

GIS-BASERAD SÅRBARHETSKARTERING AV VA-SYSTEM MED AVSEENDE PÅ KLIMATFÖRÄNDRINGAR

GIS-based methodology for vulnerability mapping of the water and wastewater system in view of climate change

av KATARINA LARSSON, Tyréns AB, Box 27, 291 21 Kristianstad
e-post: katarina.larsson@tyrens.se



Abstract

Urban infrastructure, such as the water and wastewater system, is at particular risk following climate change. Identifying vulnerable parts of the system contributes to safe and sustainable water and wastewater handling in a long term perspective. The aim of this study was to further develop a GIS-based methodology for mapping physical vulnerability of urban water systems. Vulnerability indices were created and developed for the pipe network, groundwater sources and urban drainage in view of climate related threats. Studied vulnerability was the risk for pipe network break due to landslide. For groundwater vulnerability due to an increased risk of pollution from three sources were studied; MIFO-objects (risk classified objects), farmland, and local sewage treatment. For urban drainage flooding risk due to under-designed stormwater pipes and surface runoff to topographic low points were studied. The methodology was applied to the municipality of Bromölla, in South Sweden. The resulting maps were used to identify vulnerable parts of the above infrastructure. An uncertainty analysis was performed as a complement to the vulnerability mapping. The method is well suited for visualizing the physical vulnerability of water and wastewater systems at a municipal level and for evaluation by decision makers.

Key words – Vulnerability mapping, GIS, Vulnerability indices, Climate change, Water and wastewater infrastructure, Stormwater drainage, Groundwater supply, Landslide, Pollution, Flooding

Sammanfattning

Infrastruktur i tätort som VA-anläggningar är speciellt sårbart för klimatförändringar. Identifiering av utsatta delar av infrastrukturen bidrar till en framtida säker och hållbar VA-försörjning. Målet med föreliggande arbete var att vidareutveckla en GIS-baserad metodik för att kartera fysisk sårbarhet hos VA-system. Olika sårbarhetsindex utvecklades för ledningsnät, grundvattentäkter och bebyggelse avseende klimatrelaterade hot. Studerade hot för ledningsnätet var brottrisk p.g.a. ökad risk för ras och skred. Grundvattentäkter studerades med avseende på sårbarhet för ökad tillförsel av föroreningar kopplat till MIFO-objekt (riskklassade objekt), odlad mark och enskilda avlopp. För bebyggelse studerades översvämningssårbarhet på grund av underdimensionerade ledningar och ytavrinning till lågpunkter i landskapet. Metodiken tillämpades på Bromölla kommun i Skåne. De resulterande kartorna användes för att identifiera sårbara delar inom respektive system. Sårbarhetskarteringen kompletterades med en osäkerhetsanalys. Metoden är väl lämpad för att visualisera den fysiska sårbarheten hos VA-anläggningar på kommunal nivå samt att utgöra ett åskådligt underlag för beslutsfattare.

Bakgrund

En allmän konsensus är att globalt och lokalt klimat gradvis håller på att förändras (Bernes, 2007; Bates, 2008; Nikulin et al., 2011). Den urbana miljön och dess

infrastruktur riskerar att påverkas negativt av ett förändrat klimat med stora kostnader för samhället. Hur mycket infrastrukturen kan komma att påverkas, d.v.s. dess sårbarhet, beror på hur väl anpassat det är för att möta klimatförändringen. Genom att på ett tidigt stadium

identifiera och kartlägga olika samhällsfunktioners sårbarhet kan stora sociala, miljömässiga samt ekonomiska vinster göras.

Den kommunala VA-hanteringen är en viktig samhällsfunktion som kommer att påverkas av framtida klimatförändringar. Klimat och Sårbarhetsutredningen (Regeringen, 2007) identifierade flera klimatrelaterade risker specifikt kopplade till VA-hanteringen. En förestående klimatförändring kommer det att kräva omfattande åtgärder och investeringar för att bibehålla en hållbar och säker VA-försörjning. Av denna anledning finns det behov av enkla och användarvänliga verktyg som visualiserar den klimatrelaterade sårbarheten i olika delar av VA-systemet.

Föreliggande studie vidarutvecklade en indikatorbaserad metodik framtagna av Karlson (2010) för kartering av VA-systems sårbarhet. Sårbarhetsindex framtagna av Karlson (2010) och Wittgren et al. (2011) vidareut-

vecklades samt kompletterades för att ge en mer omfattande och överskådlig bild av olika typer av sårbarhet hos dagens VA-system.

Metod

Områdesbeskrivning – Bromölla kommun

Bromölla kommun i nordöstra Skåne har ett varierat kultur- och naturlandskap vilket domineras av närheten till vatten. Förutom Skånes största sjö, Ivösjön, finns här också ett flertal mindre sjöar. Viktiga vattendrag är Lillån, Holjeån och Skråbeån (Fig. 1). Kommunen ligger i sin helhet inom Skråbeåns avrinningsområde som i sin tur mynnar ut i Hanöbukten (Hjertzell och Cervin, 2005). Det finns goda grundvattentillgångar, framförallt i de sydvästra delarna av kommunen för de ca 12 000 boende i kommunen. Cirka 10 000 personer förses med dricksvatten från bergbore brunnar genom det kommunala VA-bolaget Bromölla Energi & Vatten (Sundahl och Svensson, 2010).

Avloppssystemet i Bromölla kommun är i huvudsak duplikat förutom vissa centrala delar av Bromölla stad med kombinerat system. Det finns två avloppsreningsverk; ett i huvudorten Bromölla och ett i Näsum. Det renade vattnet från Bromöllaverket leds ut i Hanöbukten medan det renade vattnet från Näsum släpps ut i Holjeån, norr om Ivösjön (Bromölla Energi & Vatten, okänt år). Utanför den kommunala verksamheten finns ca 620 hushåll med enskilda avlopp (Sundahl och Svensson, 2010).

Befolkningen i Bromölla kommun är koncentrerad till huvudorten Bromölla där ca 7 500 av kommunens invånare bor. Andra orter som Näsum, Nymölla, Edeneryd, Valje samt Gualöv har överlag en mindre tät bebyggelse än huvudorten (Fig. 1). Visioner finns för en fortsatt exploatering och utveckling av olika områden i kommunen, främst kring de större orterna. I dagsläget arbetar kommunen med att upprätta en ny översiktsplan. Som underlag för denna tar man även fram en ny VA- samt vattenförsörjningsplan (Sundahl och Svensson, 2010).

Övergripande metodik

Tre skyddsvärda delar av VA-anläggningen inkluderas i denna studie; ledningsnätet, grundvattentäkter och bebyggelse. Initialt utfördes en behovsanalys där klimatrisker och konsekvenser aktuella för Bromölla kommun identifierades. Indikatorer bestämdes för respektive systems sårbarhet gentemot identifierade hotbilder. De olika indikatorerna vägdes samman för att skapa ett sårbarhetsindex, SI.

Indikatorerna bestämdes med hjälp av både kvantitativa och kvalitativa indata. För att möjliggöra en sam-



Figur 1. Topografisk karta Bromölla kommun.

Tabell 1. Ingående datalager för analys av bebyggelsens sårbarhet gentemot översvämning i lågpunkter.

Datalager	Källa	Detaljnivå
Digital höjdmodell, NNH Bebyggelse	Lantmäteriet Bromölla Energi & Vatten	Upplösning 2*2 m Bostäder samt industri

manvägning av alla data med så vitt skilda karaktär utfördes en aggregering och normalisering för varje indikator enligt en i förväg bestämd skala. Resultatet är en platsspecifik normalisering gällande enbart för Bromölla kommun. Tillvägagångssättet är dock generellt applicerbart på andra kommuner.

De ingående GIS-lagren för respektive indikator läggs sedan ihop med Boolesk algebra enligt respektive sårbarhetsindex. Programmen ArcGIS och ArcHydro användes genomgående i hela arbetet både som analysverktyg och för presentation. Identifiering av känsliga områden möjliggjordes genom att använda två olika grafiska redovisningssätt; en färgskala från grönt till rött och staplar med ett totalt sårbarhetsindex. Inom ramen för arbetet genomfördes slutligen en osäkerhetsanalys för att bestämma generella samt specifika osäkerheter i metoden.

Exempel på tillämpning av metod – Marköversvämning i lågpunkter

För att exemplifiera metoden redovisas här tillvägagångssättet stegvis för ett av de sårbarhetsindex som togs fram, nämligen översvämning i lågpunkter inom bebyggelse. För mer detaljerad information om övriga sårbarhetsindex hänvisas läsaren till rapporten av Larsson (2012).

Steg 1: Identifiering av klimatrisker och konsekvenser

Extrem nederbörd förväntas bli allt vanligare i takt med att klimatet förändras. Dagvattennätet i Bromölla är idag dimensionerat för återkomsttider på 2, 5 eller 10 år. Det innebär att systemet kommer att gå fullt vid extrema nederbördstillfällen vilket medför att vattnet rinner av på ytan och söker sig till lågpunkter i landskapet. Det skyddsvärda och därmed även sårbara systemet i det här fallet är bebyggelsen som översvämmas vid extrem nederbörd.

Tabell 2. Normalisering av storlek på avrinningsområden.

Storlek på avrinningsområde [ha]	Riskklass ($I_{avrinningsområde}$)
1–3	1
4–7	2
8–58	3

Steg 2: Bestämning av indikatorer och sårbarhetsindex

Den viktigaste indikatorn som representerar sårbarheten för översvämning i bebyggelse är storleken på lågpunktens uppströms liggande avrinningsområde. Ju större yta som bidrar till avrinningen i en specifik lågpunkt desto större är risken för marköversvämning. En andra indikator representerade det sårbara systemet, d.v.s. bebyggelsen. Sårbarhetsindexet (SI) med de ingående indikatorerna ges av:

$$SI_{lågpunkter} = I_{avrinningsområde} \cdot I_{bebyggelse} \quad (1)$$

där $SI_{lågpunkter}$ är sårbarhetsindex för marköversvämning i lågpunkter, $I_{avrinningsområde}$ är en enkel indikator för avrinningsområdets storlek och $I_{bebyggelse}$ är en enkel indikator för bebyggelse.

Steg 3: Insamling av data

Nödvändiga datalager för analysen identifierades och samlades in från olika källor (Tabell 1). För Bromölla kommun fanns den nya nationella höjdmodellen (NNH) tillgänglig vilken har en betydligt högre upplösning än tidigare höjdmodeller.

Steg 4: Riskklassning och normalisering av data

Efter att data samlats in bearbetades dessa för sammanvägning till ett »värde» på sårbarheten. Detta gjordes genom att varje enskild indikator normaliserades enligt en i förväg bestämd skala. Kvantitativa data, d.v.s. avrinningsområdets storlek, normaliserades med metoden naturliga brytpunkter (Tabell 2). Kvalitativa data, dvs. bebyggelsen, normaliserades istället efter en vägd bedömning (Tabell 3).

Steg 5: Viktning av indikatorer

För vissa index gjordes en viktning av indikatorerna för att kunna ta hänsyn till vilken påverkan varje indikator har på resultatet. I den här specifika analysen antogs de två indikatorerna ha samma vikt.

Tabell 3. Normalisering av befintlig bebyggelse i lågpunkter.

Bebyggelse i lågpunkt	Riskklass ($I_{bebyggelse}$)
Ingen bebyggelse	1
Bebyggelse finns	2

Steg 6: GIS-analys

Analysen avbegränsades genom att ta fram alla lågpunkter inom och omkring orten Näsum genom programmet ArcHydro. Avrinningsområdenas storlek togs även den fram med ArcHydro baserat på den nya nationella höjdmodellen. De ingående datalagren lades ihop i enlighet med sårbarhetsindexet i ekvation (1) genom att använda Boolesk algebra.

Steg 7: Identifiering av känsliga områden

Analysen resulterade i en karta där sårbarheten anges enligt en 6-gradig skala från liten sårbarhet till stor sårbarhet. Karteringen användes för att identifiera bebyggda områden med hög sårbarhet gentemot övervämmning i lågpunkter.

Steg 8: Osäkerhetsanalys

Syftet med detta steg var att identifiera de delar av metoden som kan förbättras och vidareutvecklas. Osäkerhetsanalysen identifierade bl.a. begränsningar i metoden gällande markens infiltrationskapacitet och vattendjupet i de framtagna lågpunkterna.

Resultat

Sårbarhetsindex

I Tabell 4 listas de sårbarhetsindex som ingick i föreliggande studie samt en beskrivning av vidareutvecklade index från tidigare arbeten. Resultaten från karteringen av respektive sårbarhetsindex redovisas i efterföljande avsnitt.

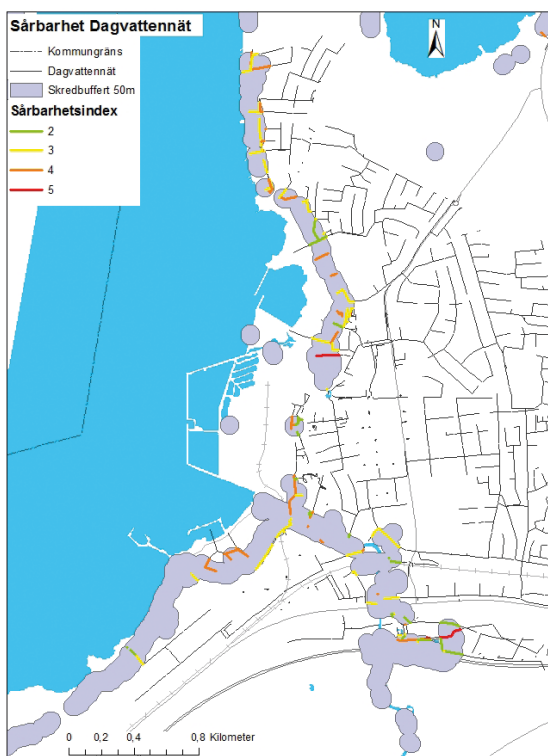
Brott på ledningsnät

Sårbarhetsindex för ledningsnät, $SI_{nät}$, baserades på den inerta brottrisen för ledningsnätet och redovisas för den del av nätet som går igenom skredbuffertzonen. Sårbarhetsindexet för ledningsnät ges av:

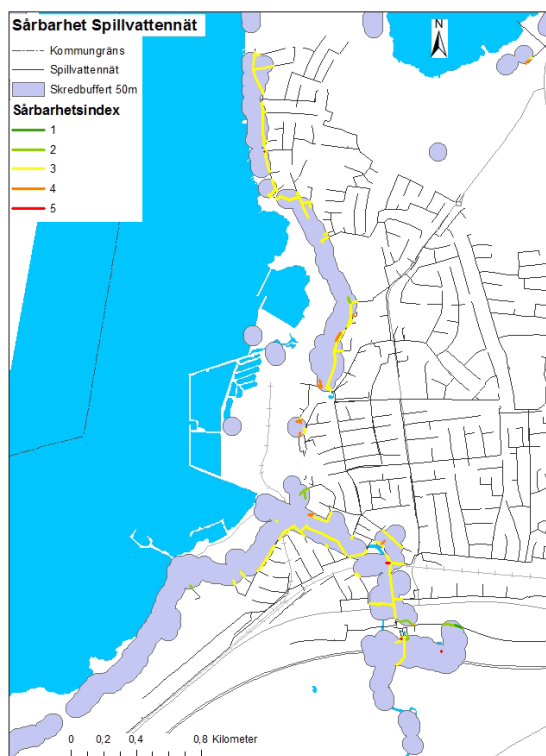
$$SI_{nät} = S_{brott} \cdot I_{skred} \quad (2)$$

Där $SI_{nät}$ är sårbarhetsindex för ledningsnät, S_{brott} är en sammanvägd indikator för ledningsnätets inerta brottrisk och I_{skred} är en enkel indikator för skredrisk.

Samma index användes även för att kartera spill-, dag- samt dricksvattennät. Sårbarhetskarteringen av dagvattennätet respektive spillvattennätet i Bromölla stad visas i Fig. 2 och 3. Av säkerhetsskäl publiceras inte sårbar-



Figur 2. Sårbarhetskartering av dagvattennätet i Bromölla stad.



Figur 3. Sårbarhetskartering av spillvattennätet i Bromölla stad.

Tabell 4. Sammanställning av ingående sårbarhetsindex samt vidareutvecklade index från tidigare arbeten.

Sårbarhetsindex	Källa/Nytt index	Vidareutvecklat
Brott på ledningsnät	Karlson (2010)	– Metod för normalisering av anläggningsår – Skredriskbedömning
MIFO-objekt	Karlson (2010)	– Hänsyn tagen till infiltrationsbenägna jordarter – Ny metod för att kartera sårbarhet med hjälp av staplar
Odlad mark	Nytt index	
Enskilda avlopp	Nytt index	
Underdimensionerade dagvattenledningar	Wittgren et al. (2011)	– Framtagning av avrinningsområden m.h.a. ArcHydro
Lågpunkter i bebyggelse	Nytt index	
Markinstabilitet i bebyggelse	Nytt förslag på vidare arbete	

hetskarteringen av dricksvattennätet. Fig. 2 visar att det framförallt är dagvattnets utloppsledningar som ligger inom skredriskområden och således är sårbara för ras och skred. Detta är problematiskt eftersom stopp i en utloppsledning påverkar hela dagvattensystemet uppströms, vilket kan leda till översvämmande rännstensbrunnar om inte vattnet transporteras vidare till recipienten. Sårbarhetsindex i Fig. 2 och 3 ges av respektive lednings inerta brottrisk, dvs. huruvida ledningens inre egenskaper ökar risken för brott.

Försämrade råvattenkvalitet i grundvattentäkter

Tre sårbarhetsindex för grundvattentäkter skapades för tre olika hotbilder; MIFO-objekt (riskklassade objekt från Metod för Inventering av Förorenade Områden), odlad mark och enskilda avlopp, eftersom dessa ansågs vara av olika karaktär.

MIFO-objekt

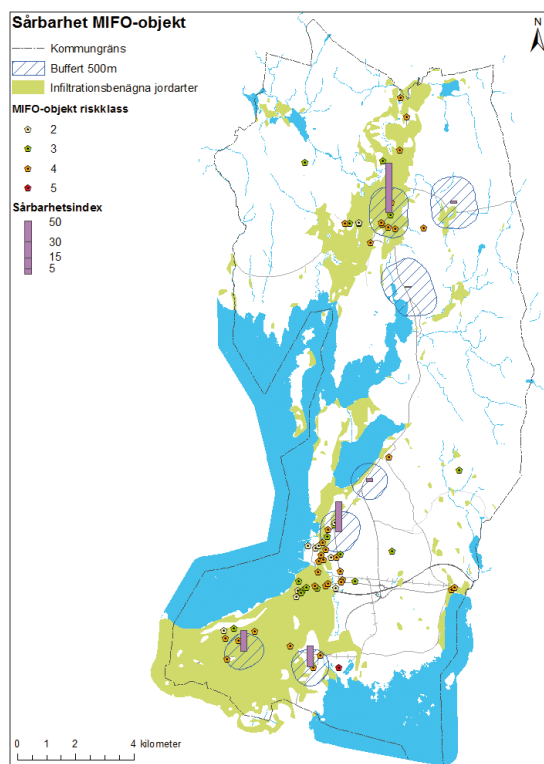
Sårbarhetsindexet för MIFO-objekt, SI_{MIFO} , skapades genom att bedöma sårbarheten från antalet förorenade områden eller objekt som finns inom eller i närområdet kring ett vattenskyddsområde. Här användes en buffertzona på 500 m från vattenskyddsområdet. Sårbarheten beror dessutom på vilken typ av jordart som omger riskobjekten. Infiltrationsbenägna jordarter användes därmed som en indikator. Även vattentäktens uttagskapacitet togs med som en indikator eftersom ett större uttag innebär större sårbarhet. Det sammanvägda sårbarhetsindexet för en vattentäkt med hänsyn till MIFO-objekt bestämdes av:

$$SI_{MIFO} = I_{uttag} + \Sigma(S_{MIFO} \cdot I_{infiltration}) \cdot I_{buffert} \quad (3)$$

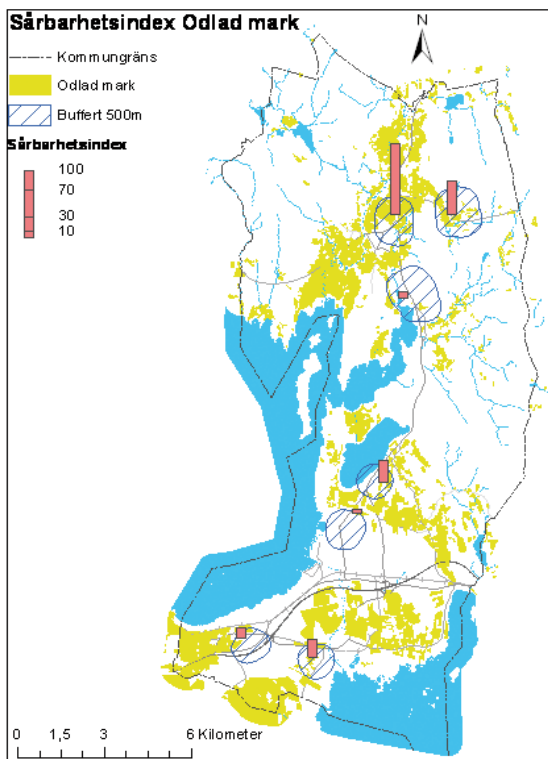
där SI_{MIFO} är sårbarhetsindex för grundvattentäkter gentemot MIFO-objekt, I_{uttag} är en enkel indikator för uttagskapacitet, S_{MIFO} är en sammanvägd indikator för

MIFO-klassning, $I_{infiltration}$ är en enkel indikator för infiltrationsbenägna jordarter och $I_{buffert}$ är en enkel indikator för buffertzona.

Sårbarhetskarteringen av grundvattentäkter med avseende på MIFO-objekt i Bromölla kommun redovisas i Fig. 4. Karteringen visar att sårbarheten för grundvattentäkten i Näsum är den enskilt största i hela kommunen.



Figur 4. Sårbarhetskartering av MIFO-objekt inom en buffertzona av 500 m från vattenskyddsområde.



Figur 5. Sårbarhetskartering av areal odlad mark inom en buffertzon av 500 m från vattenskyddsområde.

Odlad mark

Sårbarhetsindexet för odlad mark, $SI_{odlad\ mark}$ skapades genom att bestämma arealen odlad mark som finns inom ett vattenskyddsområde eller dess buffertzon på 500 m. Uttagskapaciteten för vattentäkten användes även här som en indikator:

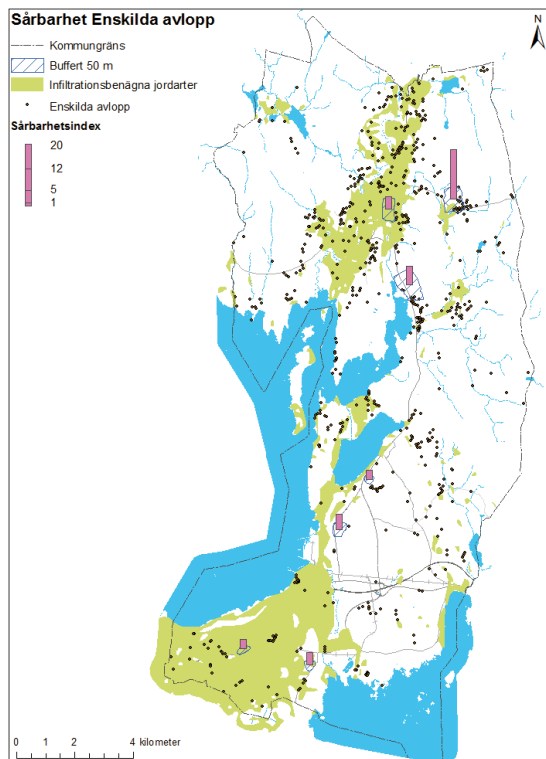
$$SI_{odlad\ mark} = I_{uttag} + \Sigma A_{odlad\ mark} \cdot I_{buffert} \quad (4)$$

där $SI_{odlad\ mark}$ är sårbarhetsindex för grundvattentäkter gentemot odlad mark, I_{uttag} är en enkel indikator för uttagskapacitet, $A_{odlad\ mark}$ är areal odlad mark, [ha] och $I_{buffert}$ är en enkel indikator för buffertzon.

Sårbarhetskarteringen för areal odlad mark i närheten av grundvattentäkter visas i Fig. 5. Karteringen av odlad mark visar i princip samma resultat som den för MIFO-objekt, nämligen att sårbarheten för föroreningar är störst för grundvattentäkten i Näsum.

Enskilda avlopp

Sårbarhetsindexet för enskilda avlopp, $SI_{ensk.\ avlopp}$ bestämdes genom antalet enskilda avlopp som återfinns inom ett vattenskyddsområde eller dess bestämda buffertzon.



Figur 6. Sårbarhetskartering av enskilda avlopp inom en buffertzon av 50 m från vattenskyddsområde.

fertzon. Sårbarheten gäller framförallt m.a.p. smittorisken från bakterier och/eller virus. Karteringen gjordes med ett mindre buffertavstånd, 50 m, än de två tidigare sårbarhetskarteringarna för grundvattentäkter. Detta eftersom föroreningsrisken p.g.a. vattenburen smitta från enskilda avlopp antas avta relativt snabbt till följd av markens naturliga nedbrytningsprocess. Ett enskilt avlopp ansågs bidra mer till sårbarheten om den finns i en infiltrationsbenägen jord. Infiltrationsbenägna jordarter togs därmed med i indexet som en indikator. Även i det här fallet anses uttagskapaciteten vara kopplad till sårbarheten och togs med som en indikator. Sårbarhetsindexet för en vattentäkt med hänsyn till enskilda avlopp ges av:

$$SI_{ensk.\ avlopp} = I_{uttag} + \Sigma (I_{ensk.\ avlopp} \cdot I_{infiltration}) \cdot I_{buffert} \quad (5)$$

där $SI_{ensk.\ avlopp}$ är sårbarhetsindex för grundvattentäkter gentemot odlad mark, I_{uttag} är en enkel indikator för uttagskapacitet, $I_{ensk.\ avlopp}$ är en enkel indikator för enskilt avlopp, $I_{infiltration}$ är en enkel indikator för infiltrationsbenägna jordarter och $I_{buffert}$ är en enkel indikator för buffertzon.

Sårbarhetskarteringen för enskilda avlopp i närheten

av grundvattentäkt visas i Fig. 6. Karteringen visar att Drögsperys grundvattentäkt är mest sårbar relativt övriga vattentäkt i kommunen.

Översvämning i bebyggelse

Två olika sårbarhetsindex för översvämning i bebyggelse togs fram; ett för regn med återkomsttid 5 år och ett för extrem nederbörd. Det första indexet bestämmer sårbarheten för själva dagvattennätet och det andra indexet sårbarheten i det extrema fallet då ledningsnätet inte räcker till och vatten istället rinner av på ytan.

Underdimensionerade dagvattenledningar

Sårbarhetsindexet för översvämning av bebyggda områden beror på kvoten mellan en beräknad erforderlig ledningsdiameter och den befintliga dimensionen på en utloppsledning (ekvation (6)). Rationella metoden användes för att beräkna den erforderliga ledningsdiametern. Kvoten visar huruvida en utloppsledning från ett avrinningsområde har en tillräckligt stor dimension för att klara av ett specifikt regn utan att överbelastas. I det här fallet valdes återkomsttiden 5 år för regnet tillsammans med en klimatkfaktor på 1.2. Tabell 5 visar normalisering av kvoterna till en 5-gradig skala.

$$SI_{\text{underdiam. ledningar}} = \frac{D_{\text{erforderlig}}}{D_{\text{befintlig}}} \tag{6}$$

För att undersöka betydelsen av avrinningskoefficient gjordes två karteringar, med avrinningskoefficient 0.2 respektive 0.3. Resultatet visas i Fig. 7 och 8. Det fram-

Tabell 5. Normalisering av dimension på dagvattenledningar.

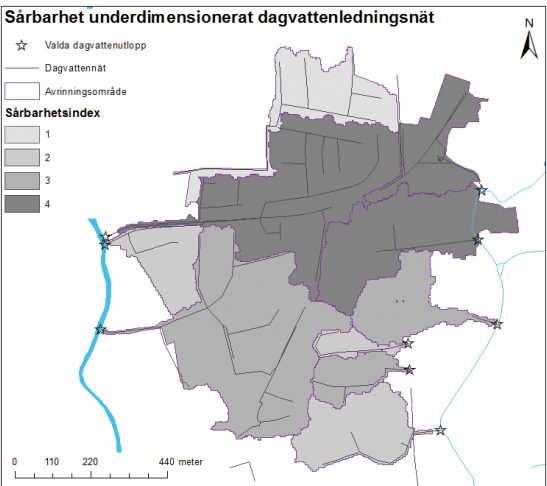
$D_{\text{erforderlig}}/D_{\text{befintlig}}$ [m/m]	Riskklass ($SI_{\text{underdim.ledningar}}$)
0 – 0,4	1
0,41 – 0,80	2
0,81 – 1,20	3
1,21 – 1,60	4
> 1,60	5

går av jämförelsen att en mer hårdgjord yta kommer att öka sårbarheten för översvämning i vissa områden. Resultaten i de två fallen visar dock generellt sett att dagvattensystemet i Näsrum är väl dimensionerat mot ökade regnmängder i normalfallet. Några avrinningsområden i mellersta och nordöstra delen av Näsrum kan däremot anses vara sårbara vilket kan leda till översvämning av bebyggelsen i dessa områden även vid normala regnmängder.

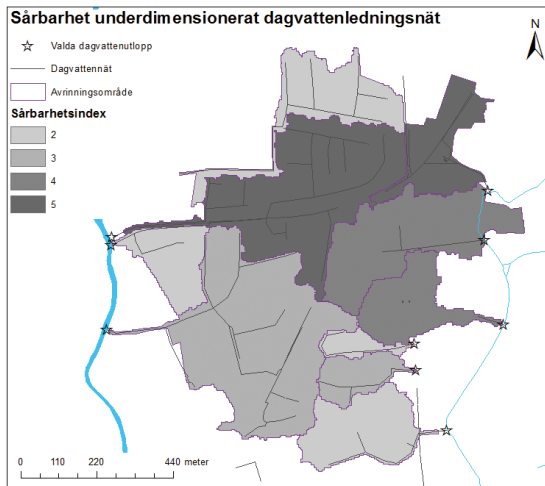
Lågpunkter i bebyggelse

Sårbarhetsindexet för lågpunkter togs fram för att visa sårbarheten för översvämning i bebyggelse vid extrema nederbördssituationer. Tillvägagångssättet och bakgrunden till sårbarhetsindexet beskrevs ovan och ges av ekvation (1).

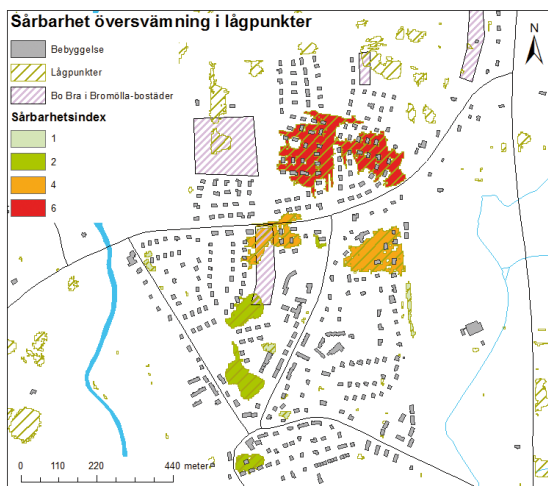
Resultatet visar att en lågpunkt i mellersta till nordöstra delen av Näsrum har högst sårbarhet (Fig. 9). Då karteringen i Fig. 7 och 8 visade att dagvattennätet inom detta område är underdimensionerat kan det identifieras som ett särskilt utsatt och sårbart område.



Figur 7. Sårbarhetskartering av underdimensionerade utloppsledningar i Näsrum med avrinningskoefficient 0.2.



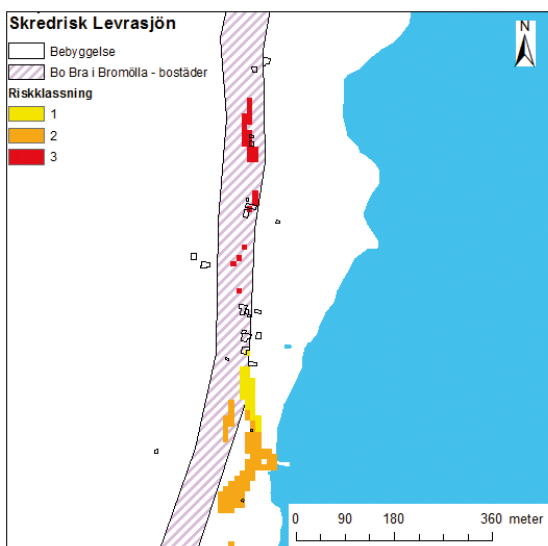
Figur 8. Sårbarhetskartering av underdimensionerade utloppsledningar i Näsrum med avrinningskoefficient 0.3.



Figur 9. Sårbarhetskartering av lågpunkter i Näsum.

Markinstabilitet i bebyggelse

För att redovisa hur data som tagits fram under rapportens gång kan användas och utvecklas vidare togs ett antal mer översiktliga kartor fram som visar sårbarheten gentemot ras och skred i bebyggelse. I dessa kartor har den framtagna skredrisken lagts samman med kartor över både befintlig bebyggelse samt förslag och visioner för framtida bebyggelse i kommunen, vilket är en del av kommunens långsiktiga strategi »Bo Bra i Bromölla»



Figur 10. Skredriskkartering av området kring Levrasjön med avseende på befintlig samt framtida bebyggelse.

(Bromölla kommun, 2006). Sårbarhetskarteringen av markinstabilitet i bebyggelse kring Levrasjön visas i Fig. 10. Av figuren framgår att områden där man i dagsläget har visioner för att exploatera och anlägga bostadsområden ligger inom skredriskzoner. Även befintlig bebyggelse ligger inom eller nära skredriskområden.

Diskussion

Osäkerhetsanalys

Det finns inga generella riktlinjer för hur sårbarhetsindex bör skapas. I litteraturen finns exempel på olika tillvägagångssätt där lokala förhållanden bestämmer vilka variabler som bör tas med och om och hur dessa ska normaliseras. En fördel med detta är att utformning och tillämpning av sårbarhetsindex inte är begränsat på grund av tillgång på data, kunskap eller pengar. En klar nackdel är att det inte alltid går att jämföra sårbarhet mellan olika studier eller kommuner. Eftersom lokala behov och tillgång till data bestämmer vilka index som kan skapas finns också en risk att bedömningen blir subjektiv.

Av naturliga skäl utfördes analysen i det här arbetet på befintlig infrastruktur och baserades på dagens kunskap. Detta innebär att det i metoden finns en generell och genomgående osäkerhet kopplad till tidsaspekten eftersom den framtida utvecklingen är okänd. I ett 100-års perspektiv kan man vara tämligen säker på att såväl kunskapsläget som systemen i sig kommer att skilja sig väsentligt från dagens situation.

Relevans och måluppfyllande

Syftet med det här arbetet var genomgående att ta fram och vidareutveckla enkla och användbara verktyg för att bedöma sårbarhet kopplat till den kommunala VA-hanteringen. Med resultaten i hand kan man då ställa sig frågan om de verktyg som presenteras i det här arbetet är relevanta och uppnår det utsatta målet. Som nämnts av Karlson (2010) kan det vara en svår balansgång mellan att skapa index som varken är för komplexa så att de blir svåra att använda, eller för enkla så att de inte visar relevanta resultat.

Generellt har eftersträövats att anpassa indexen och därmed även den slutliga karteringen till den avsedda målgruppen, samt att den ger tillräcklig information för att kunna göra en översiktlig bedömning av sårbarheten. Sårbarhetskarteringen av grundvattentäkter för olika föroreningskällor (Fig. 4–5) visade att Näsum är speciellt riskutsatt för försämrad råvattenkvalitet jämfört med övriga grundvattentäkter i kommunen. Det har redan tagits ett kommunalt beslut att lägga ner vattentäkten i

Näsum vilket därmed styrker resultaten från sårbarhetskarteringen. Kommunen bekräftar även att man redan i dagsläget har problem med översvämning i de mellersta och nordöstra delarna av Näsum, vilket identifierades av sårbarhetskarteringen i Fig. 7–9.

Den här studien visade att metodiken framtagen av Karlson (2010) lämpar sig väl för att göra översiktliga bedömningar av VA-systemets sårbarhet. Genom att använda kartor med tydlig och enkel grafik kan även den oinitierade se vilka delar av ett tekniskt system som är sårbara. En enkel indikatormetodik underlättar även förståelsen för vilka faktorer som ligger till grund för resultaten.

Inom ramen för den här studien togs ett antal olika sårbarhetskartor tagits fram som kan användas direkt i pappersformat för att presentera resultat. Fördelen med att utföra analysen i GIS är dock även att relevant bakgrundsdata samt övrig data kan kopplas till karteringen. Detta tillför ytterligare en dimension och ökar användningsområdet. Genom att behålla information från olika datalager finns en inbyggd spårbarhet vilken kan användas för det fortsatta arbetet inom kommunens olika förvaltningar.

Slutsats

Målet med denna studie var att ta fram ett underlag för att underlätta bedömningar och beslut vad gäller utveckling av VA-systemet. De sårbarhetskarteringar som tagits fram i studien har ett flertal olika användningsområden inom den kommunala verksamheten. Kartorna kan exempelvis användas som underlag i VA- och vattenförsörjningsplaner, samt även i kommunala beredskapsplaner eller vid upprättande av ny översiktsplan.

Eftersom förnyelse av infrastruktur är en långsam process som kräver stora investeringar är det viktigt att redan i ett tidigt planeringsskede ta hänsyn till ett klimat i förändring. På samma sätt som historiska beslut formade dagens samhälle kommer de beslut vi tar idag att

forma framtidens samhälle. Att vara medveten om hur dagens system riskerar att påverkas i ett förändrat klimat är därför viktigt för att ta ekonomiskt bättre beslut när vi utvecklar och bygger framtidens samhällen.

Referenser

- Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. och Palutikof, J. (2008) Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- Bernes, C. (2007) En ännu varmare värld – Växthuseffekten och klimatets förändringar. Monitor 20, Naturvårdsverket. Fälth & Hässler. Värnamo.
- Bromölla Energi & Vatten, okänt år. [Elektronisk] <http://www.bromollavatten.se/>, Hämtad: 2011-11-16.
- Bromölla kommun (2006) Bromölla 2025 – »Bo Bra i Bromölla»: Fördjupning av översiktsplanen.
- Hjertzell, B. och Cervin, G. (2005) Översiktligt Natur- och Kulturmiljövårdsprogram för Bromölla kommun. Tyréns Infrakonsult för Bromölla kommun.
- Karlson, M. (2010) Assessing GIS-based indicator methodology for analyzing the physical vulnerability of water and sanitation infrastructure. Master's thesis, Linköpings Universitet.
- Larsson, K. (2012) GIS-baserad sårbarhetskartering av VA-system med avseende på ett klimat i förändring – En tillämpning på Bromölla kommun. Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Nikulin, G., Kjellström, E., Hansson, U., Strandberg, G. och Ullerstig, A. (2011) Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. Tellus. Vol. 63A. pp. 41–55.
- Regeringen (2007) Konsekvenser av klimatförändringar och extrema händelser. 2007:60 – Kapitel 4, Klimat- och Sårbarhetsutredningen.
- Sundahl, A-C. och Svensson, G. (2010) VA-översikt Bromölla kommun. Tyréns AB för Bromölla kommun.
- Wittgren, H.B., Karlson, M., Pettersson, F. och Svensson, G. (2011) Sårbarhetskartering av VA-system med en GIS-baserad indikatormetodik – Tillämpningar i Stockholmsregionen. Rapport 2011-6, CIT Urban Water Management.

