

PM Analys av avrinning vid raserade järnvägsbankar – Slutversion

Upprättad av: Sweco Sverige AB

Uppdragsnummer: 30096067

Uppdrag: Kartläggning av avrinning vid järnvägsras

Kund: Arbio Aktiebolag

Uppdragsledare: Anna Risberg

Inledning

Den 6-7 september 2025 inträffade ett kraftigt skyfall i området väster om Kramfors och Örnsköldsvik. Skyfallet ledde bland annat till att järnvägsbankar raserades i två områden och att två tågurspårningar inträffade på Stambanan i höjd med Stugusjön och Lännäs, samt Ådalsbanan, Långselesträckan, i höjd med Prästmon. Sweco har fått i uppdrag av Skogsindustrierna att analysera tänkbara orsaker till att olyckorna inträffade.

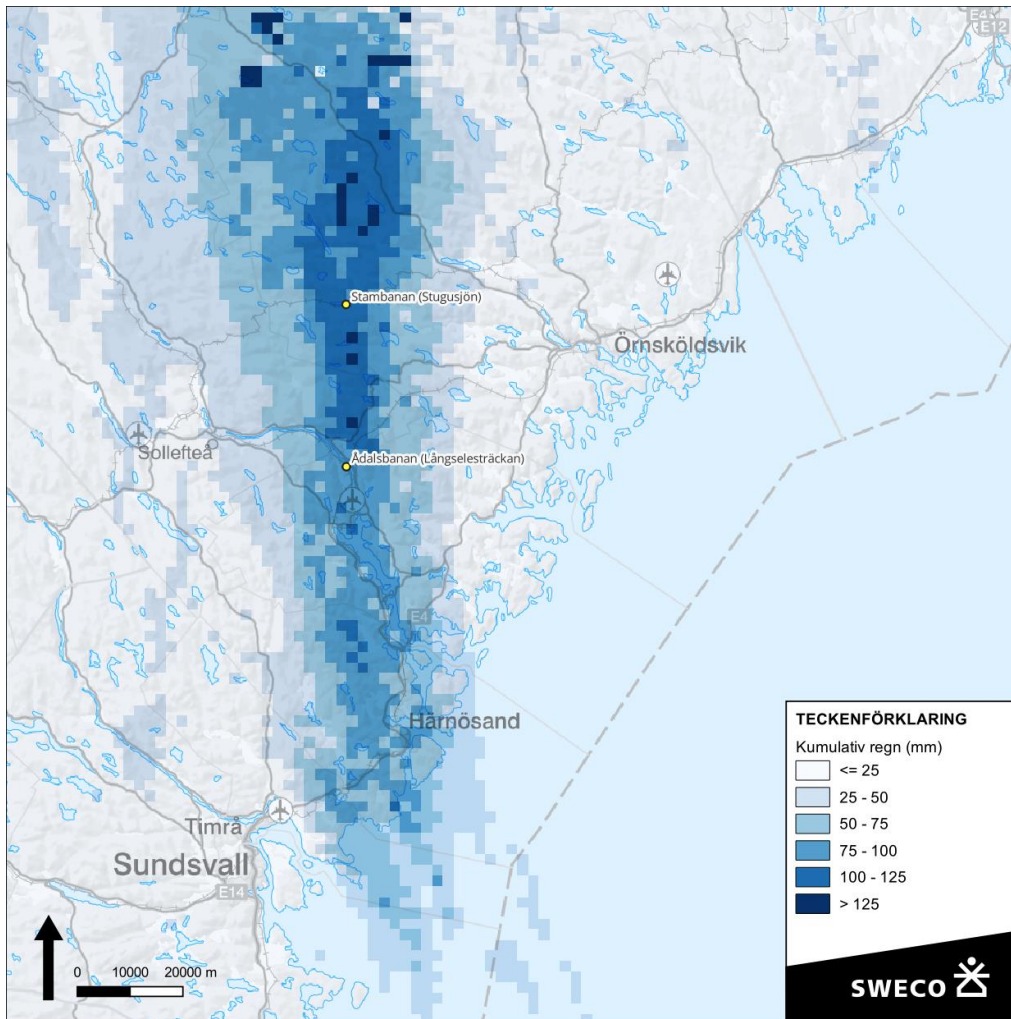
Analys av aktuellt nederbördstillfälle

SMHI övervakar nederbörd med sitt nationella väderradarnät, vars data kan laddas ner och användas för olika analyser. Radardatan har en rumslig upplösning på cirka 2 km och ger därmed en god överblick över nederbördens utbredning och intensitet i tid och rum. Samtidigt finns kända begränsningar: enligt Schleiss et al. (2020)¹ tenderar radaruppskattad nederbörd att underskattas med omkring 40 %, och dessutom kan vissa felaktigheter uppstå till följd av topografi, strålskuggning och andra störningar. I detta avsnitt används radardata för att visa hur regnet var lokalt koncentrerat samt för att ge en uppskattning av lokala återkomsttider.

Figur 1 visar den kumulativa nederbörden under 48 timmar den 6–7 september 2025. Regnet uppvisar stark rumslig variation med en mycket smal zon av höga intensiteter: området med över 75 mm är endast cirka 14 km brett. Stora skillnader i uppmätt mängd uppstår på korta avstånd. Inom detta band förekommer lokala toppar över 130 mm. SMHI har rapporterat dygnsnederbörd på 123,5 mm vid en nederbördsstation i Kramfors (cirka 20 km söder om Ådalsbanan, Långselesträckan) samt ett radarmätt maximum på 131 mm nära Kubbe (cirka 20 km norr om Stambanan).²

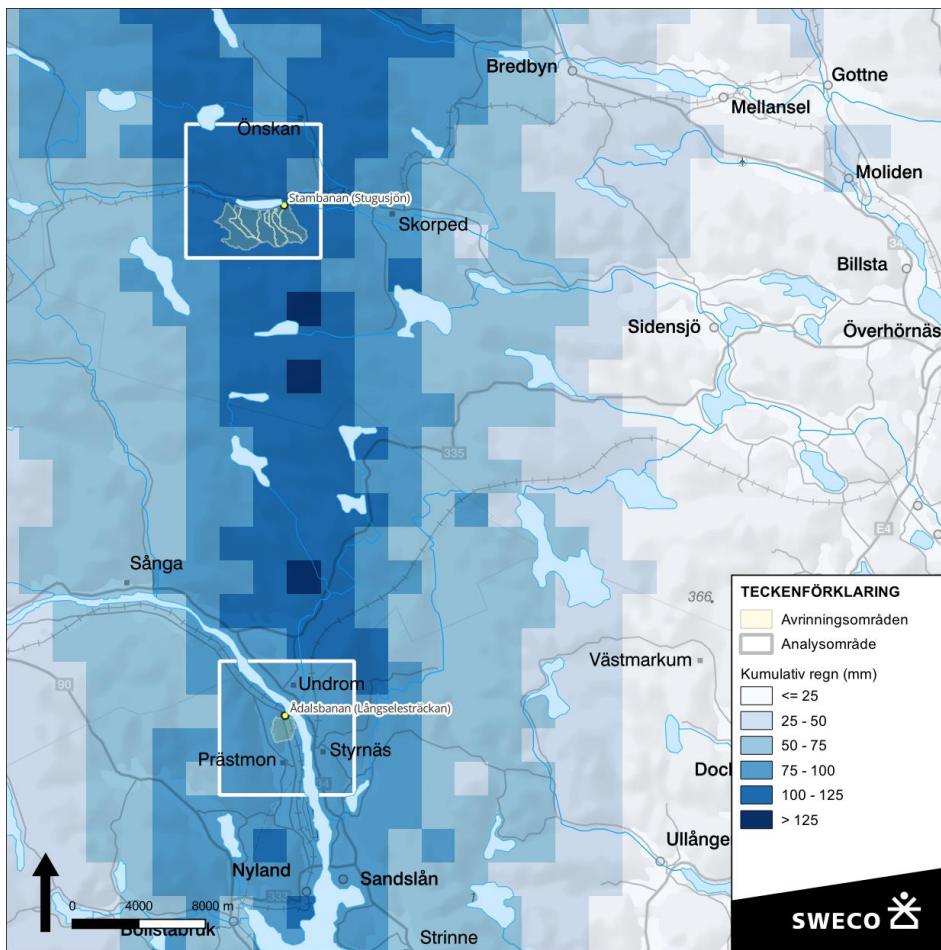
¹ Schleiss, M, et al. The accuracy of weather radar in heavy rain: a comparative study for Denmark, the Netherlands, Finland and Sweden, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 24, 3157–3188, <https://doi.org/10.5194/hess-24-3157-2020>, 2020.

² <https://www.smhi.se/blogg/blogg/2025-09-16-ett-av-de-kraftigaste-septemberregnen-i-sverige>



Figur 1. Kumulativ nederbörd (mm) under 48 timmar den 6–7 september 2025.

För att belysa nederbörden längs Stambanan och Ådalsbanan har två analysområden om 8 x 8 km studerats (Figur 2). Nederbörden har beräknats som områdesmedel inom respektive ruta. Valet att använda analysområden av större storlek än avrinningsområdena för de enskilda utloppen under järnvägen syftar till att hantera osäkerheter i radardatan.

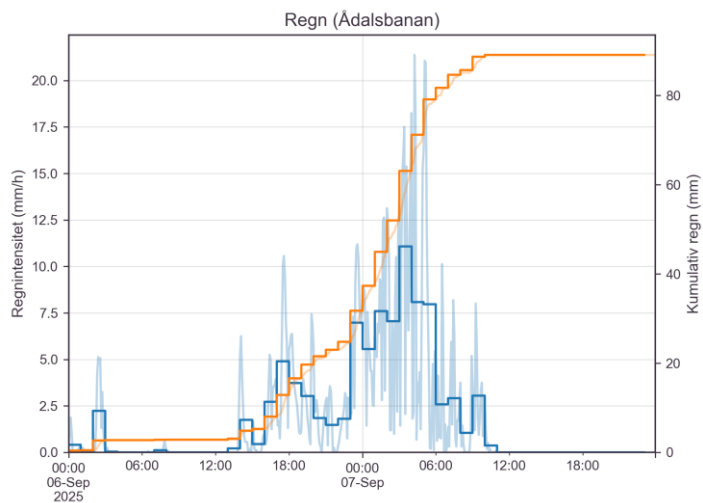


Figur 2. Analysområden (8 x 8 km) vid trummorna till Stambanan och Ådalsbanan.

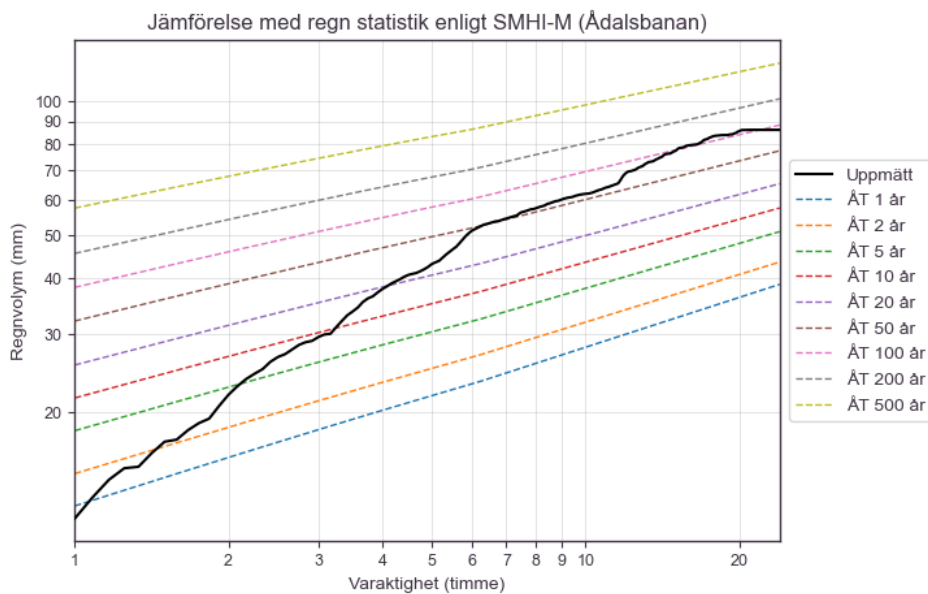
I Figur 3 visas nederbörden i analysområdet Ådalsbanan. Regnet börjar omkring kl. 13 på lördagen och fortsätter till cirka kl. 11 på söndagen, med den största delen av nederbörden under natten mellan kl. 23.00 och 06.00. Genom att analysera regn för olika varaktigheter kan den mest intensiva perioden identifieras för respektive varaktighet, och denna jämförs med SMHI:s regnstatistik.³ SMHI har delat upp Sverige i olika regioner med olika skyfallsstatistik och de drabbade områdena ligger inom mellersta Sverige (region M). Gränsen till norra Sverige (region N) ligger dock endast 60 km norr om Stugusjön. Eftersom skyfallsstatistiken visar lägre värden för region N, skulle en jämförelse av skyfallshändelsen med denna skyfallsstatistik ha resulterat i längre återkomsttider.

Resultaten i Figur 4 visar att situationen inte var extrem för korta varaktigheter, men att återkomsttiderna överstiger 50 år för varaktigheter längre än 6 timmar.

³ SMHI (2017) Extremregn i nuvarande och framtida klimat

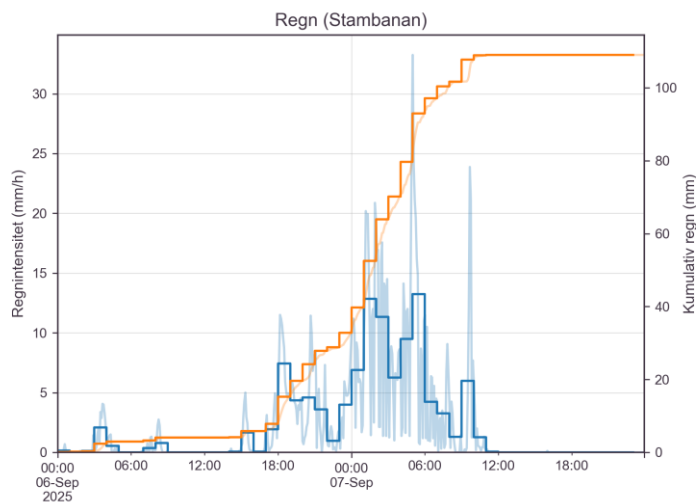


Figur 3. Nederbörd i analysområdet Ådalsbanan. Intensitet visas per 5-minutersintervall (ljusblå) och per timme (mörkblå). Kumulativ nederbörd visas i orange.

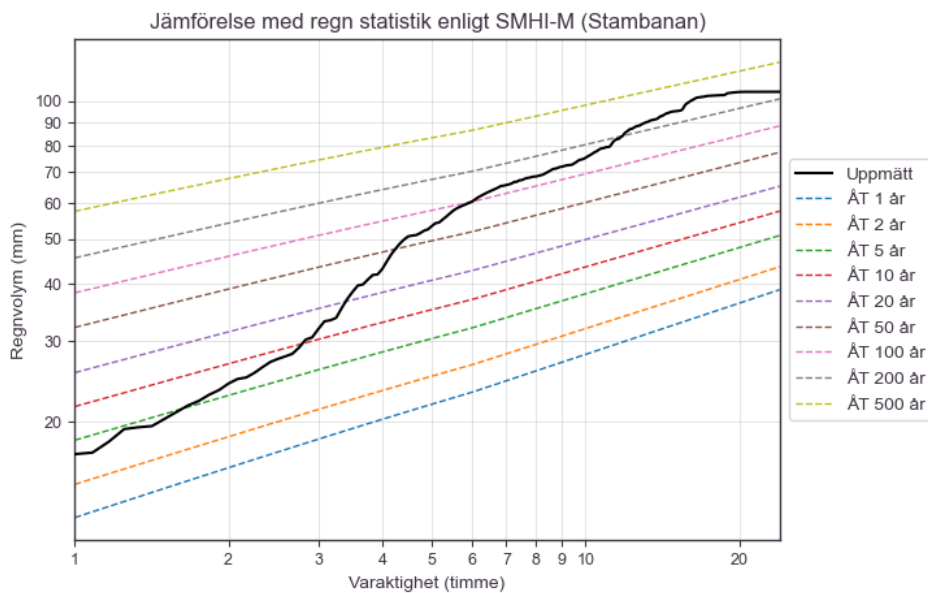


Figur 4. Varaktighet–regnvolymdiagram för nederbörden i analysområdet Ådalsbanan. Radaruppmätt nederbörd jämförs med återkomsttider enligt SMHI (2017), region M. SMHI:s statistik har begränsad tillämplighet och har extrapolerats för återkomsttider över 200 år samt varaktigheter längre än 12 timmar.

Figur 5 visar nederbörden i analysområdet Stambanan vid Lännäs. Regnet följer samma mönster som vid Ådalsbanan, men är mer intensivt och varar längre. Jämförelser av varaktighet och regnmängd mot SMHI:s statistik (Figur 6) visar att redan för korta perioder på 1–3 timmar hade regnet en återkomsttid på cirka 5 år. För varaktigheter över 6 timmar går återkomsttiden upp till omkring 100 år, och för 12 timmar till cirka 200 år.



Figur 5. Nederbörd i analysområdet Stambanan. Intensitet visas per 5-minutersintervall (ljusblå) och per timme (mörkblå). Kumulativ nederbörd visas i orange.



Figur 6. Varaktighet-regnvolymdiagram för nederbörden i analysområdet Stambanan. Radaruppmätt nederbörd jämförs med återkomsttider enligt SMHI (2017), region M. SMHI:s statistik har begränsad tillämplighet och har extrapolerats för återkomsttider över 200 år samt varaktigheter längre än 12 timmar.

Generellt om dimensionering av avvattningslösningar

I dagens samhällsplanering utgör dimensionering av dagvattenlösningar och avvattningslösningar för infrastruktur en viktig fråga då det får kostsamma konsekvenser när det fallerar. Ett utlopp vars uppgift är att avleda vatten från känslig infrastruktur planeras i detalj och moderna hjälpmedel gör att man med hög precision kan få till rätt dimensionering.

Arbetsgången är, något förenklat beskrivet, att man utgår från ett tänkt skyfallstillfälle med en teoretisk återkomsttid som man bestämt att utloppet skall klara. Återkomsttiden är ett mått på den statistiska sannolikheten att ett oväder av en viss styrka skall inträffa. Ett 10-årsregn har exempelvis en årlig sannolikhet på 1/10, det vill säga sannolikheten att det inträffar är 10% varje år. Därefter används en topografisk höjdmödel för att bestämma avrinningsområdet - det område inom vilket nederbörden avvattnas till trumman. Därtill analyseras markanvändningen inom avrinningsområdet och det är möjligt att dra slutsatser om hur stor andel av nederbörden som kommer infiltrera till grundvattnet, tas upp av växtlighet eller återgå till atmosfären via avdunstning. Den resterande delen blir det avrinningsflöde som utloppet dimensioneras efter. Kunskapen om stora nederbördstillfällen, dess återkomsttider och vilka vattenflöden som kan förväntas, har utvecklats mycket sedan 1900-talets början. Det bör också tilläggas att Trafikverket idag har specifika krav för hur avvattningssystem för vägar och järnvägar ska utformas baserat på olika förutsättningar i omgivningen.

Analys av tänkbara orsaker till ras av järnvägsbankar

Stambanan vid Stugusjön, Lännäs

Den 63 mil långa Stambanan, med en sträckning från jämtländska Bräcke till Luleå, byggdes i slutet av 1800-talet. Olyckan skedde i Örnsköldsviks kommun vid en plats där stambanan passerar utmed den södra strandlinjen av Stugusjön, en sjö i Nätraåns huvudavrinningsområde nära Lännäs (Figur 7).

Utmed hela sträckningen längsmed Stugusjön ligger banvallen direkt nedanför skogsterräng som i ett 1–1,5 km brett stråk utmed sjön, sluttar ned mot banvallen med lutningar mellan 5-15 % och fallhöjder på upp till 200 meter.



Figur 7. Stambanans sträckning längsmed Stugusjöns södra strandlinje.

Vid olyckstillfället kollapsade banvallen till följd av avrinningen från det kraftigt skyfall som forsade ner för sluttningen mot banvallen.

Längs hela stambanans drygt 3 km långa stäckning utmed Stugusjön finns ett 20-tal trummor och kulvertar som avser leda dagvatten från den högre terrängen i söder, under banvallen till Stugusjön. Banvallen brast intill en av dessa trummor, markerad i Figur 8 nedan. Samtliga trummor under banvallen

närmast olycksplatsen är enligt Trafikverkets databas BATMAN⁴ anlagda år 1900.

2025-10-15

Uppdragsnummer: 30096067

Uppdrag: Kartläggning av avrinning vid järnvägsras

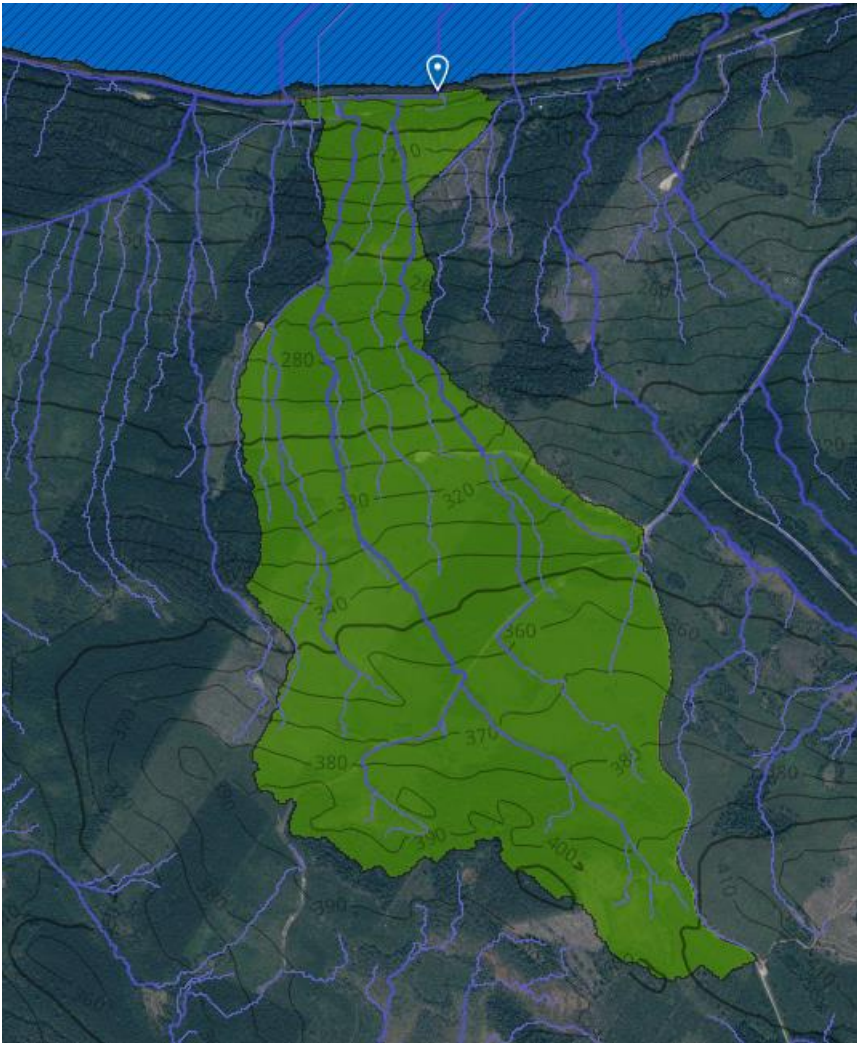


Figur 8. Trummor under stambanan vid Stugusjön, hämtat från Trafikverkets databas BATMAN.

Som framgår av nederbördsanalysen beskriven ovan var nederbörden som föll över området kring Stugusjön i storleksordningen ett 200-årsregn. Statistiskt sett är det sannolikt att detta är det kraftigaste skyfall som drabbat området sedan stambanan byggdes i slutet av 1800-talet. Ovädret startade på eftermiddagen den 6 september 2025 och varade i knappt ett dygn. Under de tidiga morgontimmarna den 7e september, strax innan olyckan inträffade, uppmättes den högsta regnintensiteten med en kortvarig topp över 30 mm regn per timme. Ovädret hade pågått i närmare ett dygn när olyckan inträffade och cirka 100 mm regn hade då redan fallit över området.

Figur 9 nedan visar ett avrinningsområde som framtagits via topografisk analys i det hydrologiska verktyget Scalgo. Analysen bygger på en noggrann laserskannad höjdmodell och visar hur vatten flödar genom terrängen i samband med stora nederbörds mängder. Genom att markera en punkt i terrängen analyseras det område inom vilket all ytavrinning strömmar till den markerade punkten. Vid denna topografiska analys har platsen för trumman vid olycksplatsen markerats. Enligt analysen leds alltså avrinningen från hela det grönmarkerade området på 1,42 km² till trumman där banvallen brast.

⁴ [BATMAN Extern Portal](#) Data hämtat 2025-10-03

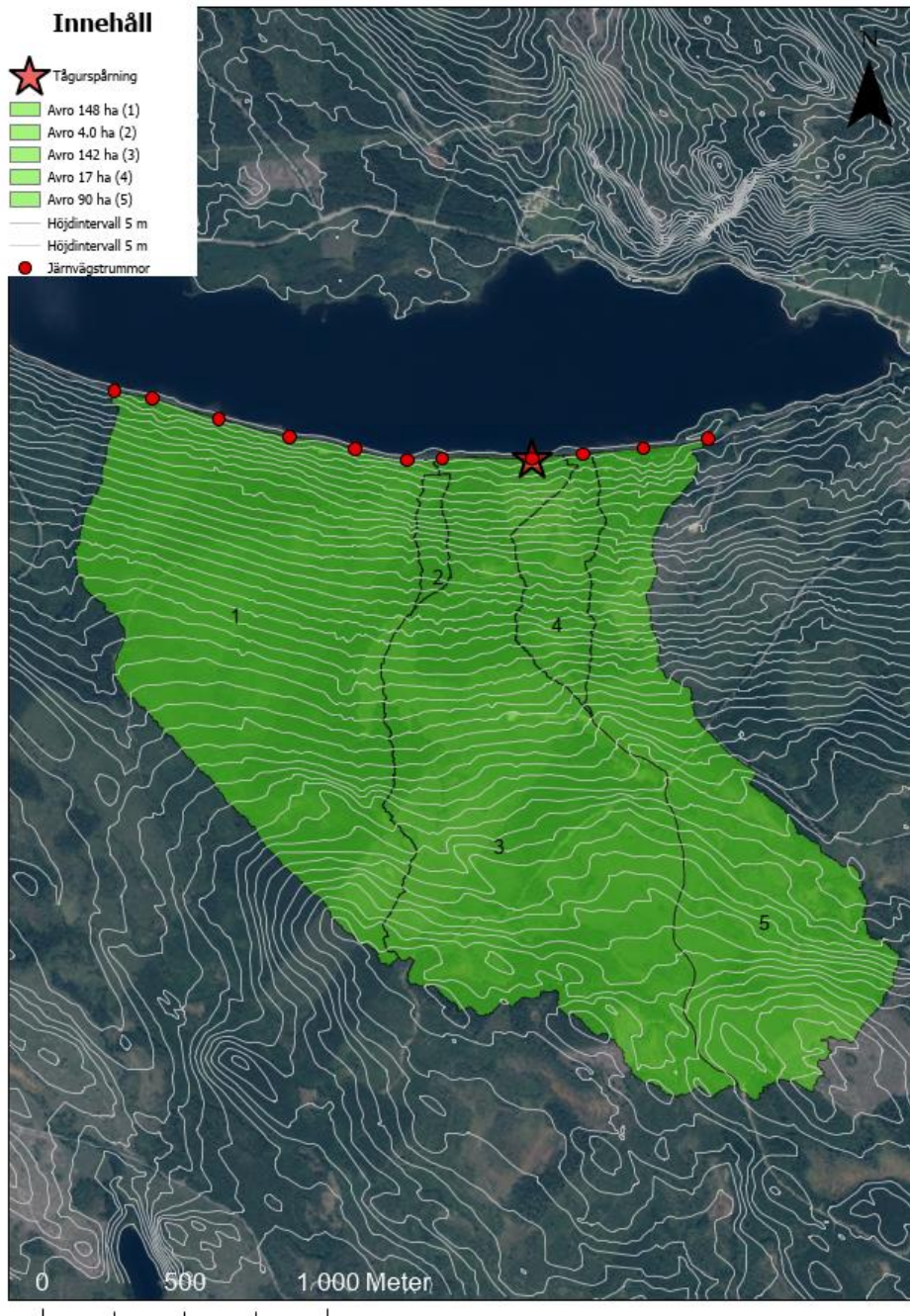


Figur 9. Avrinningsområde (markerat med grönt) och rinnvägar (blåa linjer) uppströms trumman vid olyckplatsen.

En motsvarande topografisk analys för närområdet längs järnvägssträckan vid olycksplatsen ger att fem angränsande avrinningsområden kan identifieras. Utbredningen för respektive avrinningsområde har relaterats till placeringen av trummorna som leder vatten under banvallen, markerade med blå ringar i Figur 10.

Av Figur 10 framgår vidare att för det 1,48 km² stora avrinningsområdet längst i väster (nummer 1) så finns det åtminstone fem trummor som kan ta hand om vattnet. Rakt norr om ett litet avrinningsområde, (nummer 2), finns en trumma som sannolikt tar hand om vattnet därifrån. Öster om olyckplatsen finns en trumma som enligt analysen tar hand om vattnet från det till ytan relativt begränsade avrinningsområde 4. Ytterligare 1-2 trummor tar hand om vattnet från det 0,9 km² stora avrinningsområdet längst österut (5).

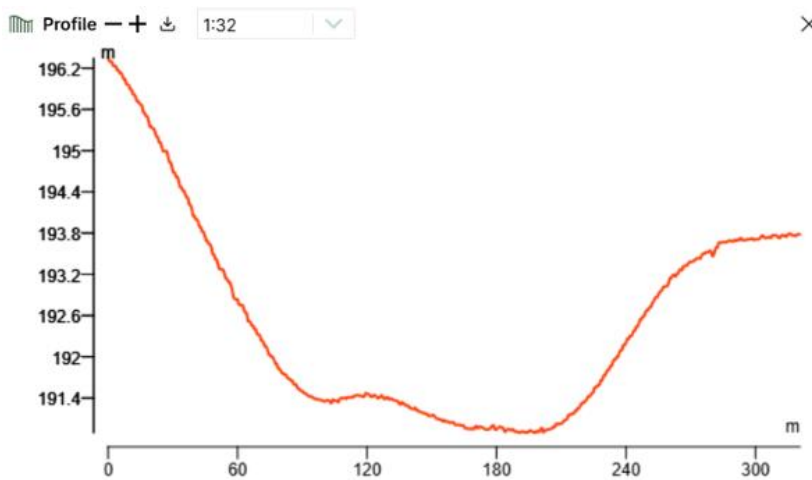
Enligt denna topografiska analys är det sannolikt att trumman vid olycksplatsen belastades med hela avrinningen från det 1,42 km² stora avrinningsområde 3.



Figur 10. Avrinningsområden samt trummor under järnvägen närmast olycksplatsen vid Stugusjön.

Figur 11 visar ett urklipp från en digital höjdmodell från området invid olycksplatsen. Av figuren framgår att det finns en lågpunkt i terrängen precis invid banvallen där urspårningen skedde. Grafen i figuren visar också en 320 meter lång höjdprofil av den skogsbilväg som löper parallellt med stambanan. Vägen går genom en mycket väl definierad svacka i terrängen precis invid olycksplatsen. Vid olyckstillfället forsade stora mängder vatten ner mot banvallen från den höga terrängen i söder, potentiellt från ett område så stort som 1,42 km² som ovan beskrivet. Trumman under banvallen vid olycksplatsen byggdes år 1900 med dimensionen 0,8 m bred och 0,6 m hög. Trummans skick, lutning och övriga egenskaper är okända men under gynnsamma förhållanden

kan en sådan trumma avbörda upp till cirka 0,5 m³/s innan det börjar dämna uppströms. Trumman kan släppa igenom ett större flöde innan banvallen överströmmas. En översiktlig beräkning visar att banvallen i det aktuella området skulle överströmmas vid ett flöde på ca 1,5-2 m³/s, även om trumman hade full kapacitet, det vill säga inte var igensatt av sediment eller exempelvis grenar och kvistar.



Figur 11. Topografin invid olycksplatsen (markerad med stjärna). Grafen överst visar höjdprofilen på skogsbilvägen som löper parallellt med järnvägen.

Beräknat flöde från avrinningsområde 3 för händelsen från 6–7 september 2025.

Med goda kunskaper om vilka förhållandena som råder inom ett avrinningsområde går det beräkna storleken på den flödestopp som uppstår vid dess utlopp (där avrinningen strömmar ut ur avrinningsområdet) givet storleken på nederbördstillfället. Om utloppets hydrauliska kapacitet inte klarar att flödestoppen uppstår det dämning, då vattennivåer stiger samtidigt som potentiellt stora mängder vatten ansamlas. Vissa konstruktioner klarar att dämning uppstår uppströms utan att det påverkar stabilitet eller funktion.

I Trafikverkets krav för dimensionering och utformning av avvattningsystem för

väg och järnväg⁵, kapitel 11, *Vatten från omgivningen*, framgår att den så kallade rationella metoden skall användas för beräkning av flöde när avrinningsområdets genomsnittliga lutning överstiger 4 % (kapitel 11.2.3 och 11.2.4). Den genomsnittliga lutningen inom avrinningsområde 3 är cirka 8 %. Lutningsprofilen i området är sådan att det är relativt plant längst upp i avrinningsområdet för att sedan slutta allt brantare ned mot Stugusjön där lutningen uppgår till cirka 15 % i terrängavsnittet närmast ovanför banvallen.

Den rationella metoden beskrivs i Svenskt Vattens publikation P110⁶. Avrinningsflödet beräknas enligt:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.6}$$

Där:

- Q : avrinningsflödet (m³/s).
- C : avrinningskoefficient (-).
- i : nederbördsintensitet (mm/h).
- A : avrinningsområdets storlek (km²).

Metodens princip är att använda en nederbördsintensitet som definieras över en varaktighet motsvarande avrinningsområdets koncentrationstid.

Avrinningsområdets koncentrationstid kan beskrivas som den tid det tar för regnvatten att rinna från områdets mest avlägsna punkt ner till utloppet. Under antagandet att regnintensiteten och att den andel av nederbörden som avrinner på ytan (avrinningskoefficient) är konstanta, så uppstår flödestoppen vid avrinningsområdets utlopp när regnet pågått lika länge som koncentrationstiden.

Koncentrationstiden för området bedöms vara i storleksordningen 30 minuter till 1 h utifrån avrinningsområdets storlek, längden för den längsta rinnvägen samt terränglutningen. Den största nederbördsintensiteter under aktuellt regn på varaktigheter motsvarande koncentrationstider varierar mellan ca 13,5 mm/h (koncentrationstid 1h) och ca 30 mm/h (koncentrationstid 30 min) utifrån genomförd nederbördsanalys (Figur 5 och Figur 6).

När ett regn med intensiteten 13,5 mm/timme faller över avrinningsområde 3 så innebär detta att cirka 5,3 m³ vatten faller över området varje sekund. Uppskattning av avrinningskoefficienten, som motsvarar den andel av nederbörden som avrinner på ytan och inte infiltreras, är ett viktigt moment vid tillämpning av den rationella metoden. Avrinningskoefficientens storlek beror på ett flertal faktorer, bland annat markens mätnadsgrad, markanvändningen, terränglutningen och nederbördsintensiteten.

Vid ett mindre nederbördstillfälle över ett plant skogsområde är det rimligt att anta att en mycket liten andel av den totala nederbörden rinner av på ytan via vattendrag. Detta innebär alltså att det mesta av nederbörden tas upp av marken och växligheten eller ansamlas i lokala lågpunkter för att senare avdunsta eller infiltrera ner i marken. Markens förmåga att ta emot och lagra nederbörd är dock inte konstant utan påverkas av hur mycket nederbörd som kommer. Fenomenet illustreras i Figur 12 nedan. I exemplet i figuren ser vi att när 10 mm regn fallit över ett terrängavsnitt med lutningen 2% så avrinner

⁵ Trafikverket, 2014. TRVINFRA00231, Avvattning – Dimensionering och utformning.

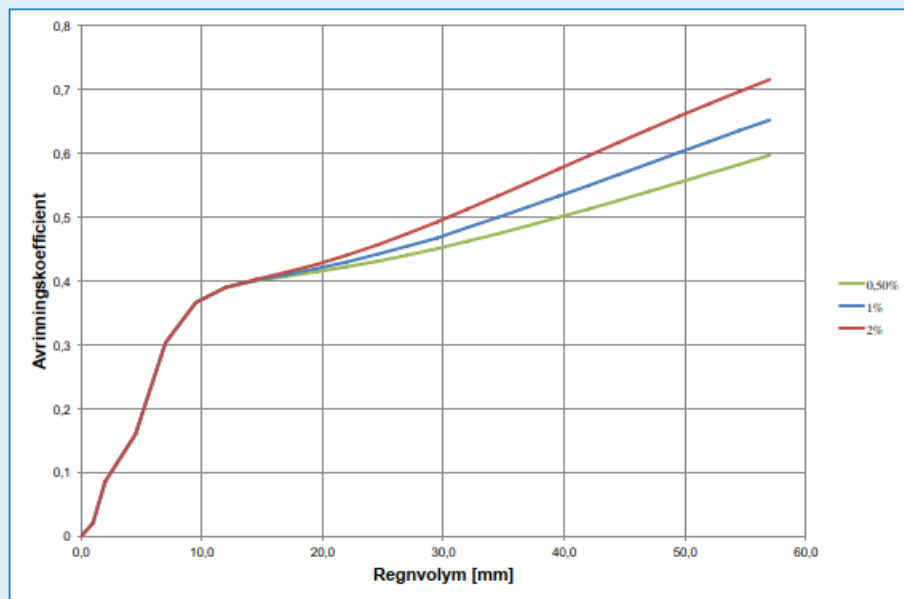
⁶ Svenskt Vatten, 2016. *Avledning av dag-, drän- och spillvatten Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem.*

mindre än 40% av nederbörden, men när 50 mm regn fallit över samma område så rinner närmare 65 % av nederbörden av. Av figuren framgår också att lutningen inte har någon inverkan vid relativt små nederbördsmängder men får en ökande betydelse ju mer regn som marken i området har tagit emot. Det uppstår alltså en mättnad i markens förmåga att ta emot och hålla vatten vid intensiv och långvarig nederbörd.

Exemplet i Figur 12, som illustrerar hur allt större andel av nederbörden blir till avrinning med ökande nederbördsmängder och brantare lutningar kan jämföras med avrinningsområde 3 som vid olyckstillfället fått ta emot totalt 100 mm regn på kort tid och där den genomsnittliga lutningen är 8 %. Analys av nederbördssekvensen visar att nederbördsmängden som föll fram till händelsens mest intensiva period uppgår till ca 40 mm (Figur 5). Det är dock svårt att bedöma hur stor andel av den nederbörd som föll över avrinningsområdet timmarna innan olyckan inträffade som stannade kvar i marken där den föll och inte forsade vidare ner mot banvallen. Naturmark såsom skogsterräng har under normala förhållanden mycket god förmåga att ta emot nederbörd. Men vid extrema nederbördsmängder mättas även naturmarkens förmåga att hålla vatten, i synnerhet om marken lutar brant. Det är rimligt att anta att från midnatt och framåt under morgonen den 7 september då olyckan skedde, hade skogsterrängen i avrinningsområde 3 redan blivit vattenmättad och markens förmåga att ta emot den ytterligare nederbörd som föll under morgonen var begränsad. Enligt litteratur⁷ är en avrinningskoefficient på $C = 0,6$ rimligt för skogsterräng i samband med nederbörd med återkomsttid på 100 år.

⁷ Chow, 1988. Applied Hydrology, Second edition.

Ett exempel på hur avrinningskoefficienten ökar med ökande regnvolymer kan visas genom en enkel simulering med en hydrologisk avrinningsmodell. Här har SWMM använts för att illustrera denna ökning av avrinningskoefficienten. Utgångspunkten för beräkningen är ett område med avrinningskoefficienten lika med 0,40. Den oexploaterade delen består av naturmark med viss infiltrationskapacitet. I exemplet har marklutningen valts till fem, tio och 20 promille.



Figur 12. Figuren ovan illustrerar hur avrinningskoefficienter påverkas av mycket intensiva regn samt hur brant det lutar inom avrinningsområdet. Regnvolymer vid skyfallet runt Stugsjön var över 100 mm och lutningen i det olycksdrabbade området cirka 8%. I exemplet förändras avrinningskoefficienten från 0,4 till över 0,7 vid 2% lutning och 60 mm regnvolymer⁸.

Ett rimligt antagande är att skogsterrängen i avrinningsområde 3, timmarna före olyckan fortfarande hade en betydande förmåga att hålla kvar vatten, trots de stora nederbördsmängder som redan fallit och trots den branta lutningen i terrängen.

Avrinningsflödet inom avrinningsområde 3 har därmed beräknats med en avrinningskoefficient $C = 0,6$ samt för ett intervall för koncentrationstiden mellan 30 min och 1h. Resultat sammanställs i Tabell 1.

Tabell 1. Beräknat avrinningsflöde inom avrinningsområde 3 (Stambanan).

Koncentrationstid	C	i	A	Q
30 min	0,6	≈ 30 mm/h	1,42 km ²	7,1 m³/s
1 h	0,6	13,5 mm/h	1,42 km ²	3,2 m³/s

Detta innebär att trumman under banvallen utmed den korta järnvägssträckning som tar emot vatten från avrinningsområde 3 hade behövt ha kapaciteten att avbörda ett flöde i intervall ca 3-7 m³/s för att vid det aktuella ovädet i september undvika att dämning uppstår. Detta ska jämföras med, som ovan beskrivits, att aktuell trumma, utan att någon igensättning beaktas, har en

⁸Svenskt Vatten, 2016. *Avledning av dag-, drän- och spillvatten Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem.*

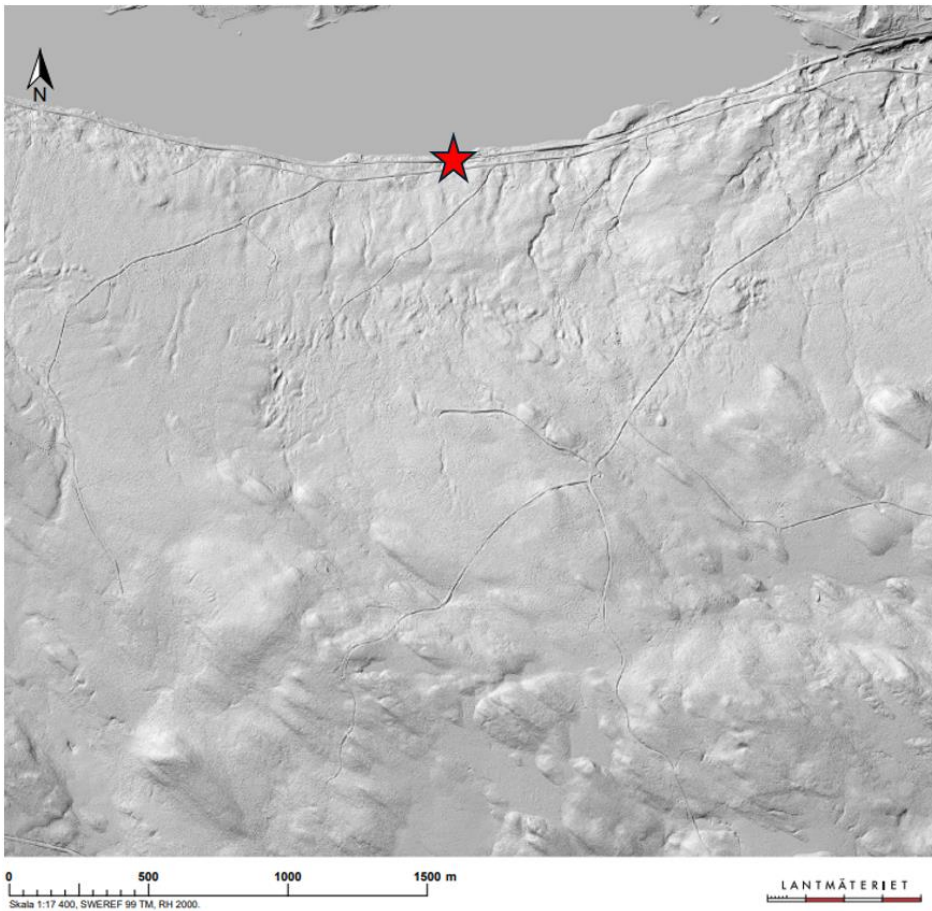
kapacitet att avleda ca 0,5 m³/s innan den börjar dämna och ca 1,5-2 m³/s utan att banvallen riskerar att börja överströmmas. Nederbördsmängderna som föll kvällen den 6:e september (med entimmes-intensiteter mellan ca 4 och 7,5 mm/h, se Figur 5) har sannolikt generat avrinningsflöden mellan ca 0,5 och 1,5 m³/s vilket innebär att viss dämning bedöms ha kunnat ske innan de kraftigaste nederbördstopparna inträffades tidigt den 7:e september.

Det bör noteras att de beräknade avrinningsflödena ovan inte anses motsvara en extrem nederbördshändelse eftersom dessa genereras av relativt låga intensiteter (den genomförda nederbördsanalysen visar att entimmes-intensiteten motsvarar en återkomsttid i storleksordningen 2-5 år, se Figur 6). Att den mest intensiva perioden har inträffat i slutet av händelsen är en tydlig försvårande faktor med antagligen vattenmättade förhållanden som uppnåddes innan de kraftigaste nederbördstopparna med potentiell början av indämning, d.v.s. med ännu lägre marginaler för att hantera avrinningen från den efterföljande och mest intensiva perioden. Överströmning av banvallen kan ha lett till att yterosion har initierats på banvallens nedströmsslant. Erosionen av banvallen kan vidare ha fortsatt i ett bakåtskridande förlopp som tagit med sig delar av banvallen. Ett annat tänkbart scenario är att höga portryck byggts upp i banvallen vilket kan minskat stabiliteten och orsakat skred. Alternativt har det eroderat runt trumman och konstruktionen har kollapsat. Den totala nederbördsmängden under hela händelsen har sannolikt bidragit att hålla höga vattennivåer utmed banvallen under lång tid vilket har skapat förutsättningar för de observerade skadorna.

Skogsavverkningarnas inverkan på avrinningsförloppet

Efter järnvägsolyckan den 7 september har det i media uppmärksammats att skogsterrängen ovanför olycksplatsen vid Stugusjön, på sina håll domineras av områden där skogen relativt nyligen avverkats och som nu befinner sig i varierande stadier av återväxt. Avverkning ökar generellt sett avrinningen från skogsterräng, men med nuvarande kunskapsläge går det inte att kvantifiera hur stor denna påverkan är, särskilt i samband med så pass intensiva nederbördstillfällen som det som inträffade i september 2025. Färre träd och växtlighet gör att råheten/friktionen på marken minskar, vilket kan resultera i att avrinningen går lite snabbare och att de maximala flödena från ett avrinningsområde når utloppet snabbare. En orsak till ökad avrinning är att avdunstningen minskar eftersom skog utgör mycket stora ytor som samlar på sig fukt i början vid ett nederbördstillfälle som senare avdunstar när luftfuktigheten går ner. De mekanismer som gör att avrinningen ökar från avverkad skogsterräng är i huvudsak långsamma processer som har liten inverkan under ett intensivt regnoväder. Under ett kort inledande skede av ett regnoväder fångar skogen upp mycket av nederbörden och därmed fördröjs processen där marken vattenmättas. Vid det aktuella tillfället, där mer än 100 mm regn föll under ett dygns tid, skulle den extra lagringskapacitet som en helt oavverkad skog inneburit, sannolikt utgjort en marginell skillnad i de avrinningsflöden som uppstod under morgonen den 7 september 2025.

De skogsbilvägar som anlagts i området för att facilitera avverkningar har sannolikt haft en betydande inverkan på avrinningsförloppet vid detta kraftiga skyfall. Skogsbilvägarna framstår tydligt i terrängen när man studerar en höjdmödel över området med så kallad terrängskuggning (Figur 13).



Figur 13. Skogsbilvägar som anlagts i terrängen söder om Stugusjön framgår tydligt i en topografisk höjdmödel över området, olycksplatsen markerad med stjärna.

Flera av skogsbilvägarna har anlagts på skrå nedför sluttningarna och har därmed kommit att fungera som uppsamlare och kanaler för det vatten som flödat nedför branten under ovädret. Detta är särskilt tydligt vid den skogsbilväg som går i sydvästlig riktning uppför berget söder om olycksplatsen. Djupa fåror i vägen som kan studeras i foto från platsen (Figur 14) vittnar om energin hos de vattenmassor som strömmat nedför vägen.

Även den topografiska analysen av avrinningsområdet som visar rinnvägarna inom området visar att denna väg har kanaliserat vatten (Figur 9).



Figur 14. Vattnets erosion av skogsbilväg ovanför olycksplatsen.

Skogsbilvägarna har sannolikt påverkat dels hur snabbt vatten forsat nedför branten, dels haft en kanaliserande effekt där en större andel av avrinningen letts till vissa punkter utmed banvallen än vad som vore fallet utan vägarnas inverkan. Dock bör skogsbilvägarna inte ha påverkat hur stora vattenflöden som nått banvallen totalt sett över hela sträckan.

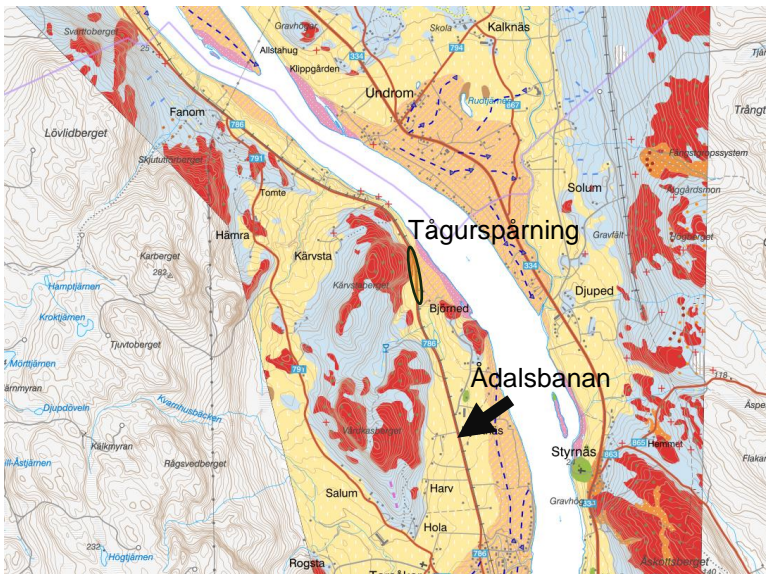
Det kan tilläggas att det inträffat en liknande olycka vid Stugusjön 1974. Enligt artikeln i Örnköldsviks Allehanda som beskriver olyckan hade skogsbilvägarna i området en påverkan på avrinningsförloppet⁹.

Ådalsbanan (Långselesträckan)

Generellt längs Ådalsbanan vid Långsele så består avvattningslösningarna för genomledning av vatten under järnväg i många fall av äldre konstruktioner som anlagts under perioder då kravställningen kring flödeskapacitet inte var lika hög som idag. Detta medför att avvattningslösningar längs sträckan i de flesta fall ej är dimensionerade för att klara av påfrestningar liknande det regn som behandlas i denna rapport.

⁹ Örnköldsviks Allehanda, 16 juli 1974. Artikel "Snälltåget kommer..."

Ådalsbanans banvall längs aktuell sträcka är i huvudsak uppbyggd av siltmaterial, det material som fanns närmast tillgängligt när järnvägen anlades för över 100 år sedan, se Figur 15. Silt är erosionskänsligt och när stora vattenvolymer blir stående eller rinner längs med banvallen minskar stabiliteten i materialet och risken för sättningar och skred ökar markant.



Figur 15. Jordartskarta över aktuellt område. Gula områden är silt/lera.

Vid den specifika platsen för urspårningen på Ådalsbanan går det inte med fjärranalys av topografi, flödesvägar och kända placeringar av trummor att identifiera en tillfyllest anlagd avvattningslösning. Tätt längs med järnvägen, på västra sidan, löper en väg. Hela området mellan väg och järnväg, från urspårningen och minst 700 meter norrut, verkar avvattnas enbart av trummor försedda med kupolsilar, en slags brunn som släpper igenom vatten. Kupolsilarna längs med järnvägen har generellt sett mycket lägre kapacitet än själva järnvägstrummorna och gör järnvägstrummornas kapacitet irrelevant. Inga trumögon (fria trumöppningar) kan identifieras mellan väg och järnväg på hela denna sträcka. Utifrån fjärranalysen bedöms dock fyra trummor med fria trumöppningar leda vatten från avrinningsområde 1 - 4 direkt till området mellan vägen och järnvägen (Figur 16). Det innebär att potentiellt inflöde till järnvägsområdet är betydligt större än järnvägens avvattningskapacitet vid större regn.

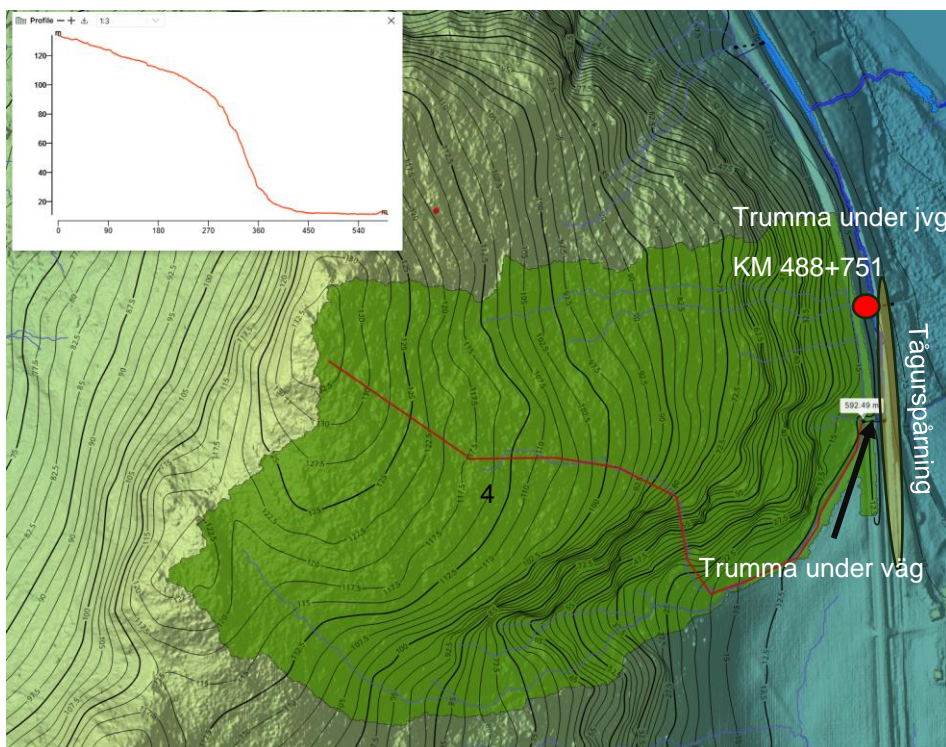


Figur 16. De fyra avrinningsområden som avleder vatten till området mellan väg och järnväg. Vattnet från område 4 är det som sannolikt medfört tågurspårningen. Pilar markerar identifierade vägtrummor och de röda prickarna järnvägstrummor försedda med kupolsilar.

Avrinningsområde 4, som avleder vatten till urspråmsningsplatsen (se Figur 17) är relativt litet (ca 15 ha, 0,15 km²) vilket tyder på att hela området bidrar till flödet redan vid relativt korta varaktigheter på regn, enstaka timmar. Utifrån nederbördsanalysen vet vi att återkomsttiderna för regnet på denna plats för de kortare varaktigheterna inte var extrema (1 – 5 år). Däremot tar det tid att vattenmätta marken så att en större del av nederbörden faktiskt avrinner direkt vilket bör betyda att den dimensionerande varaktigheten för området sannolikt är betydligt längre än enstaka timmar. För varaktigheter på 6 – 10 timmar är återkomsttiden istället ca 50 år och runt 100 år vid varaktigheter över 10 timmar,

se Figur 4. Det kan dock tilläggas att när marken väl är vattenmättad blir avrinningsförloppet betydligt snabbare och även kortvariga intensitetstoppar kan medföra ökade flöden längst nedströms i avrinningsområdet.

Sannolikt är det tänkt att vattnet från avrinningsområde 4 ska passera den längsgående vägen i en trumma, rinna ca 80 meter norrut i diket mellan väg och järnväg för att där rinna in i en trumma under järnvägen (KM 488+571), se Figur 17. Aktuell trummas inlopp är utfört med en kupolsil. Det mest sannolika scenariot är att inloppet till trumman under järnvägen i KM 488+571 inte klarat att hålla undan vattnet och att vattnet därmed runnit okontrollerat längs med och potentiellt även över järnvägen vid platsen för urspårningen. Detta kan ha lett till att yterrosion initierats på banvallens nedströmsslänt. Erosionen av banvallen kan vidare ha fortsatt i ett bakåtskridande förlopp som tagit med sig delar av banvallen. Ett annat tänkbart scenario är att höga porttryck byggts upp i banvallen vilket kan minskat stabiliteten och orsakat skred.

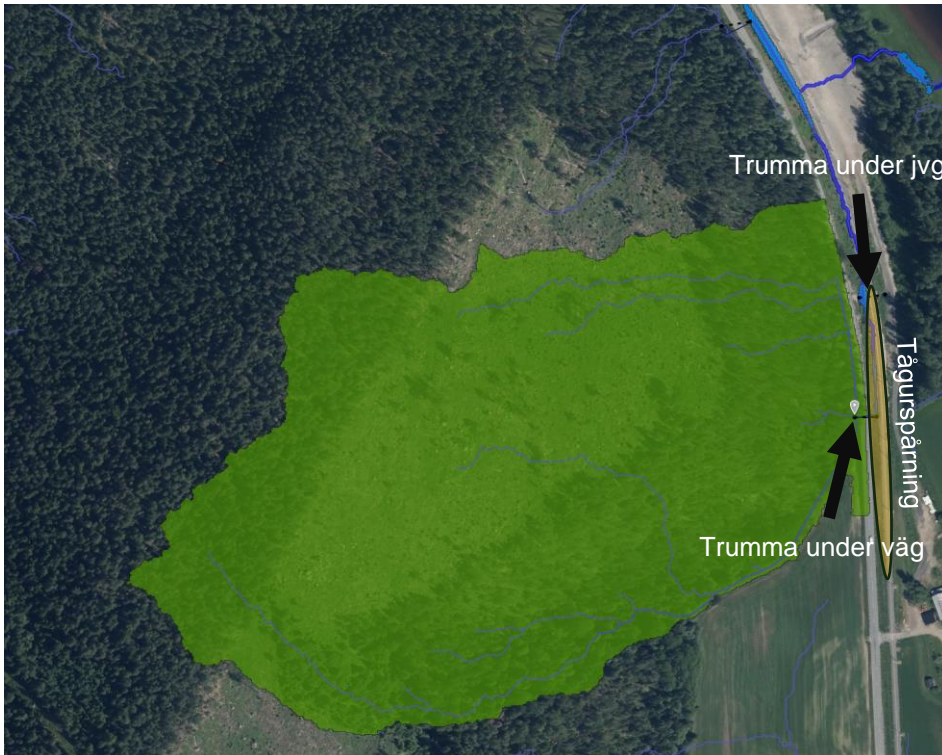


Figur 17. Avrinningsområde till platsen för tågurspårningen. Röda linjen markerar längsta rinnvägen. Snittlutningen längs röda linjen är cirka 20 % där första partiet lutar ca 15 %, branten lutar ca 70 % och sista biten cirka 2 %.

Aktuell trummas tidigare utloppsdike har i närtid täckts över av en ny längsgående väg (sannolikt en temporär arbetsväg). Det är inte klarlagt hur tidigare utloppsdike har tagits hänsyn till vid anläggandet av vägen. Huvudorsaken till de stora vattenmängderna i området mellan väg och järnväg bedöms ändå vara den nämnda kupolsilen som inte har kapacitet i närheten av att kunna avbörda dessa typer av flöden, detta beskrivs närmre under rubrik *Flödesanalys för avrinningsområde 4*.

Skogsavverkningarnas inverkan på avrinningsförloppet

Avrinningsområdet innehåller en skoglig föryngringsyta (3 - 10 år gammal enligt Skogsstyrelsen¹⁰), se Figur 18, som sannolikt har ökat avrinningen från området. Vid platsbesök genomfört den 1 oktober kunde det däremot inte identifieras någon erosion vid föryngringsytan som skulle kunna tyda på kraftig ytavrinning. Vid denna storlek på regn, 80 – 90 mm under ca 20 timmar, är det mycket svårt att bedöma hur mycket större avrinningen blir från föryngringsytan jämfört med om området inte hade avverkat.



Figur 18. Avrinningsområde till platsen för tågurspårningen. I figuren syns den 3-10 år gamla föryngringsytan.

De tre avrinningsområdena direkt norr om det som visas i Figur 17 och Figur 18 (avrinningsområde 1 -3) innehåller i stort sett inga föryngringsytor (se Figur 16). Här skadades delar av järnvägsbanken när vattnet från uppströms liggande sluttning rann genom trummor under vägen samt rakt över vägen och sedan ned över slänten mot järnvägen, se exempel på trumma i Figur 19. Avrinningen från denna typ av brant terräng blir mycket kraftig vid stora regn oavsett skogliga föryngringsytor eller inte. Som beskrivits tidigare avvattnas järnvägen i hela området av trummor vars inlopp är en kupolsil, som inte har kapaciteten att hantera dessa typer av regn.

¹⁰

<https://gisportal.skogsstyrelsen.se/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=0ad7cc88ca6c4f4da49d60bf59a54d1c>. Datum för inhämtande av data: 2025-10-01.



Figur 19. Trumma som leder vatten från avrinningsområde 1 under väg mot järnväg. Notera att ingen mottagande trumma under järnvägen syns, endast utloppet av trumman. Inloppet till järnvägstrumman är en kupolsil i diket längs järnvägen.

Avrinningsanalys för avrinningsområde 4

Flödet från avrinningsområde 4 för händelsen från 6–7 september 2025 har beräknats enligt samma metodik som beskrivs ovan för Stambanan vid Lännäs/Stugusjön.

Avrinningsförloppet för avrinningsområde 4 längs Ådalsbanan bör ha gått snabbare än vid Lännäs/Stugusjön på grund av den ännu brantare lutningen samt att avrinningsområdet är betydligt mindre. Regnet var dock enligt nederbördsanalysen inte lika intensivt på denna plats som vid Stugusjön.

Avrinningsområdet till urspårningsplatsen är 0,15 km² stort. Vid ett antagande att 60 % av nederbörden avgår som avrinning medför regnet, som enligt nederbördsanalysen hade en intensitet av 8,3 mm/h över 6 timmars varaktighet, ett flöde av ca 0,2 m³/s. Den maximala entimmesvaraktigheten var drygt 11 mm/h och inträffade sent under regnet, då marken högst sannolikt redan var mättad. Flödet ut från området vid det tillfället beräknas till knappt 0,3 m³/s. Som jämförelse klarar en kupolsil (som inte satt igen av stenar, jordmassor eller växtlighet som kan dras med vid kraftiga flöden) att avbörda uppskattningsvis en fjärdedel av det flödet.

Ovanstående innebär att under mer än 6 timmar belastades kupolsilen med flöden som vida översteg kapaciteten med efterföljande dämning och vatten som runnit över järnvägen. Om inflödet var 200 l/s och utflödet genom kupolsilen cirka 70 l/s medför det att cirka 2800 m³ vatten, enbart inom avrinningsområde 4, inte hade någonstans att ta vägen förutom att rinna över järnvägen.

Diskussion och kommentarer

Radaranalysen visar att båda de drabbade områdena befann sig precis i den mest intensiva delen av skyfallshändelsen. Beräkningar av regnintensiteten utifrån radarbilder innebär dock en betydande osäkerhet. Enligt

bakgrundslitteraturen kan de beräknade värdena även vara konservativa. Skyfallsstatistiken för händelsen, särskilt i fallet Lännäs/Stugusjön, är så extrem att den ligger utanför det tillämpbara intervallet för etablerad statistik. Den presenterade återkomsttiden ska därför ses som en uppskattning baserad på extrapolering. Detta gäller den totala mängden nederbörd, inte de kortare varaktigheterna.

Erosion inom avrinningsområdet i samband med skyfallet kan medföra att material såsom sediment, grenar och växtlighet transporteras med vattnet vilket delvis eller helt kan blockera trummor. Sweco har inte haft tillgång till några uppgifter om huruvida trummorna vid olycksplatserna varit helt eller delvis igensatta, eller vilka rutiner för rensning av trummor som finns på respektive järnvägssträcka.

Ett annat problem som ofta uppstår kring äldre konstruktioner är att hållfastheten av anläggningarna försämras, långa perioder utan underhåll tenderar ofta att försämma anläggningar. I vissa fall kan rotinträngning, tjälskjuvningar, driftslitage eller dylikt ge uppkomst till förskjutningar eller i värsta fall kollaps av trummor helt eller partiellt. Extremväder som de som behandlas i rapporten bedöms amplifiera dessa effekter och påskynda konsekvenserna.

Utöver att skogsbilvägar kan ha stor inverkan på avrinningsförloppen kan tillvägagångssättet vid avverkning också påverka avrinningen, särskilt omedelbart efter avverkningen innan täckande markvegetation växt upp. Figur 20 visar exempel där bandfordon kört vinkelrätt mot höjdkurvorna och skapat fåror i marken som påskyndar avrinningsprocessen. Området på bilden är en nyligen utförd avverkning belägen just söder om de avrinningsområden som analyserats för urspårningen längs Ådalsbanan och har därmed inte kunnat påverkat själva urspårningen eftersom tåget kom norrifrån.



Figur 20. Bandfordon som kört vinkelrätt mot höjdkurvor och därmed påskyndar avrinningsförloppet.

Slutsatser av analyser

Stambanan, Stugusjön vid Lännäs

Enligt radaranalysen har området drabbats av en skyfallshändelse där återkomsttiden för varaktigheter över 12 timmar överstiger 200 år.

Sammanfattningsvis avvattnas ett stort avrinningsområde precis uppströms olycksplatsen vid Stugusjön av enbart en trumma under järnvägen som bedöms ha en kapacitet några gånger under det som krävs för att avleda den nederbörd som föll över området den 6-7 september. Den totala nederbördsmängden under hela händelsen har sannolikt bidragit att hålla höga vattennivåer utmed banvallen under lång tid vilket har skapat förutsättningar för de observerade skadorna. Området karaktäriseras av en kraftig lutning, vilket ökar den andel av nederbörden som direkt rinner av på ytan i stället för att infiltrera. Ytor med yngre skog av olika åldrar påverkar generellt avrinning negativt, men det är mycket sannolikt att förekomsten av dessa områden inte är orsaken till olyckan efter skyfallet, utan den bedöms ha kunnat inträffa ändå. Skogsbilvägarna i området kan ha påverkat avrinningsförloppet, men det går inte att säga exakt hur eller i vilken utsträckning.

Ådalsbanan, Långselesträckan vid Prästmon

Enligt radaranalysen har området drabbats av en skyfallshändelse där återkomsttiden för varaktigheter över 6 timmar överstiger 50 år.

Den slutsats som kan dras kring urspårningen längs Ådalsbanan är att avvattningssystemet i sin helhet (trummor, diken och inloppskonstruktioner på både väg och järnväg) inte hade förutsättningar för att hantera denna typ av nederbörd, oavsett ytor med yngre skog i olika åldrar eller inte. Järnvägens avvattningssystem överbelastades under många timmar vilket medförde stora mängder vatten som sannolikt rann rakt över järnvägen. Området är mycket kuperat och slänten från väg ned mot järnväg är på sina ställen mycket brant vilket gör det komplicerat och mycket kostsamt att anlägga en avvattningsanläggning som fungerar för både väg och järnväg och som dessutom är anpassad för dessa extrema händelser. En sådan anläggning finns inte på denna plats.