiljö vid alla alternativ och kan utgå som kriterium.

Trafikstörningar – Anläggning av åtgärder kan leda till stora trafikstörningar eller andra störningar till följd av åtgärdens anläggande. Här gynnas anläggningsmetoder utan grävning.

Fördelningseffekter – Olika åtgärder kan ge upphov till orättvisor i hur effekter påverkar olika aktörer, t.ex. att fastighetsägare i vissa områden råkar ut för stora extrakostnader jämfört med andra eller att problem inte prioriteras rättvist.

Bilaga B Beskrivning av beräkningar i verktyg

Förkortningar och noteringar i formler

För enklare noteringar i beskrivning av beräkningar i denna bilaga används följande förkortningar för olika storheter:

| Storheter | Betecknar | Enhet | Beskrivning |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| V | Volym | m ³ | Flöde över tid |
| Q | Flöde | m ³ /s eller l/s | |
| A | Area | ha eller m ² | |
| c | Koncentration | mg/l | |
| P | Nederbörd | mm | |
| φ | Avrinningskoefficient | - | Andel av avrinningsbildande nederbörd som bildar avrinning. Kan vara snabb eller trög. |
| USG | Utspänningsgrad | - | Totalt avloppsflöde (eller bräddflöde) dividerat med spillvattenflöde. |
| I multikriterieanalyser | | | |
| w | Vikt | - | Små bokstäver för delvikter och stora för sammanvägda vikter. |
| p | Poäng | | Små bokstäver för poäng på kriterier och stora för sammanvägda totalpoäng. |

| Suffix | Betecknar | Beskrivning/kommentar |
|------------------|---------------------------------|--|
| AVL | Avloppsvatten | I avloppsvatten ingår såväl spillvatten som tillskottsvatten i spillvattenförande system. |
| SPI | Spillvatten | Förorenat vatten från hushåll, industrier, serviceanläggningar o.d. |
| VF | Vattenförbrukning | Debiterad vattenförbrukning. |
| JUST | Justering av spillvattenmängden | Som grundantagande antas spillvattenmängden vara den samma som debiterad vattenförbrukning men det kan behöva justeras upp ifall det finns omätt förbrukning som släpps till ledningsnät eller att inte all vattenförbrukning leds till spillvattennätet. t.ex. vid bevattning eller industrianvändning. |
| BRD | Bräddvatten | Bräddvatten är i regel en blandning av spillvatten och tillskottsvatten. |
| TSV | Tillskottsvatten | I vattenbalansen det som inte är spillvatten i avloppsvattnet med eventuella justeringar. |
| BNA | Bidragande nederbödsarea | Med eventuellt tillägg för att beteckna hur många dygn det är beräknat för. |
| Snabb | Snabb avrinningskomponent | Till exempel dagvatten. |
| Trög | Trög avrinningskomponent | Till exempel dränering. |
| Bas | Basflödeskomponent | Basflöde kan definieras olika. I denna rapport och verktyg avses ett mer eller mindre konstant nederbördsopåverkat flöde. |
| eff | Effektiv | Tillsammans med nederbörd P betecknas effektiv nederbörd som bildar avrinning (med avdrag för avdunstning) kan vara snabb eller trög. Ska inte förväxlas med avrinningskoefficient som så att säga kommer efter att den effektiva nederbörden beräknats. |
| P | Fosfor | mg/l eller mm |
| BOD ₇ | Biological Oxygen Demand | mg/l |

En del noteringar förekommer bara på en plats och noteras i respektive stycke.

Beräkningar i vattenbalans

Tillskottsvattenvolym

Det finns två sätt som verktyget kan beräkna tillskottsvattenmängden på. Den ena är en vattenbalansmetod och den andra är en haltmetod. Beräkningarna görs på vattenbalansbladen, VB1... VB10. Val av vilken metod som används görs på bladet.

Vattenbalansmetod

Med vattenbalansmetoden beräknas tillskottsvatten som skillnaden mellan total avloppsmängd och förväntad spillvattenmängd med justering för andra poster man inte räknar som tillskottsvatten. Bräddning från ledningsnätet innehåller också tillskottsvatten men mäts aldrig upp på verket. Med antagande om utspädningsgrad vid bräddning tas även tillskottsvatten i bräddning med.

Spillvattenmängden som i regel antas vara samma som vattenförbrukningen kan behöva justeras upp (t.ex. omänt förbrukning) eller ned (t.ex. vid användning för bevattning el. dyl.)

$$V_{SPI} = V_{VF} + V_{JUST}$$

Volymen tillskottsvatten beräknas sen som avloppsvolymen minus spillvatten och bräddvatten.

$$V_{TSV} = V_{AVL} - V_{SPI} + V_{BRD} * (1 - 1/USG_{BRD})$$

USG_{BRD} = Utspädningsgrad vid bräddning $ggr = V_{BRD}/V_{SPI}$, parametern anges på blad *Parameterinställningar*.

Haltmetod

Haltmetoden baseras på halt i inkommande avloppsvatten jämfört med den halt man förväntar sig i "rent" spillvatten. Till exempel koncentration av fosfor ($c_{P_{AVL}}$) i inkommande avloppsvatten jämfört med förväntad koncentration i "rent" spillvatten ($c_{P_{SPI}}$) kan tillsammans med total avloppsmängd användas för att beräkna tillskottsvattenmängden. Referensvärden för fosfor och BOD7 finns inlagda på blad *Parameterinställningar* men andra halter kan läggas in.

$$V_{TSV} = (1 - c_{P_{AVL}}/c_{P_{SPI}}) * V_{AVL}$$

Flödeskomponenter i tillskottsvattnet

Att dela upp tillskottsvatten i olika komponenter är komplext och egentligen inte lämpat att göra i Excel. Dock görs en förenklad uppdelning baserat på det som ändå går att uppskatta när det gäller snabba flöden och basflöden till exempel ansluten hårdgjord yta eller inläckage från utläckande dricksvatten. Hur mycket som utgörs av trögt tillskottsvatten beräknas som en restpost. Flödesuppdelningen görs på vattenbalansbladen VB1...VB10. Verktygslådan eller mer avancerade verktyg kan vara ett stöd.

Snabbtillskottsvatten

Beräkning av snabbtillskottsvatten baserar sig på totalarea för området multiplicerat med en avrinningskoefficient för området avseende snabbtillskottsvatten multiplicerat med snabb nederbörd:

$$V_{TSV\ snabb} = A * \Phi_{snabb} * P_{Eff\ snabb}$$

A – Area område. Det är lämpligt att avgränsa detta till bebyggda områden. Verksamhetsområdet för spillvatten kan vara en lämplig avgränsning.

Φ_{snabb} – Avrinningskoefficient för snabb avrinning. Den syftar till att beräkna bidragande area för snabb avrinning. För att ta fram denna area finns det många vägar att gå:

- Om det är så att man redan har karterat anslutna hårdgjorda ytor eller har kalibrerad snabb area från modeller föreslås att man justerar koefficienten så att $\Phi_{snabb} * A$ motsvarar denna areal.
- Analys av flödesdata kan hjälpa till att uppskatta denna post
 - *Verktyg BNA*: avloppsflöde under regn jämförs med avloppsflöde vid torrväder. Den extra volymen jämförs med regnvolymer $V(m^3)/P_{eff}(mm)/10=Area (ha)$
 - *Verktyg analysera flödesserie* för att ta fram en snabb volym och jämförelse av denna mot effektiv nederbörd för att ta fram arean enligt punkt ovan.

$P_{Eff\ snabb}$ – Effektiv nederbörd för snabb avrinning. Normalt försvinner en halv till en millimeter i början av varje regntillfälle som går åt till vätning av ytor. Det innebär att inte all nederbörd som faller under året på anslutna hårdgjorda ytor blir snabbtillskottsvatten. Att beräkna effektiv nederbörd för snabb avrinning kan då göras genom att dra bort en initialförlust för varje regndygn under året. *Verktyg Regnförlust* finns för detta ändamål där man klistrar in en årsserie regn och får en effektiv årsnederbörd för snabb avrinning som resultat.

Basflöden

Basflöde avser här flöden som är konstanta till sin karaktär och inte är säsongberoende t.ex. inläckage från sjö eller i tunnlar/ledning långt under grundvattenytan.

Basflöden beräknas som en summa av olika tillskott. Det föreslås att man vid summeringen håller koll på att det totala basflödet från de olika tillskotten inte blir större än minimiflöden under året.

Alternativ 1: Skatta olika poster och håll koll på att inte totalflödet blir för stort. Förinlagda poster är:

- Inläckage per meter ledning. Tänkt att representera ett konstant inläckage per meter ledning. Siffran går att ange generellt för alla områden eller individuellt för varje område.
- Inläckage av utläckande dricksvatten. Antagandet är att en viss procent av vattenförlusterna på ledningsnätet hamnar i spillvattennätet. Ett vanligt antagande är 50 %. Siffran går att ange generellt för alla områden eller individuellt för varje område.
- Annat inläckage basflöde. Här kan man ange andra kända poster.

Alternativ 2: Ange basflödet direkt i blå celler i l/s.

$$V_{BFL} = \sum V_{BFLi} \text{ eller om blå celler är i fyllda } V_{blå\ cell}$$

Den finns verktyg i verktygslådan till vattenbalansen för att uppskatta basflödet, t.ex. verktyget *Varaktighet* eller verktyget *Dygnsvariation*.

Trögt tillskottsvatten

Volymen trögt tillskottsvatten beräknas som en restpost. Det är normalt att denna post varierar mycket mellan olika år och den har inte samma direkta koppling till årsnederbörd som snabba flöden.

$$V_{\text{TSV trög}} = V_{\text{TSV}} - V_{\text{TSV snabb}} - V_{\text{BFL}}$$

Det finns verktyg i verktygslådan (verktygen *Varaktighet* och *Flödesserieanalys*) till vattenbalansen för att uppskatta volymen/andelen trögt tillskottsvatten som kan underlätta bedömning av om restposten blivit lagom stor. Är den för stor eller för liten (kan bli negativ om snabbt tillskottsvatten och basflöde blivit för stora) får justeringar göras av basflöde och snabbt tillskottsvatten. Om snabbt tillskottsvatten är någorlunda rätt inställt så handlar det framförallt om att justera basflödets storlek. Volymen trögt tillskottsvatten tillsammans med basflöde är i regel flera gånger större än snabbt tillskottsvatten.

Verktygslåda, stöd till vattenbalans

Hjälpverktygen är inte direkt kopplade till vattenbalansbladen. Orsaken till detta är att vattenbalansbladen är uppdelade på olika områden och på olika år samtidigt som verktygen är utformade för att analysera en mätserie i taget. Hjälpverktygen är samlade i en separat excel-fil/verktygslåda och kan förstås sparas separat för olika genomförda analyser.

Effektiv nederbörd för snabb avrinning

Verktyget används för att beräkna effektiv nederbörd för snabb avrinning, $P_{\text{eff snabb}}$, baserat på en årsserie för regn med s.k. vippändelser.

$P_{\text{eff snabb}} = \text{Årsvolym regn minus summa avdrag initialförlust under regndygn som inte inträffar i en redan blöt period.}$

Ibland är det redan blött när regnet börjar och ingen initialförlust behöver subtraheras, avrinning börjar nästan direkt. Därför får användaren ange kriterier för vad som räknas som en *blöt period*.

Blöt period = det regnade mer än x millimeter dagen innan. I verktyget har x satts till 1 mm. Avdraget kan inte bli större än nederbördsmängden. Andra definitioner hade varit möjliga men denna var den enklaste.

Exempel:

| Dag | P mm | $P_{\text{eff snabb}}$ mm | Kommentar |
|-----|------|---------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 0,2 | 0 | Avdrag 0,2 – inte större än nederbörd |
| 2 | 0 | 0 | Inget regn |
| 3 | 3,2 | 2,2 | Avdrag 1 mm |
| 4 | 4,6 | 4,6 | Det regnade dagen innan |
| 5 | 0 | 0 | Inget regn |
| 6 | 4,6 | 3,6 | Avdrag 1 mm |

Viktad avrinningskoefficient

Verktyget är ett enkelt verktyg för att vikta avrinningskoefficient, φ , baserat på en area och en områdestyp eller yttyp (tak, väg, grönt m.m.) för olika områden med olika avrinningskoefficienter φ_i . Arealer av olika typer anges och deras avrinningskoefficienter och viktning sker baserat på totalarea.

$$\varphi = \frac{\sum_i A_i \varphi_i}{\sum_i A_i}$$

Φ_i varierar efter områdestyp och avloppssystemtyp. Förslagsvärden finns inlagda från SVU-Rapport Riktlinjer för modellering (Blomqvist et al. 2016).

Användaren kan lägga in andra typer och justera avrinningskoefficienter.

Analysera flödesserie

Verktuget används för att skatta volymen av olika komponenter i avloppsflödet med hjälp av en flödeskurva.

Analysen är en visuell metod som baserar sig på dygnsdata. Indata utgörs av uppmätt avloppsflöde, helst under ett år, som räknas om till dygnsmedelflöde automatiskt. Användaren får ange spillvattenmängd med en tidsserie eller som ett konstant värde. Om spillvattenflödet går att skatta dygnsvis till exempel med hjälp av produktionsdata är det en stor fördel. Resten antas utgöras av tillskottsvatten.

Utifrån årskurvan får användaren sedan visuellt ange det basflöde som motsvarar skillnaden mellan spillvattenflödet och det lägsta avloppsflödet. Om man vet att spillvattenflödet går ned under sommaren så kan man tillåta basflöde + medelspillvattenflöde överstiga minsta avloppsflöde under året något.

Verktugets beräkning görs enligt nedan:

- Ett medelvärde på avloppsflödet under 7 dygn minus spillvattenflöde och basflöde ger ett preliminärt trögt avloppsflöde.
- Det snabba avrinningsflödet beräknas först som alla toppar som överstiger spillvattenflöde + ansatt basflöde + preliminärt beräknat trögt flöde.
- Det snabba avrinningsflödet blir därmed för litet eftersom beräkning av den tröga komponenten tar även med regndygnen i medelvärdet. Justering får göras manuellt. Sätt justeringsposten för den tröga avrinningen till noll (se nästa punkt) och justera den snabba avrinningen tills topparna får rätt höjd.
- Slutligen får användaren göra en efterjustering av de tröga volymerna då de snabba volymerna ökades i föregående punkt. Kopiering av en automatiskt beräknad korrigeringsfaktor och inklistring på rätt plats fixar justeringen.

Analysera varaktighetskurva

Verktuget använder ett alternativt sätt att skatta flödeskomponenter där varaktighetskurvan för året approximeras av olika geometriska figurer (rektanglar och trianglar), se Figur 5.3. De geometriska figurerna representerar spillvatten, basflöde, hydrologiskt flöde (liknar trög avrinning) och hydrologiskt högvattenflöde (liknar snabb avrinning). Denna uppskattning är inte direkt överförbar på begreppen snabb och trög avrinning eftersom till exempel snabb avrinning vid småregn kommer att blandas med trög avrinning i varaktighetskurvan. Analysen kan dock användas som en översiktlig koll på att volymerna i vattenbalansen får någorlunda rätt storleksförhållanden.

Verktuget fungerar enligt nedan:

- Användaren får klistra in en flödesserie med fasta tidssteg (viktigt att det är samma annars blir varaktighetskurvan felaktig) lämpligt med timmesdata, men även dygnsdata fungerar bra.
- Flödesserien beräknas automatiskt till en varaktighetskurva i mallen.
- Användaren får ange ett spillvattenmedelflöde
- En skärningspunkt på kurvan anges (i % av hela tiden) där triangeln för det tröga flödet ska tangera kurvan. Den lutning som kurvan har där definierar en rätvinklig triangel för det hydrologiska flödet.
- Sedan beräknas basflödet ut automatiskt som skillnaden mellan spillvattenmedelflödet och triangelns skärning (hypotenusans lutning från skärningspunkten) med y-axeln.

- Det hydrologiska högvattenflödet blir en rest som beräknas som det flöde som ligger ovan spillvattenflöde, basflöde och hydrologiskt flöde på varaktighetskurvan.

BNA analys

Beräkning av BNA – bidragande nederbördsarea – görs genom att anta att det extra flöde som uppstår efter ett regn kommer från en areal påverkad av regnet. Analysen görs per dygn där flödet upp till fyra dygn efter regnet (dygn 1 är regndygn) jämförs med flödet dygnet före regnet och de antal millimeter regn från och med dygn 1 som fallit.

Genom att dividera en avloppsvolym antal millimeter regn erhålls en bidragande areal. Detta gör att man kan sätta upp ett ekvationssystem som successivt löser ut bidragande arealer för varje dygn. Ekvationssystemet ser ut som nedan:

$$V_{TSV_1} = P_1 \cdot BNA_1$$

$$V_{TSV_2} = P_2 \cdot BNA_1 + P_1 \cdot BNA_2$$

$$V_{TSV_3} = P_3 \cdot BNA_1 + P_2 \cdot BNA_2 + P_1 \cdot BNA_3$$

$$V_{TSV_4} = P_4 \cdot BNA_1 + P_3 \cdot BNA_2 + P_2 \cdot BNA_3 + P_1 \cdot BNA_4$$

V_{TSV_x} = Tillskottsvattenvolym, P_x = Nederbörd, BNA_x = Bidragande nederbördsarea, x avser dygn från och med nederbördsdygn. BNA_1 avser första dygnets bidragande area, BNA_2 avser tillkommande area för dygn två o.s.v. BNA_{TOT} kan beräknas som summan av BNA_1 till BNA_4 .

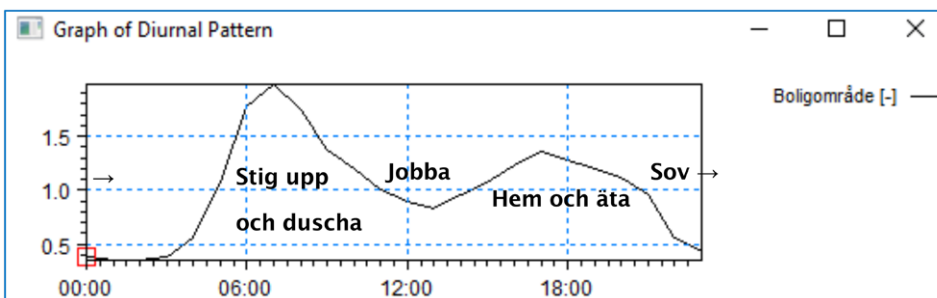
När man räknar ut volymen från nederbörd så gäller att 1 mm ger 1 liter/m² vilket motsvarar 10 m³/hektar.

Metoden filtrerar bort regn som börjar i en redan regnpåverkad period. För att utvärdering ska ske krävs max 4 mm under 4 dagar innan regnstart för att utvärdering ska ske. Första dygnet måste minst 2 mm regn ha fallit. Även en initialförlust dras bort för det första regndygn. Kriterierna kan ändras i kolumn "BC".

BNA innehåller både snabb och trög avrinning. För BNA_1 en större andel snabb avrinning än för BNA_4 . Metodiken är kopierad från VA-Forsk 1996:06 (Gustafsson & Svensson 1996).

Analysera basflöde

Det finns flera metoder för att utifrån ett dygnsmonster beräkna hur stor del som utgörs av tillskottsvatten och hur stor del som utgörs av spillvatten. Genom att välja en period med låga flöden kan man upptäcka basflöden som är mer eller mindre konstanta över året som t.ex. inläckande dricksvattenutläckage, inläckage i tunnlar eller från sjö, vattendrag och hav. Människors vanor och ledningsnätets storlek ger upphov till ett karakteristiskt mönster, se figur nedan.



Figur B.1

Dygnsvariation i vattenförbrukning ger ett mönster för avloppsfloppet.

Verktaget innehåller tre olika dokumenterade metoder att beräkna basflödet från ett dygnsmonster (Mitchell et al. 2007). Formlerna är ursprungligen uttryckta i i *Millions of Gallons per Day*, men har räknats om till liter per sekund. Metoderna beräknar egentligen hela tillskottsvattenflödet för en given period. För att hitta det hydrologiskt opåverkade basflödet ska en period med lågflöde väljas.

Waste Water Production

Metoden tar utgångspunkt förhållandet mellan minimispillvattenflöde och medelspillvattenflöde under dygnet. Ett antagande som nämns i litteraturen (Mitchell et al. 2007) är att andelen kan utgöra 12 %. Beroende på områdets storlek så kan andra antaganden göras. För ett litet område är det inte osannolikt att spillvattenflödet kan gå ned till noll.

$$Q_{bas} = Q_{AVL\ medel} - \frac{Q_{AVL\ medel} - Q_{AVL\ min}}{100\% - x}$$
$$x = \frac{Q_{SPI\ min}}{Q_{SPI\ medel}}$$

Det inses att det kan vara svårt att uppskatta förhållandet mellan minimispillvattenflöde och medelspillvattenflöde vilket varierar på grund av områdets storlek, vilket gör det till en trubbig metod.

Minimum Flow Factor

Metoden är en iterativ metod som indirekt tar hänsyn till områdets storlek genom att inkludera medelflödet i beräkningen. Iterationerna konvergerar snabbt, tre steg är inlagda i verktyg. Som input till metoden behövs endast dygnsmedelavloppsflöde och dygnsminimumavloppsflöde.

$$Minfaktor_0 = 0.222 \cdot \left(\frac{Q_{AVL\ medel}}{43,8125} \right)^{0,202}$$
$$Q_{bas\ 1} = \frac{Q_{AVL\ min} - Minfaktor_0 \cdot Q_{AVL\ medel}}{1 - Minfaktor_0}$$

....

$$Minfaktor_n = 0.222 \cdot \left(\frac{Q_{AVL\ min} - Q_{bas\ n-1}}{43,8125} \right)^{0,202}$$
$$Q_{bas\ n} = \frac{Q_{AVL\ min} - Minfaktor_{n-1} \cdot Q_{AVL\ medel}}{1 - Minfaktor_{n-1}}$$

Steven-Schutzbach metod

Metoden tar liksom tidigare metod också hänsyn till områdets storlek genom att ta med medelavloppsvattenflödet i beräkningen. Enligt författarna (Mitchell et al, 2007) värderas metoden till att vara den bästa av de tre metoderna i verktyget.

$$Q_{bas} = \frac{Q_{AVL\ min}}{1 - 0.6 \left(\frac{Q_{AVL\ min}}{Q} \right)^{0.07094 \cdot Q_{AVL\ medel}^{0.7}}}$$

Beräkningar i nulägesanalys

Kriterier i nulägesanalysen poängsätts i en femgradig skala mellan 1 och 5, där 5 är det bästa. Den totala poängen för nulägesanalysen beräknas genom viktning av tre delar där den översta nivån i viktningen handlar om huruvida verksamheten klarar *krav och målsättningar*. Krav och målsättningar kan bara anta poängen 1 och poängen 5. Om krav och målsättningar ej klaras blir totalpoängen för analysen densamma som krav och målsättningar d.v.s. 1. Om krav och målsättningar klaras blir totalpoängen den samma som en viktning mellan *värdering* av tillskottsvattenproblemet och värdering av *förmågan*.

$$P_{total} = \begin{cases} P_{Krav\ och\ målsättningar}, & P_{Krav\ och\ målsättningar} = 1 \\ w_{Värdering} P_{Värdering} + w_{Förmåga} \cdot P_{Förmåga}, & P_{Krav\ och\ målsättningar} = 5 \end{cases}$$

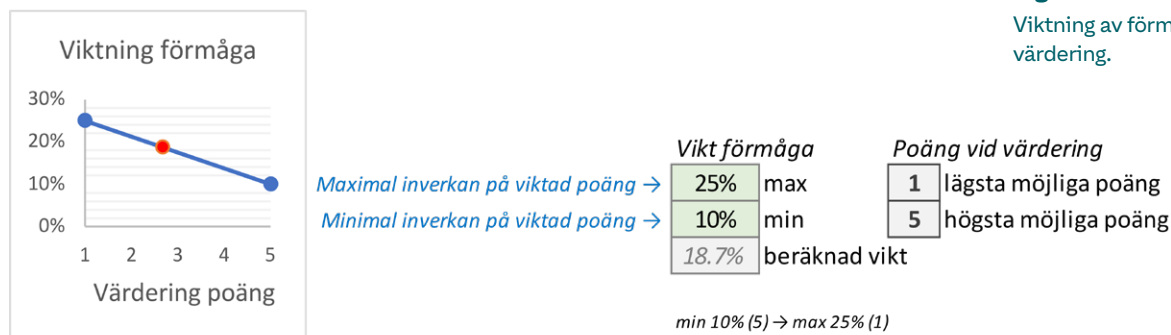
Viktningen mellan *värdering* och *förmåga* varierar beroende på *värdering*. Är tillskottsvattensituationen bra viktas *förmåga* in lågt och är tillskottsvattensituationen dålig så viktas *förmåga* in i högre grad. Det vill säga om man har dålig koll på tillskottsvatten men inga tillskottsvattenrelaterade problem så spelar det inte så stor roll om man har *förmåga*. Men om problemen är stora så är *förmåga* viktigare. Gränserna ansätts av användaren och varierar linjärt mellan minpoäng och maxpoäng på värderingen. Default är 25 % vid poäng 1 och 10 % vid poäng 5. D.v.s. i det första fallet blir kunskap i princip en fjärde dimension vid sidan om miljö, social och teknisk och i det andra fallet har det bara en mindre inverkan. Vill man helt undvika att vikta *förmåga* sätter man 0 % som både övre och undre vikt. Vikterna anges under flödesschemat för nulägesanalysen på navigationspanelen.

$$w_{Förmåga} = w_{max} - \left(\frac{P_{värdering} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \right) \cdot (w_{max} - w_{min})$$

$$w_{värdering} = 1 - w_{förmåga}$$

Figur B.2

Viktning av förmåga mot värdering.



Värdering av problemet

En viktad poäng räknas fram baserat på poängsättning av olika kriterier. Principen är enkel: varje kriterium har en vikt i analysen som används för att vikta den poäng som sätts. Vikten sätts på två nivåer dels inom varje dimension, dels viktning mellan olika av dimensioner mot varandra. Totalsumman för vikt inom dimensioner är 100 % och summan av dimensionernas vikter är 100 %. Slutvikt per kriterium blir dimensionsvikt multiplicerat med kriterievikt. Den viktade poängen, P, kan skrivas som:

$$P = \sum_i \sum_j w_i \cdot w_j \cdot p_{ij}$$

där w är vikt, p är poäng och i=dimensioner och j=kriterier per dimension.

Ett exempel på hur sammanvägning av vikter på olika nivåer och poängsättning resulterar i en slutligt viktad poäng visas i tabell nedan.

| Överordnad vikt (dimension) | Underordnad vikt (kriterium) | Poäng | Viktad poäng |
|-----------------------------|------------------------------|-------|------------------|
| Dimension 1: 50 % | Kriterium 1: 50 % | 3 | 50 %*50 %*3=0.75 |
| | Kriterium 2: 30 % | 4 | 50 %*30 %*4=0.60 |
| | Kriterium 3: 20 % | 1 | 0.10 |
| Dimension 2: 30 % | Kriterium 4: 33 % | 2 | 0.20 |
| | Kriterium 5: 33 % | 4 | 0.40 |
| | Kriterium 6: 33 % | -1 | -0.10 |
| Dimension 3: 20 % | Kriterium 7: 33 % | 3 | 0.20 |
| | Kriterium 8: 33 % | 1 | 0.07 |
| | Kriterium 9: 33 % | -2 | -0.13 |
| S:A 100 % | S:A 3x100 % | | S:A 2.08 |

Beräkning av poäng vid jämförelse med andra

En poäng kan beräknas baserat på jämförelse med andra. Beräkningen sker på ett separat blad 4. *Jämförelse med andra* och kan väljas att baseras på flera olika nyckeltal: utspädningsgrad eller m³/dygn/km. Det går även att beräkna poängen baserat på procent bräddning, andel kombinerat eller nederbörds mängd men det ger ingen relevant siffra för poängsättning. Poängen räknas ut linjärt mellan max och minvärde, v_{max} och v_{min} , för ett värde v i statistiken:

$$P = P_{min} + \frac{v - v_{min\ statistik}}{v_{max\ statistik} - v_{min\ statistik}} \cdot (P_{max} - P_{min})$$

Där P_{min} och P_{max} är lägsta respektive högsta poäng. För poängskala mellan 1 och 5 blir formeln:

$$P = 1 + \frac{v - v_{min\ statistik}}{v_{max\ statistik} - v_{min\ statistik}} \cdot (5 - 1)$$

Om man vill kan man ta bort outliers från statistiken för att genom att exempelvis ange att $v_{min\ statistik}$ och $v_{max\ statistik}$ ska tas utifrån de 5 % lägsta respektive 95 % högsta värdena.

Värdering av förmåga

Förmågan att arbeta med tillskottsvatten värderas inom tre fält *Kartläggning, Mätning* och *inspektion* samt *Resurser och förutsättningar*. Medelvärde för respektive fält viktas med en angiven vikt. Default är den inställd på 33,3 % per fält.

Känslighetsanalys

För översikt finns samtliga värderade parametrar för värdering av problem samt kunskap samlade på ett blad. I sammanställningen kan en lista sorteras efter totalvikt, totalpoäng och poäng.

Beroende på såväl poängsättning som vikt så "drar" respektive poängsättning olika mycket i den viktade poängen – upp eller ned. En kolumn "Inverkan" redovisar detta där den satta poängens, $p_{kriterie}$, avvikelse från den viktade poängen, P , viktas med kriteriets totalvikt, $w_{kriterie}$.

$$Inverkan = \frac{(p_{kriterie} - P_{viktad}) \cdot w_{kriterie}}{P_{viktad}}$$

Kolumnen inverkan kan vara bra att studera om man upplever att resultatet blir oväntat högt eller lågt och funderar på om någon parameter påverkar oönskat mycket. Förslagsvis sänks då vikten på kriteriet alternativt tas kriteriet bort. Eller också inser

Tabell B.1

Exempel på en viktmatris för beräkning av viktad poäng vid multikriterieanalys.

man att kriteriet har större vikt än man först tänkt sig. (Kriterier som har karaktären av att de är acceptabla tills ett gränsvärde som passeras och då är ”dåliga” passar bättre under krav och målsättningar.)

Beräkningar i åtgärdsvärdering

I åtgärdsvärderingen finns ett antal olika beräkningar: Beräkning av åtgärders effekt, beräkning av vikt för olika kriterier, beräkning av viktad poängsumma, nuvärdesanalys samt beräkning av nyckeltal (t.ex. kr/m³) för rangordning.

Blad A – Beräkning av tillskottsvattenreduktion per åtgärd

Beräkningen baserar sig på uppgifter om nederbörd, avdrag initialförlust, ϕ , hårdgjorda ytor samt effektiv nederbörd för trög avrinning.

För olika åtgärder beskrivs deras effekt i form av reduktion av ytor som bidrar med tillskottsvatten och reduktion av basflöde. För respektive åtgärd anges:

- Bortkopplad hårdgjord area (ha)
- Bortkopplad trög area (ha)
- Minskat basflöde (l/s)
- Eller o på respektive ovanstående om effekt saknas.

Beräkning av reduktion av snabb tillskottsvattenmängd m³/år:

$$\text{Reduktion } V_{TSV \text{ trög}} = A_{\text{trög bortkopplad}} \cdot P_{\text{eff trög}} \cdot 10$$

där $P_{\text{eff}} = P_{\text{år}} \cdot (0.21 + 0.00024 \cdot P)$ formel från VAForsk 1996: 06 (Gustafsson, Svensson 1996)

Beräkning av reduktion av trög tillskottsvattenmängd m³/år:

$$\text{Reduktion } V_{TSV \text{ trög}} = A_{\text{trög bortkopplad}} \cdot P_{\text{eff trög}} \cdot 10$$

där $P_{\text{eff}} = P_{\text{år}} \cdot (0.21 + 0.00024 \cdot P)$ formel från VAForsk 1996: 06 (Gustafsson, Svensson 1996)

Beräkning av reduktion av basflöde m³/år:

$$\text{Reduktion basflöde}_{\text{m}^3/\text{år}} = \text{reduktion basflöde}_{\text{l/s}} / 1000 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365$$

Om det bedöms att de automatiska beräkningarna inte ger rätt värden för åtgärden så går det att fylla i korrekta värden beräknat på annat sätt i blå celler.

Blad D – Viktning av kriterier inom respektive dimension

Viktning i denna mall skiljer sig från viktning i nulägesanalysen. Användaren får för varje kriterium ange en vikt (eller relevans) från 0 till 10. Där 0 är helt oviktigt och 10 är superviktigt (alltså inte procentuellt).

Delvikten, W , i procent beräknas inom varje dimension till

$$W_{\text{kriterie}} = \frac{\text{vikt}}{\sum_j W_{\text{kriterie } j}}$$

Blad E – Viktning av dimensioner sinsemellan

Delvikt för respektive dimension beräknas på samma sätt som delvikt för respektive kriterium ovan

$$W_{dimension} = \frac{W_{dimension}}{\sum_i W_{dimension i}}$$

Blad F – Finansiell värdering

Detta blad nuvärdesberäknar varje åtgärd. I budgetuppställningen så anges både kostnader och nyttor uttryckt i tusentals kronor tkr med positiva siffror. Resultatet beräknas som nyttor minus kostnader

Kostnader

Engångskostnader:

- Investeringskostnad
- Övrig engångskostnad

Årliga kostnader

- Drift- och underhållskostnad – här anges summan här både positiva (ökade kostnader) och negativa (minskade kostnader) anges beräknat med tecken, d.v.s. om positiv kostnad är 1000 och negativ kostnad är 700 så blir summan 300.
- Pumpning/energikostnad
- Övrig årlig utgift

Nyttor

- Minskad kostnad för tillskottsvatten beräknat baserat på åtgärdernas effekt och ett pris kr/m³ för tillskottsvattnets olika komponenter som anges på bladet.
- Minskade skadekostnader t.ex. minskade regress- och skadeståndskostnader på grund av översvämningar.
- Annan minskad kostnad (upp till tre stycken)

Nuvärdesberäkning

Kostnader och nyttor nuvärdesberäknas. Med angivande av beräkningshorisont och kalkylränta kan en nusummeffaktor tas fram
Nuvärdet beräknas som:

$$Nuvärde = Nuvärdesfaktor \cdot \text{Årlig kostnad}$$

Där nuvärdesfaktorn beräknas som en funktion av kalkylränta, r , och kalkylperiod, n , enligt:

$$Nuvärdesfaktor = \frac{1}{(1+r)^n}$$

Det framtida värdet beräknas med en diskonteringsränta eller kalkylränta som motsvarar låneränta minus inflationen. Trafikverket har i sin rapport Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1 (Trafikverket 2018) tagit fram rekommendationer på lämplig kalkylränta. (Vid senaste bedömning från april 2018 var rekommendationen att den reala samhällsekonomiska diskonteringsräntan ska sättas till 3,5 %).

Det är lämpligt att sätta kalkylperioden till samma för alla åtgärder och lika med avskrivningstid för de investeringar som genomförs i alternativen.

Nuvärdesmetoden kan tyckas krånglig när den används för att jämföra/summera investeringar idag med kostnader och nyttor i framtiden. Men innebörden är att en

investering som görs idag för en åtgärd hade kunnat investerats på annat sätt och gett avkastning i framtiden. Vilket gör en kostnad längre fram i tiden mindre värd (förutsatt att kalkylräntan är positiv).

Den beräkning som görs för respektive alternativ är:

$$\text{Resultat nuvärdesanalys} = \sum \text{Nuvärde}_{\text{kostnader och nyttor under } n \text{ år}} - \text{Investeringskostnad}$$

Blad G – Resultatblad

Viktning poäng

Poäng för respektive alternativ beräknas på samma sätt som för nulägesanalysens värdering.

$$P = \sum_i \sum_j w_i \cdot w_j \cdot p_{ij}$$

Kostnad och utfall

Resultatet från nuvärdesberäkningen räknas ut som en kostnad d.v.s. byter tecken på resultatet.

Utfallet för respektive åtgärd beräknas. Eftersom såväl kostnad som den viktade poängen kan ha både positiva och negativa tecken särskiljs följande fall:

| Utfall | Poäng | Kostnad | Innebörd |
|--------|-------|---------|---------------------------------|
| 1 | >0 | <0 | Bra och lönsamma projekt |
| 2 | >0 | >=0 | Bra och kostsamma projekt |
| 3 | <=0 | <0 | Dåliga projekt som är lönsamma |
| 4 | <=0 | >=0 | Dåliga projekt som är kostsamma |

Tabell B.2

Möjliga utfall vid poängviktning och kostnadsberäkning

De två sista alternativen är förstas värdelösa men tas med som möjliga utfall. Utfallet används för att rangordna olika projekts nyckeltal som annars kan hamna på samma plats fast utfallen är helt olika. Till exempel kan en utvärdering av poäng/krona kan få samma värde både för ett typ 1 projekt som för ett typ 4 projekt eftersom de får samma tecken i kvoten.

Nyckeltal

Nyckeltal för rangordning beräknas

Poäng per krona: Poäng från värdering/kostnad (Mkr)

Kostnad per reducerad mängd snabbt tillskottsvatten = Kostnad/reducerad mängd snabbt tillskottsvatten

Kostnad per reducerad mängd totaltillskottsvatten = Kostnad/reducerad mängd tillskottsvatten

Rangordningar

Som underlag för sortering på blad H. *Resultatpresentation* (sortering sker automatiskt) beräknas rangordning för olika parametrar som tillåter listan att bli automatiskt rättsorterad från rangordning 1=bäst till rangordning 10 =sämst.

Blad H – Resultatpresentation

Åtgärderna som värderas kan sorteras på olika grunder genom val i en rullgardinslista. I tabellen nedan anges hur sortering sker för att hitta bästa åtgärd. Överordnat är hur utfallet blir enligt tidigare avsnitt. Sortering sker på så sätt att ett lönsamt bra projekt alltid blir bättre än ett olönsamt dåligt projekt.

| Parameter | Sortering | Kommentar |
|---|-----------|--|
| Överordnat | | |
| Utfall | Stigande | Utfall 1–4 beskrivet i ovanstående avsnitt adderas till rangen för samtliga nedanstående på så sätt att ett lönsamt bra projekt alltid blir bättre än ett olönsamt dåligt projekt. |
| Möjliga sorteringskriterier | | |
| Poäng | Fallande | |
| Kostnad | Stigande | |
| Reduktion TSV snabb | Fallande | |
| Reduktion TSV | Fallande | |
| Poäng/Mkr | Fallande | |
| kr/m ³ snabb TSV | Stigande | |
| kr/m ³ TSV | Stigande | |
| Stigande=lägsta värde bäst, Fallande = högsta värde bäst. | | |

Tabell B.3

Sorteringsordning för olika parametrar för att rangordna projekt.

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se