

Vedlegg 11

Hydraulisk modellering av vassverka i Sogndal kommune

BAKGRUNN

Ein hydraulisk nettmodell er ein matematisk representasjon av eit vassnett. Gjennom simuleringar med nettmodellen kan ein kartleggja kapasitet, vasskvalitet og trykktilhøve, og vurdera effekten av ulike tiltak på nettet. Slik vert ein nettmodell eit nyttig verktøy i både dagleg drift, prosjektering og planarbeid.

I samband med arbeidet med *Hovudplan drikkevatn Sogndal kommune 2024-2032* har det vorte utarbeidd hydrauliske nettmodellar for kvart dei fem kommunale vassverka: Sogndal, Leikanger, Balestrand, Nornes og Hodlekve. Arbeidet er utført internt i organisasjonen.

METODE

Oppbygging av modell

Dei hydrauliske modellane av vassverka i Sogndal kommune er utarbeidde ved bruk av GIS-programvara QGIS i samspel programmering i Python. Følgjande datakjelder er nytta:

- Leidningskart-databasen til kommunen
- Nasjonal høgdemodell (rutenett 10x10m)
- Driftsparametrar og styringsreglar for komponentar (ulike ventilar, pumper, basseng mm.)
- Driftsdata frå vassmålarar, trykk- og nivåsensorar i perioden mars 2022 - mars 2023
- Befolkningsdata frå SSB (rutenett 250x250m), bygnings- og adressedata frå Matrikkelen, gebyr- og vassmålarregisteret til kommunen

Ei Python-implementering av EPANET-funksjonar er nytta for å gjennomføra simuleringar med modellen. EPANET er utvikla av det amerikanske miljøverndirektoratet, og vert rekna som bransjestandard for vassnett-simuleringar. EPANET bereknar hydrauliske parametrar (trykk, vassføring) og kvalitetsparametrar (t.d. vassalder) ut i frå forbruket på nettet. GIS-programvara QGIS vert til slutt nytta for framstilling av resultat og generering av temakart.

Innstilling og kalibrering av modell

Ein hydraulisk nettmodell søkjer å etterlikna det fysiske vassnettet, og det er mange variablar som spelar inn på resultatet. Feil topologi (samankopling) og feil dimensjon på leidningane kan gi store utslag. Pumpekurver, ventilinnstillingar, høgder og ruheita

til leidningane er andre viktige parametrar. I tillegg er informasjon om forbruket på nettet avgjerande for å få ein realistisk modell.

Leidningskart-databasen til kommunen består av data med varierende kvalitet. Nettverka har difor vorte reinska med automatiske algoritmar, supplert med manuell redigering basert på innspel frå driftsoperatørar med kjennskap til nettet utover registreringane i kartverket.

Kalibrering og innstilling av modellane av vassverka i kommunen er eit kontinuerleg pågåande arbeid. Feil som har vorte oppdaga ved samanlikning av simuleringsresultat med målingar frå overvaking og felt har vorte retta fortløpande.

For å få ei fullverdig kalibrering bør det gjennomførast ein målretta målekampanje med fleire store tappingar på utvalde punkt på nettet, samstundes som ein loggar mengde og trykk i fleire punkt. I motsetnad til i normal driftssituasjon vil trykktapa då verta store i høve til uvissa til instrumenteringa. Dette vil gi eit betre grunnlag for å finna ev. feilregistrering av dimensjonar, ventilinnstillingar og bestemming av leidningsruheit, sjølv om det framleis kan vera vanskeleg å skilja desse effektane frå kvarandre. Ulempene med ein slik kampanje er at det krev utstyr, tid, mannskap, og ein risikerer redusert drikkevasskvalitet grunna spyleeffekt på nettet og fare for innsug.

Sidan det i dette hovudplanarbeidet *ikkje* har vorte gjennomført ei fullverdig kalibrering og verifisering av modellane, har det vorte nytta det ein antek er konservative føresetnadar i modellane. Den vanlegaste parameteren å kalibrera for er leidningsruheita k . Plast har ifølgje *Norsk Vann Rapport 193/2012* ei teoretisk ruheit på 0,002-0,007 mm, og eldre støypejernsrøyr 0,6-1,5 mm. Same rapport tilrår likevel at det vanlegvis ikkje bør nytta ruheit lågare enn 0,5 mm i nettberekningar, sjølv om leidningsnettet er av plastrøyr. For å vera på den sikre sida, har følgjande verdiar for ruheita k vorte nytta:

- $k = 1$ mm for plastrøyr
- $k = 3$ mm for andre material

Berekning av forbruk

Graf-analyse er nytta for å generera trykksoner og forbrukssoner. Snittforbruk Q_{mid} og gjennomsnittlege forbruksmønster (gjennomsnittlege timefaktorar k for kvar klokke time kvar vekedag, og døgnfaktorar f) for sonene er berekna ut i frå tidsseriar frå vassmålarar og bassengnivå.

Somme av tidsseriane har systematiske feil som reduserer datakvaliteten. Datagrunnlaget er berre året 2022, og burde vore lenger for å få eit sikrere grunnlag. Til dømes veit me at Leikanger hadde vatningsrestriksjonar i 2022, og at regn og kaldare vår førte til lågt forbruk om sommaren i høve til 2023. Dette er ein stor mangel som må utbetrast i seinare revisjonar av modellen, og kan gi vesentlege endringar av berekna brannvasskapasitet og maksbelastning på vassbehandlinga. Ufordringar med SD-anlegg-eksport har vore vanskeleg i inneverande revisjon.

Målarar på Kaupanger og Kjørnes har òg vore ute av drift i perioden og er uteletne frå analysen, og resulterer i ei grovare soneinndeling for desse områda.

Forbruket internt sonene er fordelt på nodane ut i frå kor mange personekvivalentar (PE) som er tilknytt kvar node. Talet på PE for kvart tilknytt bygg er berekna ut i frå SSB-befolkningsdata i tillegg til omrekning av forbruk for næring og institusjonar med føresetnaden $150 \text{ l/PE} \cdot \text{døger}$. Estimeringa av PE har noko uvisse grunna studentar mm. som ikkje nødvendigvis inngår i SSB sine data.

Forbruket er òg delt inn i kategoriane «privat», «næring» og «offentleg» ut i frå kva type avtale-/gebyrtype abonnentane har.

Estimering av lekkasjegrad

Lekkasjegraden til kvar målesone har vorte vurdert samla basert på to hovudestimatarar:

- Gjennomsnittsvassforbruk om natta dei to vekedagane som har lågast forbruk i dei to månadane med lågast forbruk, trekt frå eit legitimt nattforbruk på $0,6 \text{ l/PE} \cdot \text{time}$.
- Gjennomsnittleg $\text{l/PE} \cdot \text{døger}$, der alt utover $150 \text{ l/PE} \cdot \text{døger}$ vert rekna som lekkasje.

Skjønn har vorte nytta der effektar av ikkje-synkronisert logging vassmålarar og bassengmålarar gir usannsynlege verdiar (store variasjonar, negativt forbruk mm.: gjeld spesielt vassverka i gamle Sogndal kommune). Tala er runda til næraste 5%, og må reknast som usikre. Lekkasjetala inkluderer lekkasjar på både frå kommunale og private leidningar.

I tillegg til lekkasjegrad i prosent er det rekna ut lekkasjemengd pr. km leidning (inkl. stikk á 22 m, landsgjennomsnitt). For langstrakte vassnett med relativt sett få tilknytte abonnentar og lågt forbruk, vil dette vera eit betre måltal på tettleiken til nettet.

Gjennomsnittstrykk for leidningane i kvar sone er rekna ut. Eit vassnett med høgt trykk vil, uavhengig av tilstand, gi høgare lekkasjegrad enn eit med lågt trykk.

Vassalder

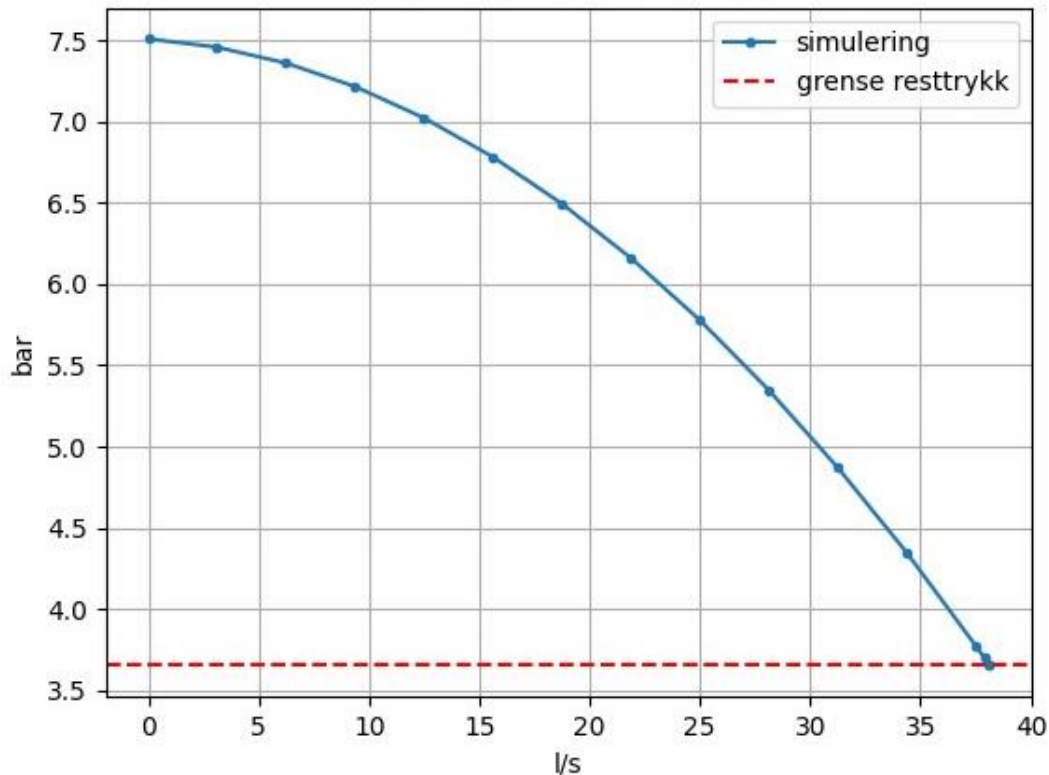
Gjennom simuleringar av vassverka over utvida tidsperiodar har gjennomsnittleg vassalder i leidningsnetta vorte berekna. Vassalderen er definert som tida vatnet brukar frå vassbehandlingsanlegget ut i eit gitt punkt i nettet. Høg vassalder kan gi kvalitetsutfordringar som høge [kimtal](#) og smak/lukt på vatnet.

Berekning av kapasitet i vassnettet

Kapasiteten i vassnettet vert berekna for kvar kum (node) i vassnettet. Det er laga ei automatisk rutine som testar uttak av ulike vassmengder i området 0 til 100 l/s frå

den aktuelle noden. Kapasitetsgrensa i vassnettet er nådd når resttrykket i nettet fell under 1 bar. Dette vilkåret er sett med omsyn til hygiene for å hindra trykklaust nett og innlekking av forureina vatn.

Plotting av samsvarande trykk og vassmengd for simuleringane dannar til saman kapasitetskurva til noden, som vist døme på i figur 1. Frå denne kan ein lesa ut kapasiteten for eit gitt trykk og omvendt.



Figur 1: Døme på kapasitetskurve. Skjeringspunktet mellom «simulering» og «grense resttrykk» er den største mengda ein kan ta ut med min. 1 bar resttrykk i nettet.

Kapasiteten vert berekna ved bruk av den største timefaktoren $k_{maks, gjennomsnittsdøgn}$ for gjennomsnittsdagen og den største døgnfaktoren $f_{maks, vassverk}$ for vassverket samla sett, altså eit vassforbruk $Q = Q_{mid} * f_{maks, vassverk} * k_{maks, gjennomsnittsdøgn}$. Merk at dette ikkje vert det same som den største timen i året, sidan gjennomsnittsdøgnet har «utjamna» timefaktorar som er nærare 1 enn om ein ser på faktiske enkeltdøgn.

Det finst ingen eintydige retningslinjer på kva forbrukssituasjon som skal leggjast til grunn ved brannsimuleringar, men *Norsk Vann Rapport 193/2012* tilrår å vanlegvis nytta maksimal timebelastning ved gjennomsnittsdøgeret ($Q = Q_{mid} * k_{maks}$), eller maksimal timesbelastning i den største forbruksveka ($Q = Q_{mid} * k_{maks, største veke}$) for vassverk med større sesongvariasjonar. Det er ulik praksis i kommunane me har kontakta i utgreinga til hovudplanen. I kva grad forbruksfaktorane som er nytta er *konservative nok* er framleis uavklart, og krev meir utgreiing. Vidare arbeid må difor finna ut kva forbrukssituasjon som skal vera dimensjonerande for brannvasskapasiteten. Sogn Brann og Redning skal involverast i prosessen.

I fleire av vassverka er det pumper på nettet som går av eller på avhengig av fyllingsgrad i bassenga. Ei pumpe som er på vil gi auka kapasitet på høgtrykkssida og redusert kapasitet på lågtrykkssida, og dette varierer over døgeret. Kombinasjonar av ulike bassengfyllingsgradar er testa, og den minst gunstige kombinasjonen for kvar node er lagt til grunn for kapasitetsberekninga.

Tapping frå brannkummar og hydrantar

Trykktapstabellar frå leverandøren Ulefos for [hydrant med to stussar](#) og [brannventil](#) er nytta i modellen for å rekna trykktap ved branntapping frå høvesvis brannhydrant og brannkum.

Sløkkevassbehov

VA-avdelinga i Sogndal kommune har i hovudplanarbeidet forsøkt å dela utbygde område i kommunen der det finst kommunale vassverk inn i kategoriane:

- «småhusbebyggelse» med preakseptert løysing min. 20 l/s, jamfør Byggteknisk forskrift (TEK17) §11-17.
- «annen bebyggelse» med preakseptert løysing min. 50 l/s fordelt på min. to uttak, jamfør Byggteknisk forskrift (TEK17) §11-17.

Inndelingane, som er framstilte i temakart brannvassdekning (vedlegg) høvesvis *utan* og *med* svart skravur, må berre sjåast på som *forslag*. Sogn Brann og Redning IKS er brannmynde i Sogndal kommune, og det ligg til dei å ta stilling til kva som er faktisk sløkkevassbehov og tilstrekkelege løysingar (bruk av tankbil mm.).

Vurdering av brannvassdekning

Med utgangspunkt i dei preaksepterte krava i TEK17 vert det nytta ein «trafikklysmoell» for framstilling av brannvassdekninga i kommunen:

- **GRØN:**
 - «småhusbebyggelse»: >20 l/s tilgjengeleg frå vassnettet, og < 75 m frå bygg til næraste brannkum/hydrant
 - «annen bebyggelse»: >50 l/s tilgjengeleg frå vassnettet fordelt på to uttak, og minst to brannkummar eller ein hydrant <50 m frå hovudangrepsveg*
- **RAUD:**
 - «småhusbebyggelse»: <20 l/s tilgjengeleg frå vassnettet, eller > 75 m frå bygg til næraste brannkum/hydrant
 - «annen bebyggelse»: <50 l/s tilgjengeleg frå vassnettet fordelt på to uttak, eller mindre enn to brannkummar eller ein hydrant <50 m frå hovudangrepsveg*

Sløkkevatnet *ut* av brannkum eller hydrant skal ha eit trykk på minst 1 bar, og opne kjelder skal ha vatn for minst 1 times tapping.

Merk at det kan vera manglande registreringar av brannkummar og hydrantar, og at dette i så fall kan gi feil vurdering av brannvassdekninga i kringliggande område.

** VA-avdelinga har ikkje oversikt over kva som er definert som hovudangrepsveg pr. bygg. Det er difor gjort ei forenkla antaking om at hydrant-/brannkum-par med maksimal innbyrdes avstand 100 m, som begge ligg innafor eit 75 meters-belte rundt bygget, stettar kravet om minst to uttak 25-50 m til hovudangrepsveg.*

RESULTAT

Følgjande temakart er lagde ved *Hovudplan Drikkevatn Sogndal kommune 2024-2032*:

- Målesoneinndeling
- Trykksoneinndeling

Grunna omsyn til sikkerheit er ikkje leidningar og kummar fjerna frå karta som vert publiserte. Brannkart er òg uteletne frå rapporten.

Kapasitetskurver for aktuelle kummar og oppdatert informasjon om forbruk vert levert ut ved førespurnad for nye reguleringsplanar og liknande.

TILLEGG

LOVVERK OG KRAV KNYTT TIL BRANNVATN

Regelverket som omhandlar vatn til brannsløkking er i hovudsak omtala i to lovverk: [Brann- og eksplosjonsvernlova](#) og [Plan- og bygningslova](#), med tilhøyrande forskrifter.

[Brann- og eksplosjonsvernlova §9](#) set krav til at kommunen skal gjennomføra ei risiko- og sårbarheitsanalyse slik at brannvesenet vert best mogleg tilpassa oppgåvene dei vert stilte overfor. Dette inneber at kommunen må kartleggja tilgjengeleg sløkkevassmengd i vassforsyningsnettet.

[Forskrift om brannførebygging §21](#) gir kommunen eit ansvar for å «sørgja for at den kommunale vassforsyninga fram til tomtegrenser i tettbygde strok er tilstrekkeleg til å dekkja brannvesenet sitt behov for sløkkevatn». Den vanlege fortolkinga av dette er at kommunen skal sjå til at tilstrekkeleg sløkkevatn er tilgjengeleg før det vert gitt byggjetillating, og at utbyggjar i utgangspunktet skal ta kostnaden for ev. utbetring. Vidare går det fram at «i bustadområde og liknande der spreifaren er liten, er det tilstrekkeleg at brannvesenet disponerer ein passande brannbil.»

I [rettleiaren til Byggteknisk forskrift \(TEK17\) §11-17 2. ledd](#) vert følgjande preaksepterte ytingar for vassforsyning skildra:

- Brannkum/hydrant må plasserast innanfor 25-50 m frå hovudangrepsveg.
- Det må vera tilstrekkeleg tal på brannkummar/hydrantar slik at alle delar av byggverket vert dekt.
- Sløkkevasskapasiteten må vera:
 - Minst 20 l/s i «småhusbebyggelse»
 - Minst 50 l/s, fordelt på minst to uttak, i «annan bebyggelse»
- Opne kjelder må ha kapasitet for minst 1 times tapping.

Det skal ikkje reknast med samstundes uttak av vatn til brannvesen og sprinklar-/automatisk sløkkeanlegg: Det største behovet vil vera førande for prosjekteringa. Sløkkevatn skal vera lett tilgjengeleg uavhengig av årstid.