

Kartlegging, dimensjoneringskontroll og sikkerhetsvurdering av Jernbaneverkets stikkrenne på Meråkerbanen

Av Stine Kvalø Nordseth og Kjetil Arne Vaskinn

Stine Kvalø Nordseth er sivilingeniør og Kjetil Arne Vaskinn er dr.ing.
Begge arbeider for SWECO Norge AS, regionskontor Trondheim

Innlegg på seminar i Vannforeningen/Norges hydrologiråd/Jernbaneverket 17. september 2008.

Sammendrag

På oppdrag fra Jernbaneverket har SWECO Norge AS siden høsten 2007 sett på om stikkrennene på Meråkerbanen vil tåle klimaendringer med økende nedbør og fare for ras. Metodikken som er benyttet består først i å vurdere reell og teoretisk kapasitet for stikkrennene, for så og foreta en sikkerhetsvurdering. Ved kartleggingen ble alle ca. 350 stikkrennene på Meråkerbanen befart, dokumentert for å finne reell kapasitet, fare for tilstopping, oppdemningsvolum etc. For å finne teoretisk kapasitet må først tilløpsflom beregnes, før kapasitetsberegning gjennomføres. Beregning av tilløpsflommer med 50, 200 og 1000 års gjentakintervall ble basert

på både den rasjonelle formel og skalerte avløpsobservasjoner. For beregning av kapasitet ble beregningsprogrammene HEC-RAS og HY-8 benyttet. Foreløpige konklusjoner er at den teoretiske kapasiteten, basert på de originale stikkrennene, tar unna flommene. Mens den reelle kapasiteten på mange stikkrenner er redusert. Da prosjektet pr. dags dato fremdeles pågår, vil hovedkonklusjonene først komme i 2009.

Innledning

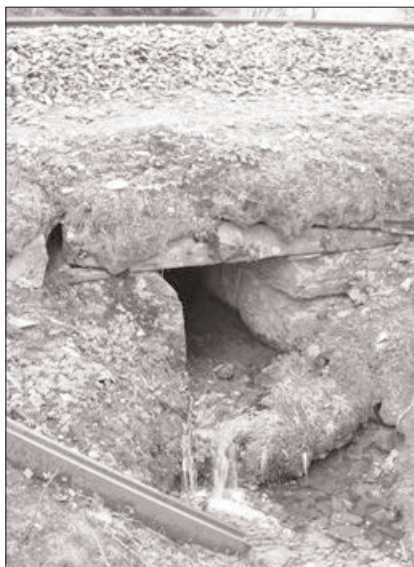
Antallet alvorlige vannrelaterte episoder har økt for jernbanen de siste årene. Rasutvalget i Jernbaneverket har satt fokus på hvordan jernbanen påvirkes av klimaendringer. Ett av aspektene innen temaet er flomskred og hvordan jernbanens stikkrenner vil tåle "et våtere og villere" klima. Sweco Norge AS avdeling Trondheim

har siden høsten 2007 sett nærmere på stikkrennene på Meråkerbanen. Oppdraget fra Jernbaneverket har som mål å kartlegge alle stikkrennene, kontrollere dimensjoneringen og tilslutt å gjennomføre en sikkerhetsvurdering.

Arbeidet har blitt gjennomført etter en metodikk hvor man ser på reell kapasitet og teoretisk kapasitet. Ved å legge begge typene kapasitet til grunn, kan man gjennomføre en sikkerhetsvurdering.

Meråkerbanen

Dette prosjektet tar for seg Meråkerbanen fra Hell (km 31,54) til Riksgrensen (km 102, 23). Jernbane-forbindelsen fra Trondheim, igjennom Meråker i Nord-Trøndelag, til Østersund i Sverige ble åpnet i 1882 av Kong Oscar den 2. På den 70 km



Figur 1. Utløpet av tørrmurt, original stikkrenne ved Kopperå på Meråkerbanen.

lange strekningen ligger omtrent 350 stikkrenner. De fleste er originale, tørrmurte stikkrenner av meget solid håndverk, se Figur 1. Mens noen av stikkrennene er rehabilitert i senere år.

Ved byggingen av Meråkerbanen på 1800-tallet ble det anlagt stikkrenne ved hvert lavbrekk i terrenget. Standarddimensjonen var 0,60 x 0,60 meter tørrmurt, som figur 1 viser, mens ved store bekker ble dimensjonen satt opp og/eller det ble lagt flere løp. Over 50 % av stikkrennene har nedbørsfelt med areal mindre enn 0,1 km², og 15 % av stikkrennenes nedbørsfelt er større enn 0,3 km².

Reell kapasitet

For å finne den reelle kapasiteten til Meråkerbanens stikkrenner ble hele strekningen befart. Befaringen ble gjennomført til fots, både på grunn av praktiske årsaker, men også for å se etter potensielle nye steder hvor det burde ha ligget stikkrenner. Med på befaringen var en erfaren sikkerhetsmann fra Jernbaneverket som bidro med lokalkunnskap.

Hver stikkrenne ble dokumentert med skjema og bilder. Det ble fokusert på stedlige masser, synlig massetransport og sedimenteringerosjon for hver stikkrenne. Ti stikkrenner ble plukket ut som representative og målt opp.

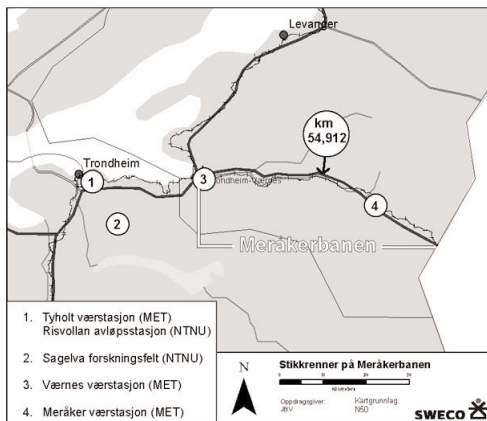
Teoretisk kapasitet

Å finne den teoretiske kapasiteten til ei stikkrenne gjøres ved å finne tilløpsflommen for så å beregne den teoretiske kapasiteten. Beregning av tilløpsflom baseres på to metoder;

nedbørsobservasjoner og den rasjonelle formel, og avløpsobservasjoner via flomfrekvensanalyse og skalering. Det er valgt å konsentrere seg om tilløpsflommer med 50, 200 og 1000 års gjentaksintervall. Når beregning av tilløpsflom skal benyttes til dimensjonsberegninger, er det kulminasjonsverdien eller flomtoppen som er av størst interesse. Beregning av tilløpsflom for små felt fordrer derfor gode historiske målerier med fin tidoppløsning. Å finne måleserier med kort tidsoppløsning for nedbør- og avløp som er representative for Meråkerbanen er en utfordring.

Figur 1 viser måleseriene som er valgt ut til å benyttes i prosjektet.

Til kapasitetsberegning benyttes beregningsprogrammene HEC-RAS og HY-8. Inputdata til programmene er, i tillegg til tilløpsflommene, gamle prinsipielle arbeidstegninger av tørrmurte stikkrenner (JBV arkiv) og

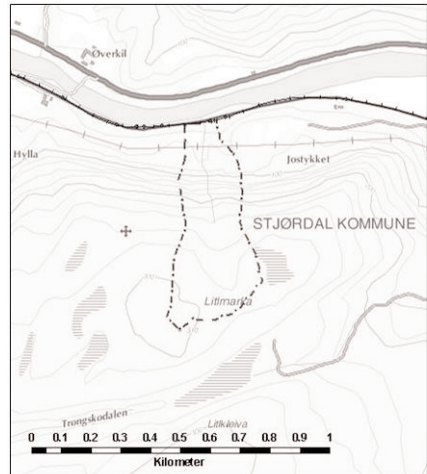


Figur 2. Måleserier benyttet til flomberegning for stikkrennene på Meråkerbanen

oppmålingene av de representative stikkrennene.

Km 54,912 – et eksempel

For å eksemplifisere metodikken, blir her stikkrenne med navn "km 54,912" beregnet. Km 54,912 ligger midt mellom Hell og Riksgrensen ved Flornes. Faktaark og kart over stikkrenna er gitt i Figur 3 og Tabell 1.



Figur 3. Kart over stikkrenne km 54,912 med tilhørende nedbørsfelt.

Areal, nedbørsfelt	0,14 km ²
Lengde, nedbørsfelt	710 meter
Høydeforskjell, nedbørsfelt	275 meter
Konsentrasjonstid	25 minutter
Innløpskontroll	
Type	Tørrmurt
Dimensjon, bredde x høyde	0,6 x 0,9 m
Avrenningsfaktor, C	0,6

Tabell 1. Faktaark km 54,912

Stikkrenne	Nedbørsintensitet					
	Valgt stasjon	P50	P200	P1000		
[km]		[mm/time]	[mm/time]	[mm/time]		
54.912	Hell	25	32	45		
	Meråker	25	30	40		
	Tilløpsflom, den rasjonelle formel					
	Q50		Q200		Q1000	
	[m ³ /s]	[l/s*km ²]	[m ³ /s]	[l/s*km ²]	[m ³ /s]	[l/s*km ²]
	0.60	4200	0.75	5400	1.05	7500
0.60	4200	0.70	5000	0.90	6800	

Tabell 2. Beregning av tilløpsflom for km 54,912.

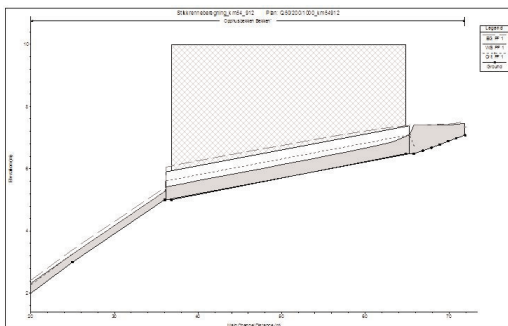
Teoretisk kapasitet

Den teoretiske kapasiteten er for dette eksemplet beregnet med den rasjonelle formel hvor Meteorologisk institutts sine målerier for Hell og Meråker er benyttet. Tilløpsflommene er beregnet i Tabell 3.

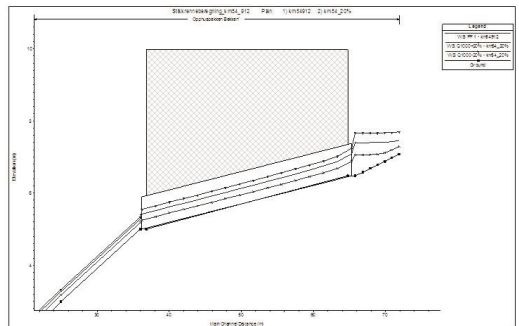
Den teoretiske kapasiteten til km 54,912 er så beregnet med HEC-RAS. Resultatet for tilløpsflommen med gjentaksintervall 1000 år er gitt i Figur 4.

Fra beregningene over ser man at den teoretiske kapasiteten for km 54,912 tar unna en flom med gjentaksintervall 1000 år. Beregningene viser minimalt med oppstuvning av vann på oppstrøms side og underkritisk strømning rett oppstrøms stikkrenna. Vannet går som frispelstrømning igjennom stikkrenna i overkritisk strømning.

Usikkerhetene i beregningene tilfaller i hovedsak beregningene av



Figur 4. Kapasitetsberegning for km 54,912 og Q1000.



Figur 5. Beregning av usikkerheter: Q1000 +20%, Q1000 og Q1000 -20% for km 54,912.



Figur 6. Innløp og utløp til km 54,912 pr. mai 2008.

tilløpsflommene. For å få et bilde av usikkerhetene, ble kapasiteten med tilløpsflommer med +/- 20 % vannføring beregnet. Beregningene viste at Q1000 - 20 % går igjennom stikkrenna uten oppstuvning. Q1000 + 20 % gir en oppstuvning på oppstrøms side på 0,3 meter og gir dykket innløp. Vannet går i alle beregningene i frispelstrømning igjennom stikkrenna. Figur 5 viser de tre situasjonene for Q1000.

Reell kapasitet

Den reelle tilstanden til km 54,912 ved befaring i mai 2008 var som vist i Figur 6.

Innløpet til km 54,912, til venstre i Figur 6, er blitt sedimentert igjen slik at åpningen er halvert i forhold til den originale tilstanden. Utløpet sees til høyre i Figur 6. Erosjonsskader kan sees under bunnplaten til utløpet. Dette kan både skyldes vannet som kommer igjennom stikkrenna og/eller utvasking fra Stjørdalselva som går like nedstrøms stikkrenneutløpet.

Med halvert innløpsareal viser beregningene for Q50, Q200 og Q1000 at stikkrenne km 54,912 får en oppstuvning på oppstrøms side på henholdsvis 0,2, 0,4 og 0,7 meter. Stikkrenna går full ved alle flomvannføringene.

Oppsummering

De beregnede flommene passerer igjennom den originale/teoretiske stikkrenna km 54,912 uten problemer. Ved alle de beregnede flommene går vannet som frispeilstrømning igjennom stikkrenna. Stikkrenna har dermed større teoretisk kapasitet enn Q1000.

Den reelle kapasiteten til stikkrenne km 54,912 er ikke like god som den teoretiske. Flommene passerer igjennom stikkrenna, men det oppstår oppstuvning på oppstrøms side og det finnes ingen ekstra kapasitet i form av frispeilstrømning i stikkrenna.

Tiltak for stikkrenne km 54,912 vil være rehabilitering i form av

oppstrøms rensk og stabilisering av bunnplaten i utløpet. Videre vil tiltak på oppstrøms side kunne bedre stikkrennas kapasitet; hydraulisk utforming av innløp ville kunne akselerere vannet slik at oppstuvning kan unngås/bli redusert, og sedimenteringsbasseng for å ta unna suspendert materiale, bunntransport og drivgods.

Da prosjektet pågår til ut i 2009 er det pr. september 2008 ikke dratt noen hovedkonklusjoner. Det som kan poengteres er at den største usikkerhetsfaktoren i prosjektet er beregning av tilløpsflom. Jo bedre måleserier man har, jo mer kan usikkerheten reduseres.