

FÖRDJUPNING

– RISKANALYS VALD VÄGSTRÄCKA

Förhandsutgåva 2004-03-31

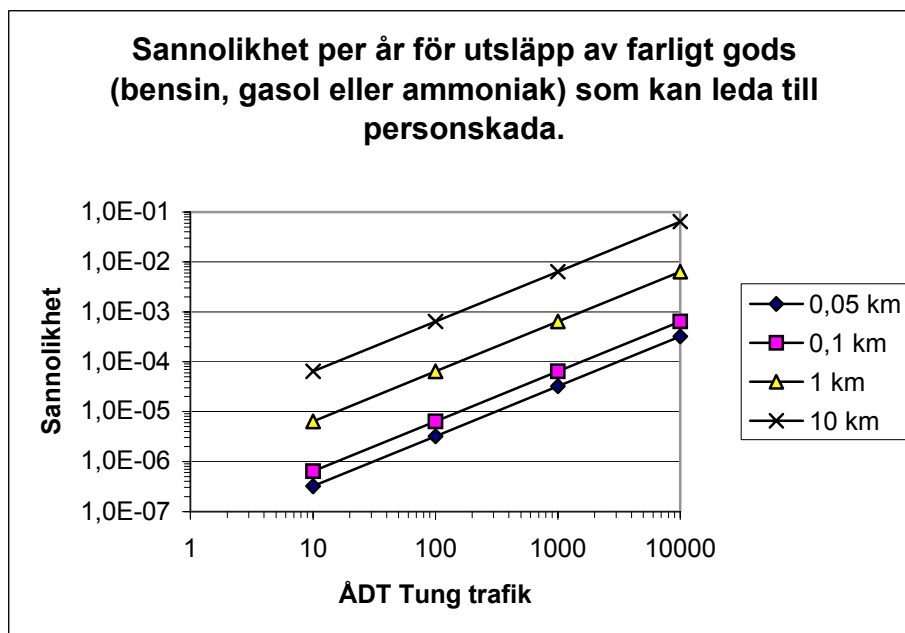


Foto: Magnus Persson

FÖRORD

Denna handledning har tagits fram i syfte att skapa en enhetlig metod för inventering och analys av allvarliga fysiska faror längs en utvald vägsträcka.

Metoden följer de principer som anges i den övergripande handledningen för Riskhantering och säkerhet i Vägverket. Se <http://infarten.ia.vv.se/C7/RiskhanteringSakerhet/default.aspx>.
Handledningen består av två delar, fördjupningen som detta dokument innehåller och en handledning.

Handledningen innehåller metodbeskrivning och mallar för redovisning av riskanalysen. I fördjupningen ges stöd för bedömning av sannolikhet för några faror/händelser och för värdering av skador (konsekvenser).

Resultatet av riskanalysen av allvarliga fysiska risker i vägtransportsystemet kommer bl.a. att vara en del i arbetet med risk- och sårbarhetsanalyser med utgångspunkt utifrån förordningen om åtgärder för fredstida krishantering och höjd beredskap, SFS 2002:472 § 3.

Inför de planerade systematiska inventeringarna år 2005 kommer förhandsutgåvan att revideras med stöd av de erfarenheter som en provtillämpning under 2004 ger.

Handledningen har tagits fram i samarbete mellan Vägverket Konsult och Vägverket Region Mitt på uppdrag av Vägverkets huvudkontor.

För synpunkter och frågor kontakta:

Per-Erik Westman, HKp, 0243-750 22 (Krisberedskapsansvarig Vägverket)

Johan Hansen, Iuu, 0243-757 65 (Vägverkets samordnare Riskhantering och säkerhet)

Göte Zetterberg, VM, 070-321 54 51 (handledningen)

Per Löfling, KNBor, 0243-943 17 (handledningen)

FÖRDJUPNING

Detta är en fördjupning till handboken (innehållsförteckningen till handboken finns längre ner)

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 SANNOLIKHET FÖR FARA.....	5
1.1 Farligtgoodsolycka.....	5
1.1.1 Sannolikhet för en farligtgoodsolycka.....	5
1.2 Skred och ras.....	7
1.2.1 Allmänt.....	7
1.2.2 Skred i lerterräng.....	9
1.2.3 Skred i branta silt- och sandslänter.....	11
1.2.4 Skred i fyllningar i sidolutande terräng.....	12
1.2.5 Skred i branta moränslänter.....	13
1.2.6 Ras i bergslänter.....	13
1.3 Bortspolad väg.....	13
1.3.1 Korsande vattenflöde.....	13
1.3.2 Sidoerosion i naturligt vattendrag.....	19
1.4 Översvämmad väg/bro.....	20
1.4.1 Väg och bro intill större vattendrag.....	20
1.4.2 Väg och bro i lågmarksområde i mindre avrinningsområden.....	21
1.4.3 Översvämning av väg vid brounderfart.....	22
1.5 Broskada av vattenflöde.....	22
1.6 Broskada av påkörning/påsegling.....	24
1.6.1 Påkörning av fordon.....	24
1.6.2 Påsegling av fartyg.....	25
1.7 Funktionsstörning rörlig bro.....	25
1.8 Övriga händelser.....	26
2 KONSEKVENSN AV FARA.....	27
2.1 Konsekvens för personer.....	27
2.1.1 Förväntad personskada vid farligtgoodsolycka.....	27
2.1.2 Förväntad personskada vid övriga faror.....	30
2.1.3 Kalkylvärde för dödsfall och svårt skadade.....	31
2.2 Konsekvens för egendom.....	31
2.2.1 Egendomsskada vid farligtgoodsolycka.....	31
2.3 Konsekvens för miljö.....	32
2.3.1 Naturresurs.....	32
2.3.2 Naturmiljö.....	35
2.3.3 Kulturmiljö.....	36
2.4 Finansiella konsekvenser.....	37
2.4.1 Samhällsekonomisk kostnad vid trafikavbrott.....	37
FÖRKORTNINGAR.....	40
FÖRORDNINGAR OCH PUBLIKATIONER.....	41
REFERENSER.....	41

BILAGOR

Bilaga 1. Beräkning av sannolikhet för farligtgoodsolycka

Bilaga 2. Sannolikhet för skred

Bilaga 3. Kapacitet hos vägtrumma då inströmningsförhållandena dimensionerar

Bilaga 4. Kapacitet hos vägtrumma då dämning vid utlopp dimensionerar

Bilaga 5. Översvämningskarterade vattendrag

Bilaga 6. Underlag för beräkning av personskador vid farligtgoodsolycka

Bilaga 7. Underlag för beräkning av samhällsekonomisk kostnad vid vägvstängning

Bilaga 8. Underlag för beräkning av samhällsekonomisk kostnad vid avstängning till enkelriktat flöde

Bilaga 9. Beräkning av trafikflöden enligt Sampers och Emma vid vägvstängning

HANDLEDNING

1 BAKGRUND OCH BEHOV

2 AVGRÄNSNING

3 ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

4 RISKHANTERINGSMODELL

4.1 Begrepp och definitioner

4.2 Riskanalys

4.3 Tillgångsslag

4.4 Risknivå

4.5 Kvalitetskrav och redovisning av riskanalys

4.6 Urval av vägnät för riskanalys

4.7 Utvecklingsmöjligheter

5 HANDLEDNING FÖR ÖVERSIKTLIG RISKANALYS

1 SANNOLIKHET FÖR FARA

I detta avsnitt beskrivs hur sannolikhet kan uppskattas utifrån förutsättningar och riskfaktorer och hur omfattning och händelseförlopp kan bedömas. I en del av fallen bygger uppgifterna på statistiskt underlag och tidigare publicerade metodbeskrivningar. Förenklingar har gjorts för att kunna hantera farorna på ett överslagsmässigt sätt. I andra fall, där meningsfull statistik saknas, utgår uppgifterna från hur konstruktioner normalt är utformade och dimensionerade, från en bedömning av viktiga omgivningsförhållanden och från en besiktning av konstruktionens skick inklusive tecken på skador.

Detta innebär att bedömningarna i huvudsak är subjektiva och därigenom beroende av inventerarens kunskaper och erfarenhet. Kravet på noggrannhet hos bedömningen är dock inte så hög vid en översiktlig riskanalys, jämför riskmatrisens skala. I regel är det godtagbart om osäkerheten är högst ett steg i riskmatrisen, det vill säga att felet är mindre än två 10-potenser.

För alla faror uttrycks sannolikheten som förväntat antal händelser per år.

1.1 Farligtgoodsolycka

Med en farligtgoodsolycka avses en olycka där en skada uppstår på tanken eller behållaren som det farliga ämnet förvaras i och det farliga ämnet kommer ut. Farligt gods utgörs av ett flertal olika ämnen och deras toxicitet och fysikaliska egenskaper varierar. Detta innebär att ämnena vid utsläpp ger upphov till olika typer av konsekvenser.

Personskador kan uppstå vid olyckor med farligt gods där det farliga ämnet består av gasol, ammoniak, bensin, eldningsolja, fenol och svavelsyra. Allvarliga konsekvenser för människor uppstår främst vid olyckor med gasol, ammoniak eller bensin (döda eller svårt skadade).

Miljöskador kan ske vid utsläpp av bensin eller eldningsolja. **Egendomsskador** kan uppstå om det utsläppta ämnet (gasol, bensin och eldningsolja) antänds eller på grund av den tryckvåg som genereras vid en explosion.

1.1.1 Sannolikhet för en farligtgoodsolycka

Beräkningen av sannolikheten för en olycka med farligt gods består av flera delar:

- Frekvensen av olyckor med farligtgodstransporter utifrån aktuellt antal transporter av farligt gods och statistiska uppgifter om olycksfrekvenser för aktuella vägkategorier och hastighetsgränser.
- Sannolikheten för utläckage vid olycka med ett fordon med farligt gods. Sannolikheten för utläckage beräknas med schablonvärden som i första hand är beroende av hastighetsgränser och utformning av vägens sidoområde.
- Sannolikheten att utläckage är stort eller medelstort. Vid ett utläckage av farligt gods har bedömningen gjorts att endast ett stort eller medelstort utsläpp av petroleumprodukter eller gaser leder till konsekvenser för personer eller miljö (bedömningen grundar sig på statistik över farligtgoodsolyckor, VTI 1994).

Utsläppsfrekvensen per km och år multipliceras sedan med vägsträckan som berör aktuellt skyddsobjekt. Varierar förutsättningarna för farligtgoodsolycka längs aktuell vägsträcka delas denna in i delsträckor vid beräkningen.

För att snabbt få en uppfattning om hur stor sannolikheten är för utsläpp vid farligtgodsolycka med konsekvenser för personer eller miljön har diagram 1 och 2 tagits fram. Vid beräkningarna i diagrammen har schablonvärden för andelen farligtgodstransporter använts. Om farligtgodsmängderna skiljer sig markant från medelvärden för vägnätet, t.ex. i närheten av oljedepåer eller om risken hamnar nära eller i rutorna för måttlig respektive hög risk i riskmatrisen kan noggrannare beräkningar på sannolikheten för en farligtgodsolycka göras enligt bilaga 1.

Sannolikhet för en farligtgodsolycka med konsekvenser för personer

I diagram 1 kan sannolikheten för en olycka med ett stort eller medelstort utsläpp av bensen, gasol eller ammoniak som kan leda till konsekvenser för människor (döda eller svårt skadade) utläsas. Sannolikheten är uttryckt som frekvens per år som kan hota ett specifikt skyddsobjekt. Sannolikheten avläses utifrån uppgifter om årsmedeldygnstrafiken för tunga fordon (ÅDT_{tf}) och vägsträckans längd som berör det aktuella skyddsobjektet.

Diagrammet bygger på schablonvärden för andelen farligtgodstransporter enligt VV Publ 1998:064. Ett normalutsläpp med lika fördelning gasol och ammoniak samt att bensenandelen är 50 % av petroleumprodukter har antagits på en genomsnittlig väg med genomsnittlig olycksfrekvens för farligtgodsolycka.

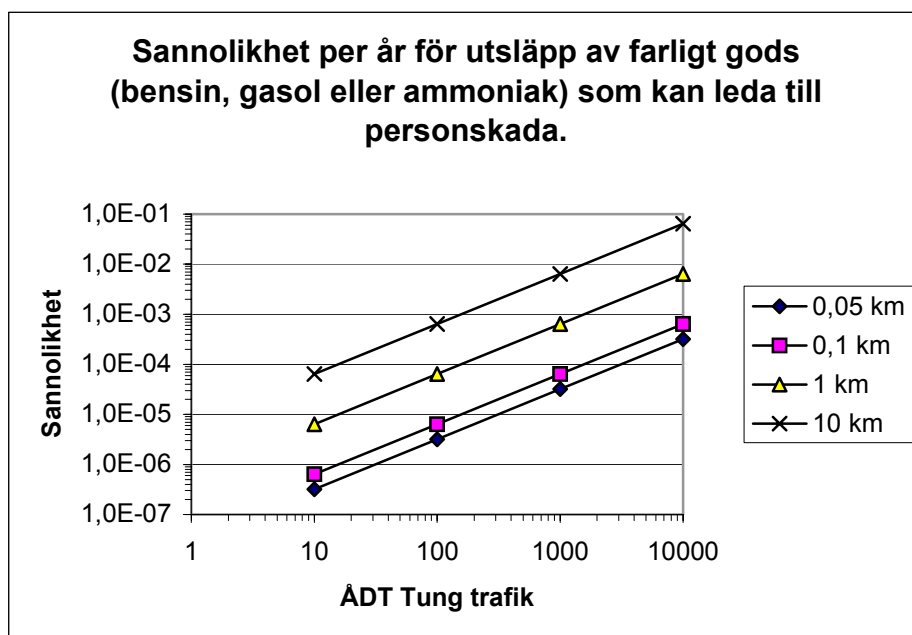


Diagram 1: Sannolikhet per år för ett utsläpp av bensen, gasol eller ammoniak som kan leda till konsekvenser för människor (döda eller svårt skadade).

Sannolikhet för en farligtgodsolycka med konsekvenser för miljön

I diagram 2 kan sannolikheten för en olycka med ett stort eller medelstort utsläpp av petroleumprodukter som kan leda till konsekvenser för miljön utläsas. Sannolikheten är uttryckt som frekvens per år som kan hota ett specifikt skyddsobjekt. Sannolikheten avläses utifrån uppgifter om årsmedeldygnstrafiken för tunga fordon (ÅDT_{tf}) och vägsträckans längd som berör det aktuella skyddsobjektet.

Diagrammet bygger på schablonvärden för andelen farligtgodstransporter enligt VV Publ 1998:064. Ett normalutsläpp med lika fördelning bensin och eldningsolja har antagits på en genomsnittlig väg med genomsnittlig olycksfrekvens för farligtgoodsolycka.

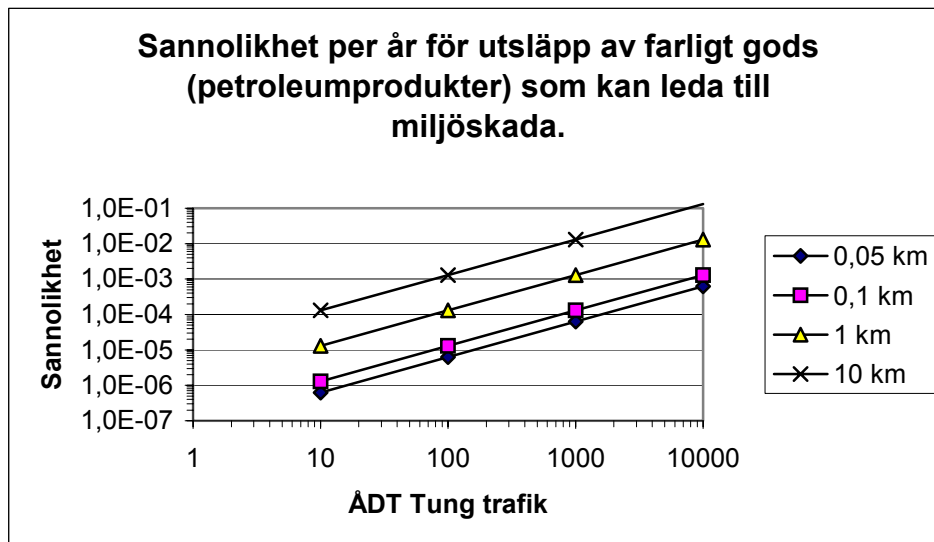


Diagram 2: Sannolikhet per år för ett utsläpp av petroleumprodukter (bensin eller eldningsolja) som kan leda till konsekvenser för miljön.

1.2 Skred och ras

1.2.1 Allmänt

Här behandlas enbart rörelser av lite större omfattning och som har relativt snabba förlopp. Ur teknisk synpunkt är det ointressant att försöka skilja på begreppen skred och ras. I fortsättningen används benämningen skred för jordrörelser och ras för bergrörelser.

Inventeringsmetodik

Erfarenhetsmässigt kan skred i lerterräng inträffa vid så små marklutningar som 1:10 och i sand- och siltslänter vid lutning 1:2,5 (1:5 vid grundvattenutflöde i slänt). Dessa släntlutningar är alltså kriterier för att skredsannolikheten är mycket låg. För att kunna peka ut områden med hög skredrisk krävs därför att, utöver geometrin, även andra faktorer bedöms. De viktigaste är jordens skjuvhållfasthet och portryck.

Terrängformer och geologi är utgångspunkten för inventeringen. De varierar inom vida gränser och kan egentligen inte delas in i tydliga undergrupper. Vid en översiktlig inventering kan det ändå vara lämpligt att särskilja fem olika typfall av skred och ras där indelningen görs med utgångspunkt från dominerande material i markytan. Mellanformer och kombinationer förekommer.

- Skred i lerterräng
- Skred i branta silt- och sandslänter
- Skred i fyllningar i sidolutande terräng
- Skred i branta moränslänter
- Ras i branta bergslänter

Skred och ras innebär alltid att skjuvspänningar i marken på grund av nivåskillnader och yttre belastningar överskrider jordens/bergets hållfasthet. Bedömning av sannolikhet för skred och ras innebär därför en uppskattning både av hur stora skjuvspänningarna är och av jordens/bergets skjuvhållfasthet. Vid en översiktlig bedömning av skred- och rasrisker finns inga möjligheter att uppskatta påkänningar och hållfastheter så att sannolikheten för skred/ras kan bestämmas med tillräcklig noggrannhet. I bedömningen måste också yttre tecken på instabilitet och pågående förändringar av belastningar och hållfastheter vägas in.

Skredriskbedömning bör därför göras i följande steg:

1. inventering av förutsättningar för skred och skredrisk (kontorsarbete)
 - a. geologiska och hydrogeologiska kartor och flygbilder
 - b. utförda geotekniska undersökningar
 - c. dokumentation av äldre skred och sättningar
 - d. sträckor där konsekvens av skred kan bli allvarliga
 - e. tidigare utförda skredriskarteringar, exempelvis inom bebyggda områden utförda genom Räddningsverkets försorg
2. val av områden där skredrisk ska bedömas. Inte enbart närområdet till vägen bör bedömas eftersom skred kan initieras på längre avstånd från vägen och därefter gripa bakåt och omfatta vägen. Även om vägen i sig är stabil kan skredmassor från omgivningen blockera vägen.
3. bedömning av sannolikhet för skred (besiktning i fält och kontorsarbete)
 - a. beskrivning av geometri och yttre belastningar
 - b. bedömning av jordlagerföljd och hållfasthet
 - c. överslagsberäkning av säkerhetsfaktor
 - d. bedömning av tecken på instabilitet och tidigare skred
 - e. bedömning av pågående förändringar i påkänningar och hållfastheter
 - f. samlad bedömning av skredsannolikhet
4. beskrivning av konsekvenser (behandlas i kapitel 2)
5. beskrivning av skredrisk (jämför arbetsgång beskriven i kapitel 5 i handledningen)

Bedömning av rasrisker i bergslanter görs i tillämpliga delar på motsvarande sätt.

En närmare beskrivning av steg 3 redovisas under respektive typfall nedan.

Jordmodellen

Vid skredriskinventering krävs att beskrivningen av jordlagerföljd och grundvattenförhållandena är någorlunda korrekt för att resultatet ska bli tillförlitligt. Detta är en utmaning för inventeraren eftersom det normalt inte finns geotekniska undersökningar utförda inom det aktuella området och man vid en översiktlig inventering måste begränsa sig till besiktningar i fält. För ett bra resultat krävs goda geologiska kunskaper och lokal erfarenhet. Särskilt viktigt är att identifiera områden där fastare jord i markytan, sand och silt, underlagras av jord med lägre hållfasthet till exempel lera, gyttja och torv. Sådana lagerföljder är vanliga under högsta kustlinjen intill åsar och i större dalgångar. I VVpubl 1989:7, Geotekniska undersökningar för vägbroar, finns en kort beskrivning av normala jordlagerföljder och inom vilka områden omvända lagerföljder kan finnas.

För beskrivning av grundvattenförhållanden och förutsättningar för höga portryck krävs att infiltrationsområden, utströmningsområden, topografi och jordlagerföljer identifieras.

1.2.2 Skred i lerterräng

Geometri och yttre belastning

Geometrier och yttre belastningar som bestämmer skjuvspänningarna kan beskrivas någorlunda noggrant med hjälp av topografiska kartor och fältbesiktningar. Yttre belastningar är också relativt väl kända. Bottenprofiler i vattendrag är svårare att bedöma. Där undervattenslätens lutning är avgörande för stabiliteten krävs en grov bestämning av profilen.

Bedömning av jordlagerföljd och hållfasthet

Skjuvhållfastheten hos jorden är mycket svår att bedöma utan geotekniska undersökningar. Dels är variationen i hållfasthet stor i finkorniga jordar, dels kan ibland fastare jord i markytan underlagras av jord med betydligt lägre hållfasthet. Dessutom påverkas hållfastheten i hög grad av grundvattenförhållandena. Höga portryck i jord är den vanligaste utlösande faktorn för skred i naturmark.

Vid en översiktlig inventering finns sällan geotekniska undersökningar att tillgå. Lokal erfarenhet är mycket värdefull vid bedömning av både jordlagerföljder och skjuvhållfasthet. Vid fältbesiktningen kan djupet och den relativa fastheten hos lösa jordlager bestämmas genom manuell sticksondering. Odränerad skjuvhållfasthet kan i gynnsamma fall uppskattas genom vingförsök med handhållen utrustning. Jordlagerföljder kan bestämmas genom ytlig provtagning i slänt.

Där dimensionerande glidytor är relativt ytliga är det avgörande för resultatet om höga porövertryck kan identifieras. Finns genomsläppliga skikt av silt eller sand under den tätare jorden? Står skikten i kontakt med högre liggande terräng där infiltration sker? Sker dämning av grundvattenströmmen genom förträngning i dalgång eller genom bergtrösklar? Skikt av silt och sand i tät jord är vanligast i glaciära, i kontakten mellan glacial och postglacial lera och i anslutningar till åsar under högsta kustlinjen. Vid fältbesiktningen kan höga portryck avslöjas genom synliga källsprång, försumpningar och fuktighetskrävande vegetation. Portrycken i genomsläppliga jordlager varierar under året med nederbörd och snösmältning. I åkermark är tillfälliga lokala utströmningsområden tydliga under vårbruket. SGU's brunnarsarkiv kan ge information om jordlagerdjup och grundvattenförhållanden.

Överslagsberäkning

Kombinerad metod används. Beräkning kan göras med diagrammetod, till exempel enligt Janbu, med medelskjuvhållfasthet i aktuell jordvolym utvärderad för odränerat och dränerat brott. Vid komplicerad geometri eller hållfasthetsprofil bör konventionellt beräkningsprogram användas. Som underlag till bedömning av sannolikhet för skred görs två beräkningar, en beräkning med de ingångsvärden på geometri, yttre laster och skjuvhållfasthet som bedöms vara mest troliga och en beräkning med försiktigt valda ingångsvärden. Osäkerheter i bestämning av geometri och bedömning av hållfasthet ska avspeglas i valet av de försiktigt valda värdena.

Tecken på instabilitet och tidigare skred

I områden med låg stabilitet finns ofta mer eller mindre tydliga tecken på instabilitet. Äldre skredärr, småskred i slänt, slänterosion på grund av grundvattenutflöde, sättningar och långsgående bågformade sprickor i mark- eller vägyta är tecken på låg stabilitet som bör karteras vid besiktning i fält. Befintliga grundförstärkningar är kvitton på att stabiliteten bedömts otillfredsställande då vägen byggts eller senare. Äldre grundförstärkningar innebär inte alltid att stabiliteten är tillfredsställande. Portrycksförhållanden och dränerade brott är ofta förbisedda vid dimensionering av äldre geokonstruktioner. Förhållandena kan ha ändrats efter dimensioneringen.

Förändringar i påkänning och hållfasthet

Erosion vid slänt i vattendrag är en vanlig orsak till att stabilitetsförhållandena försämras. Fyllningar och schakter kan ha utförts utan hänsyn till inverkan på stabiliteten. Pågående erosion, fyllningar och schakter noteras vid besiktning i fält.

Hållfastheten kan försämras på grund av att portrycken ökat. Sådana förändringar kan orsakas av ökad infiltration eller försämrade dränering genom förändrad markanvändning. Igensatta dräneringsledningar och läckande tryckvattenledningar är också riskkällor. Förutsättningar för förhöjning av portryck till följd av ändrade förhållanden i omgivningen värderas.

Samlad bedömning av skredsannolikhet

Med utgångspunkt från spridningen i beräknade säkerhetsfaktorer och bedömningen av tecken på instabilitet och förändringar av påkänningar och hållfasthet görs en bedömning av sannolikheten för skred. För närvarande saknas kunskap för att generellt beskriva sambanden mellan beräknad säkerhetsfaktor, bedömda osäkerheter hos indata och skredsannolikhet. Bedömning måste göras med hjälp av erfarenhet från släntstabilitetsutredningar för liknande förhållanden.

Pågående erosion i kombination med att dränerat brott är dimensionerande bör väga mycket tungt vid bedömning av skredsannolikhet. Eftersom extrema portryck är den skredutlösande faktorn kan skredsannolikheten i en slänt som eroderats vid släntfot mycket väl vara hög trots att inga tecken på instabilitet syns. Det är ju inte särskilt troligt att extrema portryck uppstår redan de första åren efter erosionen trots att sannolikheten för skred kan vara 10^{-2} eller större. Jämför resonemanget kring sannolikheten för att extrema ytvattenflöden inträffar under en kort observationsperiod i avsnittet om översvämningar.

Bedömning av sannolikhet för skred sammanställs i tabellform, se tabell 1. Blankett för dokumentation finns som bilaga 2.

Nr/ Plats	Geometri		Medel- skjuv- hållfast- het	Säkerhetsfakt		Pågående erosion	Förutsätt- ningar för portrycks- höjningar	Tecken på instabilitet	Sanno- lighet för skred
	Slänt- höjd	Slänt- lutning		För- väntad	För- siktigt vald				

Tabell 1: Sannolikhet för skred

Omfattning av skred och händelseutveckling

Skred i lerterräng kan få mycket stor omfattning vid stora lerdjup. I allmänhet utvecklas sättningar och sprickor innan skredet går. Om detta inte inträffar på vägbanan är det inte särskilt troligt att de upptäcks om inte någon form av skredövervakning pågår. Övergången från långsam rörelse till fullt utbildat skred med branta skredärr kan gå mycket fort, särskilt om partier av lera är kvick då också ett lokalt mindre skred kan gripa bakåt och omfatta stora markområden.

Större skred i lerterräng är relativt väldokumenterade vad gäller omfattning och händelseutveckling. Systematisering av skredtyper och beskrivning av skredgeometrier finns beskrivna i SGI Rapport 15, Kartering och klassificering av lerområdets stabilitetsförutsättningar och Skredkommissionen Rapport 2:90, Ras och skred i Sverige.

Skred som inte omfattar lera eller skred i lera med liten sensitivitet och med begränsat djup är relativt ytliga, sällan djupare än 5 meter från ursprunglig markyta, men kan i långa slänter ändå omfatta stora jordvolymer.

1.2.3 Skred i branta silt- och sandslänter

Med silt- och sandslänter menas här slänter som till övervägande del består av silt och sand i ytan men som i vissa fall underlagras av lera eller innehåller skikt av siltig lera. Merparten av dessa slänter som är intressanta ur skredsynpunkt har mer eller mindre utpräglad omvänd jordlagerföljd. Bedömning görs i princip på samma sätt som för skred i lerterräng. I många fall är det dock tveksamt om överslagsmässiga stabilitetsberäkningar ger särskilt god vägledning vid bedömning av skredsannolikhet. Stabilitetsberäkningar kan motiveras då sand och silt underlagras av lera och då grundvattenläckage sker lokalt i slänten. Stabilitetsberäkning görs i dessa fall med konventionella beräkningsprogram och bedömda hållfasthets- och portrycksprofiler.

Beroende på jordlagerföljd och orsaker till skred kan sand- och siltslänter delas in i följande huvudgrupper

1. *sand och silt som underlagras av lera*. Erosion av undervattenslänter är största hotet mot stabiliteten men höga portryck kan vara skredutlösande i lutande terräng om lera innehåller sand- och siltskikt. Skred kan få omfattande utsträckning och snabbt förlopp om lerlagret är mäktigt och lera är kvick.
2. *branta sand- och siltslänter med skikt av lerig silt eller lera*. Täta skikt styr grundvattenströmmen ut i slänten och orsakar grundvattenerosion och ytliga skred. Detta är en process som, sett över en längre tid, pågår mer eller mindre kontinuerligt.

Efter snösmältning och långvarig nederbörd då grundvattentrycken ökar och jorden i släntytan är mer eller mindre vattenmättad kan större relativt ytliga skred inträffa. Om slänten är hög kan skredet omfatta stora volymer.

3. *mycket branta siltslänter (nipor)*. Förekommer mest i älvdalarna från Klarälven och norrut och orsakas av erosion vid nipans släntfot. På kort sikt är stabiliteten beroende av porundertryck i den kapillära zonen. Plötsliga skred sker då porundertrycket i jorden minskar efter långvarig nederbörd. Återkommande skred inträffar om skredmassorna förs bort och slänterosionen fortsätter. Vid en översiktlig inventering kan sannolikheten för att skyddsobjekt ska skadas bedömas på samma sätt som vid sideoerosion i naturligt vattendrag. Skred i nipor är egentligen en fördröjd effekt av erosion.

1.2.4 Skred i fyllningar i sidolutande terräng

Fyllningar på mark med låg totalstabilitet behandlas som skred i lerterräng eller i branta sand- och siltslänter. Här beskrivs fyllningar i sidolutande terräng där själva fyllningen kan vara instabil.

Bankfyllningar av finsand och silt med branta slänter är känsliga för vattenmättnad. Fyllningar på skrå i terrängen fungerar som dammkonstruktioner för yt- och grundvatten. Samma typ av skred kan inträffa i en bank i sidolutande terräng som i en bank där en korsande trumma sätts igen och dämmer vattenflödet, se 1.3.1 Korsande vattenflöde.

Finkorniga fyllningar på mark med grundvattenutflöde kan bli vattenmättade i nedre delen av slänten om dränerande jord saknas under fyllningen. Ytvatten på uppströmssidan av banken kan infiltreras i fyllningen och orsaka skred i slänten. Särskilt utsatta är fyllningar med grunda skärningsdiken mot den högre terrängen där vägprofilen har en lågpunkt på banken. Infiltration i diket kombinerat med igenslammade diken och ytvattenavrinning över bankslänt kan mycket snabbt radera en sådan bank. Löst lagrad vattenmättad jord är känslig för vibrationer och skred kan utlösas av tung trafik.

Bedömning av hur stor ytavrinningen i brant terräng kan bli vid intensiv nederbörd kan göras på samma sätt som beskrivs i 1.3 Bortspolad väg. Förutsättningarna för infiltration kan bedömas genom provtagning i diken. Säkraste bedömningen av infiltrationsförhållanden kan göras då dikena är vattenfyllda, men eftersom de i regel går torra är det inte troligt att den möjligheten finns vid inventeringstillfället. Vid släntfot kan förutsättningarna för vattenmättnad av banken bedömas genom förekomsten av vattenkrävande växter (grundvattenutflöde) och efter en regnig period (infiltration från uppströmssidan av banken).

1.2.5 Skred i branta moränslänter

Branta slänter i finkornig morän kan bli intabila i vattenmättat skick. Jorden i ytan får flytande konsistens och slamströmmar, ”jordlaviner”, kan utbildas. Slamströmmar kanaliseras och återkommer ofta på samma ställe med ravinbildning som följd. Risken är störst i tjälaktiv jord där växttäcknet är tunt eller skadat och träd saknas. Förekommer sällan utanför fjällnära exploaterad mark i sådan utsträckning att det behöver beaktas vid en översiktlig skredinventering.

1.2.6 Ras i bergslänter

Vägsärningar i berg är inte alltid stabila på lång sikt. Frostsprängning och mineralomvandling i sprickzoner leder efter hand till utfall av sten och block. Vaghållaren är medveten om problemet och åtgärder återkommande de instabila slänterna genom skrotning, bultning och nätning. Ur risksynpunkt är självfallet höga särningar och särningar med vägbanan nära bergslänten farligast. I mycket ogynnsamma fall skulle ett större bergutfall kunna leda till skred om vägen nedanför ligger på sluttande mark av lös lera. Stora berggras ned i vatten som ger flodvågor har inte inträffat i Sverige.

Inventering av rasrisk i bergslänt görs genom besiktning i fält av de slänter där block kan hamna på vägbanan. Redan utförda besiktningar kan användas.

1.3 Bortspolad väg

Om en väg kan skadas av höga vattenflöden beror på vägkonstruktionens utformning, möjliga vattenflöden och vattennivåer och vilka tillsyns- och förstärkningsmöjligheter som vaghållningen planeras för. Varaktigheten hos flödet påverkar skadans omfattning. Allmänt bör därför inventeringen inriktas mot att besvara följande frågor:

- Vid vilken vattennivå /vattenhastighet inträffar skadan? Hur varaktigt är flödet?
- Hur stor är sannolikheten att den aktuella nivån eller hastigheten uppnås?
- Vilka praktiska möjligheter finns i ett krisläge att förstärka eller leda vattnet annan väg?

Vägsador av vattenflöde kan uppstå vid i princip två skilda förhållanden:

1. korsande vattenflöde vid vägtrumma eller sidotrumma med dämning, överströmning och erosion, se 1.3.1.
2. sidoerosion i naturligt vattendrag parallellt med väg, antingen som erosion av rinnande vatten eller av vågor, se 1.3.2.

1.3.1 Korsande vattenflöde

Följande arbetsgång kan följas vid bedömning av sannolikheten för bortspolad väg:

1. välj ut de vägvägnitt där en bortspolning av vägen kan medföra allvarigare konsekvenser. Höga bankar kan vara ett hot mot nedströms liggande skyddsobjekt. Höga bankar som spolats bort leder också till längre avstängningstider för vägen och ger allvarliga konsekvenser för transportförsörjningen om bra omfartsmöjligheter saknas och trafikflödet är stort.

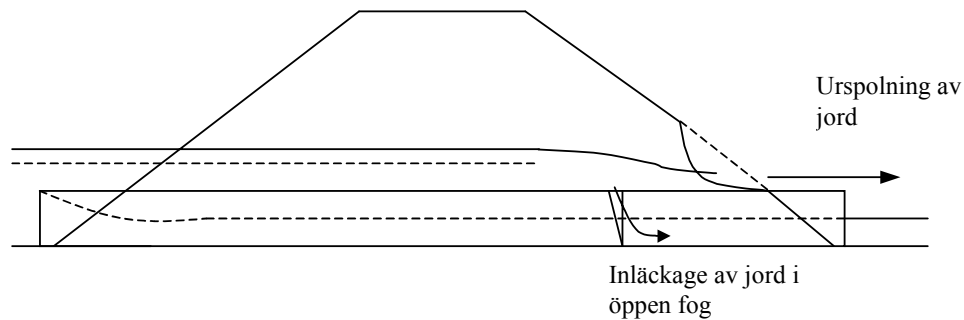
2. Bedöm kritisk vattennivå, det vill säga den vattennivå som kan orsaka stora skador på vägen eller hel bortspolning.
3. Bedöm magasinsvolym upp till kritisk nivå och sannolikheten för att denna ska överskridas. Vid en översiktlig inventering är det tillräckligt att analysera tre olika fall som kan orsaka bortspolning av vägen:
 - a. Högt flöde kombinerat med igensättning av truminlopp
 - i. Bedöm sannolikheten för igensättning och tid för att fylla magasinet
 - ii. Bedöm vilka möjligheter som finns att rensa bort hindret
 - iii. Bedöm vilka möjligheter som finns att förstärka banken eller avleda vatten
 - b. Högt flöde kombinerat med dämning vid trumutlopp
 - i. Bedöm sannolikheten för dämning nedströms och om kritisk nivå nås på uppströmssidan
 - ii. Bedöm om det finns möjligheter förstärka banken eller avleda vattnet annan väg
 - c. Flodvåg från dammbrott uppströms
 - i. Bedöm sannolikheten för dammbrott
 - ii. Bedöm om magasinsvolymen är tillräcklig
 - d. Högt flöde där varken truminloppet sätts igen eller trumutloppet dämms är inget allvarligt hot mot vägbanken om dimensioneringen gjorts rätt och trumman är rensad eftersom trummans kapacitet ökar väsentligt då vattennivån stiger uppströms. En trumma som är dimensionerad så att den nätt och jämn går full vid ett 50-årsflöde kan ta ett 200-årsflöde utan att vattennivån stiger högre än en halv trumdiameter över hjässan. Diagram för bestämning av trumkapacitet för trummor där flödet bestäms av inströmningsförhållandena visas i bilaga 3.

Steg 2 och 3 i arbetsgången beskrivs närmare nedan.

Steg 2. Kritisk vattennivå

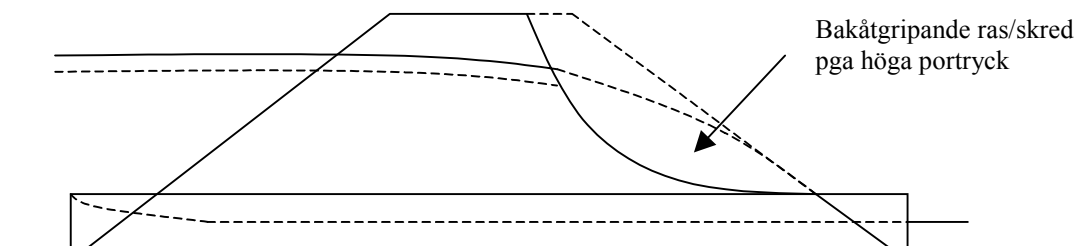
Större skador vid trumma genom vägbank kan inträffa genom fyra olika mekanismer:

- **inre erosion och borttransport av jord** i vägbank genom banken eller från banken och genom trumman via otäta trumskarvar. Sådan erosion kan pågå även vid måttliga flöden utan att trumläget är dämmt, men ger då sällan stora skador och hanteras genom normalt underhåll och utbyte av äldre trummor. Vid dämning någon meter över truminlopp kan erosionen få ett snabbare förlopp och i enstaka fall rasera hela vägbanken. Förutsättningarna är störst om bankfyllningen har varierande kornstorlek och åtminstone delvis består av fraktionerna grus eller grövre material, om trumman är kort och lutningen stor och om trumman är otät. Underhållsbehov och småskador genom inre erosion är indikationer på att trumläget inte klarar någon större dämning.



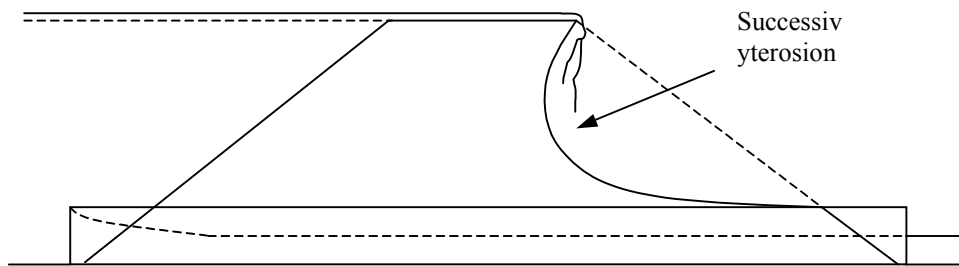
Figur 1: Inre erosion i vägbank med varierande kornstorlek

- **höga portryck och skred i nedströmsslänten** som snabbt griper bakåt och raserar hela vägbanken. Förutsättningarna är störst om banken är utfylld av grovsilt och finsand, om nedströmsslänten är brant, vägbanken är smal och trummans lutning är stor. Erfarenheter visar att bankfyllningar med ogynnsamma förutsättningar enligt ovan sällan är stabila om dämningen når två tredjedelar av bankhöjden. Under en kortare tid kan vägbanken vara stabil, men om dämningen varar i storleksordningen ett dygn har höga portryck hunnit byggas upp i hela banken även om den består av silt. Om topografin och terrängförhållandena är gynnsamma kan stödfyllning av vattengenomsläpplig jord, grus eller sprängsten, hinna läggas ut i ett akut skede och förhindra skred. I vissa fall kan bräddavlopp övervägas genom avschaktning av vägbank där skadorna totalt sett bedöms bli mindre, till exempel där banken är lägre och tappning kan ske i naturlig mark parallellt med bankens släntfot.



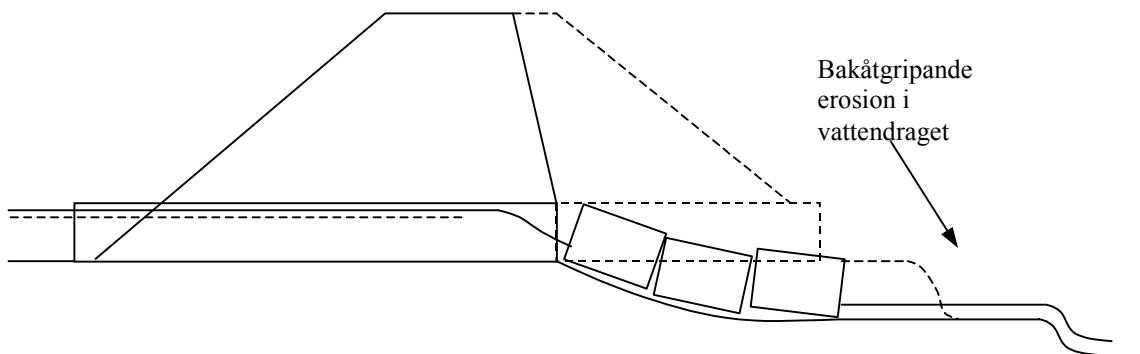
Figur 2: Ras/skred i vägbank av sand/silt, pga höga portryck

- **överströmning av vägbank med yterrosion** på nedströmssidan. Erosionen kan bli snabb om nedströmsslänten är brant och saknar erosionskydd. I regel saknas särskilt erosionskydd av jord på slänten, men naturliga skydd av gräs, buskar och träd kan stå emot erosion en viss tid särskilt om bankfyllningen består av morän med sten och block eller annan grövre jord. Är hela banken utfylld av sprängsten utbildas erosionskador enbart vid släntfot i naturlig jord. Om denna är lätteroderad och markytan lutar starkt kan erosionen gripa bakåt även i en sprängstensfyllning. Om vägen är belagd står vägöverbyggnaden mot erosion ända till dess att en stor del av nedströmsslänten spolats bort och ett mer eller mindre vertikalt hack utbildats mot asfaltkanten och väggkroppen undermineras. Utfyllning av sprängsten genom tippning ovanifrån kan begränsa skadorna. Om detta inte utförs och flödet är tillräckligt långvarigt eroderas hela vägöverbyggnaden och hela vägbanken raseras då fördämningen brister.



Figur 3: Överströmning och efterföljande yterrosion

- **bakåtgripande erosion i vattendrag nedströms vägtrumma** kan inträffa där erosionen ännu inte nått en långsiktigt stabil lutning hos vattendraget. Så kan vara fallet om jorden består av omväxlande sand- och siltlager där fasta lager av finsilt skapar en trappstegsformad profil med mellanliggande höljor. Sannolikheten för att pågående erosion ska påverka vägen kan bedömas efter samma principer som anges i 1.3.2.



Figur 4: Bakåtgripande erosion i vattendraget nedströms trumman

Steg 3. Magasinsvolym

Volymen beräknas som dämningens area gånger medeldjup från kritisk vattennivå ned till nivå före dämning. Underlag från topografisk karta eller besiktning kan användas vid överslagsmässig beräkning.

Alternativ a) högt flöde kombinerat med igensättning av truminlopp

I vissa fall finns stor risk för att trumman blir dämnd genom att grenar, träd eller stenar blockerar inloppet. Förutsättningarna för att truminloppet ska sättas igen av träd och buskar vid höga flöden är särskilt stor vid vattendrag i trädbevuxna raviner i silt- och sandjord med pågående erosion. Erosionen i sig skapar också förutsättningar för ras och skred som ökar sannolikheten för igensättning av truminlopp. I vattendrag med brant lutning är risken stor för att sten och block förs med vid höga flöden och täpper till truminlopp. Där förhållandena är mycket ogynnsamma – ogynnsamma kan igensättning av truminlopp, helt eller delvis, inträffa vid flöden med återkomsttider från 50 – 200 år.

Sidotrummor sätts ofta igen vid extrema flöden eftersom dimensionen är liten och dikena i regel inte är rensade från flytbart material. I skärningsdiken nedanför större slutningar avsätts ofta jord från nedströmmande vatten. Vid normala flöden sker avrinningen i större sänkor och

naturliga vattendrag direkt till korsande vägtrummor men vid extrem nederbörd även genom ytavrinning direkt ned i skärningsdiket. Branta slänter i silt och sand är särskilt känsliga åren efter avverkningar eftersom en kanalisering av avrinningen sker genom transportvägarna i terrängen och det skyddande växttäcket ofta skadas.

Bedömning av hur lång tid det tar för att fylla magasinet upp till kritisk nivå kan göras på följande sätt:

1. bedöm för vilket flöde (återkomsttid) truminloppet sätts igen (här utgås ifrån att ett naturligt flöde är orsaken till igensättningen)
2. utgå ifrån beräknad magasinvolym och gå in med detta värde som ackumulerat flöde i diagram 3
3. gå vidare i diagrammet med storleken på aktuellt avrinningsområde och avrinningskoefficient (bedöms med hjälp av tabell 2). Tid för att fylla magasinet vid nederbörd med aktuell återkomsttid läses av i diagrammet.

Om hindret vid truminlopp inte avlägsnas innan kritisk vattennivå nås är det troligt att banken spolats bort eller får allvarliga skador om banken inte förstärks eller vattnet kan avledas annan väg. Om förhållandena är gynnsamma, god framkomlighet i terräng för grävare/skotare och trumänden kan nås, är det rimligt att förutsätta att rensning är möjlig inom 6 timmar efter igensättning. Tillsyn, organisation, mobilisering och prioritering avgör i verkligheten hur stora möjligheterna är att rensa bort hinder.

Vid en slutlig bedömning av sannolikheten för att vägen kommer att spolats bort tas hänsyn till möjligheterna att i ett akut skede förhindra att kritisk vattennivå nås.

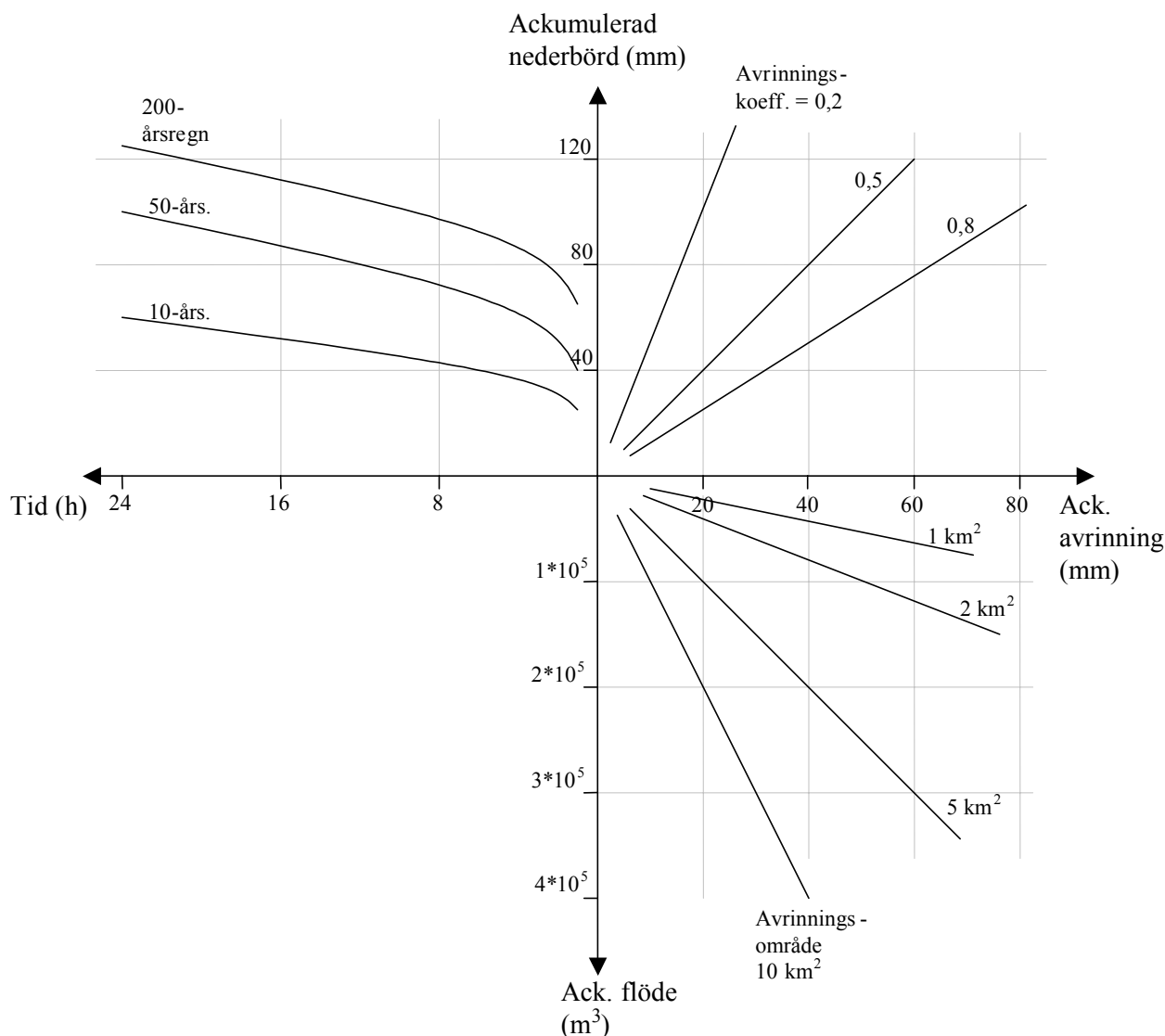


Diagram 3: Samband mellan varaktighet hos nederbörd med olika återkomsttider och ackumulerat flöde

Ackumulerad nederbörd i diagram 3 har bestämts överslagsmässigt från uppgifter i Flödeskommittén (Slutrapport, 1990) och handböcker i ämnet.

Avrinningskoefficienterna är de minst exakta variablerna vid bestämning av avrinning. De påverkas av en mängd olika faktorer och måste bestämmas för varje plats med hjälp av hydrologisk erfarenhet. Områdets landskap påverkar avrinningen på flera olika sätt. Lutningen påverkar starkt och större lutning ger större avrinning. Olika vegetationstyper har olika lagringsmöjligheter av vatten i sina bladverk och det styr till viss del hur mycket vatten som hinner avdunsta innan vattnet når marken. När vattnet har nått marken styrs avrinningen av jordens infiltrationskapacitet som i sin tur bland annat beror av jordens porositet. Porositeten i markens övre del kan påverkas av markanvändning som leder till kompaktion av jorden. Den mängd vatten som överskrider jordens infiltrationskapacitet bildar avrinning på markytan. Då regnet har en hög intensitet är det större risk att infiltrationskapaciteten överskrids. Avrinningen påverkas också av hur mättad marken är då det börjar regna och avståndet ned till grundvattenytan. Om jordens porer redan är vattenfyllda finns det ingen

möjlighet för vattnet att infiltrera och det bildar istället avrinning på markytan. I tabell 2 anges riktvärden för bedömning av avrinningskoefficienter under mättade förhållanden.

Marktyp	Avrinningskoefficient
Betong och gator	0,85
Berg i dagen, hållar	0,85
Industriområde	0,80
Bebyggelse i stad	0,70
Radhusområde	0,60
Skogsmark	0,30
Åkermark	0,25

Tabell 2: Riktvärden för avrinningskoefficienter för olika marktyper

Alternativ b) högt flöde kombinerat med dämning vid trumutlopp

Med dämning vid trumutlopp menas här att vattenytan når upp till trummans hjässa eller högre. Orsaker kan vara eftersatt rensning eller hinder strax nedströms, dämning från vattendrag nedströms eller högt flöde i lång trumma med dåligt fall. Trummans kapacitet ökar betydligt då vattenståndsskillnaden upp- och nedströms trumman ökar. I de fall då nivåskillnaden mellan bedömd vattennivå vid utlopp och kritisk nivå på uppströmssidan är liten bör trummans kapacitet kontrolleras. Överslagsmässig kontroll kan göras enligt bilaga 4. Med nivåskillnad, trumdimension och trumlängd som ingångsvärden bestäms det flöde som trumman kan ta emot. En grov bedömning av vilken återkomsttid detta flöde svarar mot kan göras med hjälp av diagram 3 om ackumulerat flöde divideras med flödets varaktighet.

Alternativ c) flodvåg från dammbrott uppströms

Vid dammbrott uppströms trumma jämförs den urtappade dammens volym med dämningens volymen upp till kritisk vattennivå för vägbanken och sannolikheten för dammbrott bedöms utifrån vad dammen är konstruerad för, i vilket skick den är och vilken tillsyn som görs. Äldre dammar med vattendom har i regel dimensionerats för högsta uppmätta avrinning med ett påslag av 10-20 %, vilket motsvarar flöden med ca 100 års återkomsttid.

Till kategorin dammbrott kan också föras uppströms liggande väg- och järnvägsbankar som spolats bort vid extrema flöden. Sannolikheten för dammbrott bedöms enligt ovan. Sådana dammkonstruktioner fungerar också som flödesutjämnare vid höga flöden så länge som de motstår dämning.

1.3.2 Sidoerosion i naturligt vattendrag

Erosion i vattendrag är en naturlig och ständigt pågående process eftersom våra vattendrag ur ett geologiskt perspektiv är mycket unga. Den pågående landhöjningen är också en pådrivande faktor i de kustnära delarna av vattendragen. Mänsklig påverkan genom fyllningar och muddringar påverkar erosion och sedimentation lokalt. Väghållaren har i regel god kunskap om var erosion som kan påverka vägen pågår.

Mest erosionskänsliga är slänter i silt och sand där omväxlande erosion och sedimentation sker i ytter- och innersvängar av vattendraget. De största skadorna inträffar av naturliga skäl vid höga vattenflöden. Därefter anpassar sig övervattenslänterna genom smärre skred och ras, ytvattenerosion och jordflytning mot ett nytt jämviktsläge. Större skred som utlöses av

erosion behandlas i 1.2. Sett över en längre tid kan dock erosionsaktiviteten uttryckas som en sideoerosion/år. I bland finns erosionshastigheten dokumenterad på kartor eller är väl känd av närboende. I flertalet fall måste hastigheten uppskattas genom observation av förhållanden på platsen. Tecken på pågående erosion beskrivs närmare i 1.2.

Sannolikheten för att plötslig erosion skall skada vägen vid ett naturligt vattenflöde kan grovt beräknas som $1/T$, där T är uppskattat antal år det tar för erosionen att nå vägen. Man kan förutsätta att förstärkningsåtgärder genom fyllning med sprängsten är mycket svåra att genomföra i ett krisläge om nivåskillnaden mellan vägen och vattendragets botten överstiger ca 10 meter.

Om det naturliga flödet störs genom hinder i form av isproppar eller bråtar av träd kan inte ovanstående beräkningssätt användas utan sannolikheten för skada måste uppskattas med hjälp av lokal erfarenhet och med hänsyn till vägens utsatthet för sådana händelser. Detta gäller också bedömning av sannolikheten för att vattendraget ska söka sig en ny fåra vid fördämning och sannolikheten för skada på vägen av störtflod från en brusten fördämning.

1.4 Översvämmad väg/bro

Översvämning av vägar och broar kan av praktiska skäl delas in i tre olika typfall:

- översvämning av väg eller bro intill vattendrag i större avrinningsområden
- översvämning av väg eller bro i lågmarsk område i mindre avrinningsområden
- översvämning av väg vid brounderfart

Skillnaden mellan de två första typfallen är i första hand avrinningsområdenas storlek och tillgång till statistiska uppgifter. Övergångsformer finns. I det tredje typfallet är tillrinningsområdet ofta mycket litet och avbördningen inte naturlig.

1.4.1 Väg och bro intill större vattendrag

Normalt ligger anslutande väg till bro eller väg som inte ligger i närheten av bro lägst och översvämmas först. I vissa fall är mindre broar den lägsta punkten. Väghållaren känner i regel väl till de vägvägnitt och broar som ligger i farozonen för översvämning.

Utgångspunkten för bedömning av sannolikheten för översvämning är historiska uppgifter om vattennivåer. För större vattendrag finns omfattande statistik som kan användas vid bedömning av karakteristiska nivåer intill inventerat objekt. Översvämmade vägvägnitt under de senaste årens höga flöden är fortfarande i gott minne och kan användas som underlag vid inventeringen. De högsta flödena har i regel motsvarat återkomsttider kring 100 år och något däröver.

SMHI utför beräkningar av vattennivåer vid höga flöden på uppdrag av Räddningsverket och resultaten redovisas på <http://naturolyckor.srv.se>. Förteckning av karterade vattendrag anges i bilaga 5. Beräkningarna redovisas som översvämmade områden vid två flöden: dels vid ett flöde med 100 års återkomsttid, dels vid ett beräknat flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av dammar i högsta riskklass.

Uppgifter om vattennivåer på broritningar kan också ge viss vägledning vid bedömning av sannolikheten för översvämningar. De flesta broarna är byggda med minst 0,3 m marginal till

högsta kända vattenyta, vilket för många vattendrag med begränsad observationstid i regel motsvarar ca 50 års återkomsttid. I många fall har kraven på fri höjd för båttrafik medfört att marginalen är betydligt större.

För vägars höjdläge i förhållande till högsta vattennivåer finns inga motsvarande krav.

Trafikering med tunga fordon ger bärighetsskador redan innan vattennivån når upp till vägytan. Inskränkningar i trafik av säkerhetsskäl kan behöva göras när vattendjupet blir någon decimeter på vägen. Mindre uppfyllningar på befintlig väg är möjliga göra på en begränsad vägbredd för att ta fram trafik. Större fyllningar kan medföra sättningsskador och förhöjd skredrisk. Vägbankar som innehåller lättfyllningsmaterial, cellplast och lättklinker, kan ta skada genom att fyllningen flyter upp om den inte dimensionerats för tillräckligt högt vattenstånd. Översvämningar i större vattendrag varar sällan mer än en vecka.

1.4.2 Väg och bro i lågmarksområde i mindre avrinningsområden

Vägar som går över lågt liggande mark och sättningssvackor på mossar översvämmas relativt ofta. Väghallaren har oftast bra kunskap om vilka vägar som riskerar att översvämmas vid höga vattennivåer.

I små avrinningsområden finns oftast bara begränsad eller ingen statistik över vattenflöden och vattennivåer, men det finns lokal erfarenhet och kunskap om vattendrag och markområden som går att utnyttja för att göra uppskattningar. En svårighet i att bestämma sannolikheten för översvämning vid en viss plats ligger i att i ett litet avrinningsområde blir flöden och nivåer starkt påverkade av lokal extrem nederbörd och avsmältning. Alla områden har inte utsatts för extremsituationer i modern tid och det medför att områden som tidigare förskonats kan drabbas av översvämningar. Mannaminnat är kort och extrema händelser glöms relativt fort bort av de flesta. Sannolikheten för att ett 200-årsflöde ska ha inträffat under den senaste 50-års perioden är 22%, vilket kan vara bra att ha i minnet då uppskattningar görs med hjälp av lokal erfarenhet. Risken för översvämning i små avrinningsområden kan också öka om markanvändning och avvattning i området förändras och hänsyn till detta bör också tas då bedömningar av flöden och vattennivåer görs utifrån tidigare erfarenheter. Som komplement till erfarenhetsvärden bör överslagsberäkningar av flöden och nivåer enligt 1.3.1 utföras för områden där riskerna bedöms vara störst. Det kan därför vara motiverat med överslagsberäkningar både för vägavsnitt där sannolikheten för översvämningar erfarenhetsmässigt är hög och för vägavsnitt där konsekvenserna kan bli allvarliga och förutsättningar finns för översvämningar men sannolikheten erfarenhetsmässigt bedöms vara låg.

Händelseförloppet motsvarar det i ett stort område men det sker under en kortare tid. Oftast varar inte översvämningar längre än någon dag. De åtgärder som kan göras är i de flesta fall samma som i ett stort avrinningsområde men med tanke på översvämningens kortare varaktighet behövs oftast inte lika omfattande åtgärder. Vid översvämningar vid sättningssvackor på mossar är det riskabelt att lägga ut fyllningar för det kan orsaka markgenombrott som medför stora återställningskostnader och långvariga trafikavbrott.

1.4.3 Översvämning av väg vid brounderfart

När en väg leds ner i en sänka för att passera under en bro skapas ofta ett lokalt avrinningsområde som medför att vatten leds ner till passagens lågpunkt under bron. Från lågpunkten leds vattnet bort med självfall genom ledningar eller pumpas till en högpunkt varifrån det kan ledas bort med självfall. Beräkning av hur stor avrinningen blir kan göras med hjälp av Vägverkets publikation 1990:11, Hydraulisk dimensionering.

Ledningar och pumpar dimensioneras vanligtvis för att klara ett flöde med en återkomsttid på tio, fem eller två år. Tio år gäller för motorväg, motortrafikled eller annan högklassig väg, fem år gäller medelstora vägar och två år gäller för mindre vägar med liten trafikmängd och gång- och cykelvägar (VV publ. 1990:11). Om vattnet pumpas bort kan det i vissa fall i speciellt viktiga underfarter installeras två pumpar för att ha en reservpump om en av pumparna skulle falla. Var pump för sig ska klara det dimensionerande flödet med utnyttjande av tillgängliga yttre magasin, som tilloppsledningar, brunnar och diken, utan att dagvatten bräddar över på vägar och trafikytor.

Översvämning kan fås vid lokala häftiga regn då kapaciteten i rör och pumpar inte räcker till. Det är oftast ett snabbt förlopp och översvämningen blir relativt kortvarig, sällan mer än ett dygn. Förutom att trafiken hindras kan elinstallationer i undergången ta skada och det kan sättas av slam som måste tas om hand efter översvämningen.

Den åtgärd som kan sättas in för att förhindra översvämning är länshållning med extra pumpar. Räddningstjänsten har dock oftast för låg pumpkapacitet för att hinna med att länshålla undergångar.

Sannolikheten för att en översvämning ska uppstå bestäms med samma princip som sannolikheten för att kritisk nivå vid en trumma ska uppnås, dvs genom att jämföra kapaciteten att leda bort vatten med det flöde som når undergången. Då det rör sig om ett gemensamt ledningssystem för ett större område kan vatten från andra ställen ledas i samma ledning som vattnet från vägsänkan och det måste då tas med i dimensioneringen av ledningar nedströms så att det inte däms vatten uppåt i systemet.

1.5 Broskada av vattenflöde

Sannolikhet för skada på erosionsskydd

Erosionsskydd för broar har i allmänhet dimensionerats med en säkerhetsmarginal på medelvattenhastigheten vid flöden motsvarande ca 50 års återkomsttid. Säkerhetsmarginalen ska dels täcka in effekten av lokalt högre vattenhastigheter vid mellanstöd och brokoner, dels utgöra en marginal mot högre flöden. Beroende på strömningsförhållandena i broläget bedöms erosionsskydd utförda enligt arbetsritningar normalt kunna stå emot större skador upp till flöden som motsvarar återkomsttider på 200 – 500 år. Under ogynnsamma förhållanden är sannolikheten större för att skador ska inträffa.

Erosion inträffar normalt först i naturligt bottenmaterial i anslutning till erosionsskydden och därefter skadas erosionsskyddet. Förloppet går snabbt om naturlig jord är erosionskänslig. Naturlig botten av morän eller jord med väl utbildad sten- och blockpäl har bättre förmåga att stå emot erosion och utbildar i takt med att erosionen fortgår ett allt bättre naturligt skydd. Översiktlig inventering kan därför inriktas mot brolägen med naturlig jord av grus, sand och

silt som saknar sten- och blockpål och mot observation och bedömning av ogynnsamma strömningsförhållanden, exempelvis:

- utfyllningar och brokoner som leder till strömkoncentrationer och turbulent flöde med lokalt höga vattenhastigheter
- stora inskränkningar i det naturliga vattendragets vattenarea vid höga flöden. Ett högt flöde kan leda till djuperosion i hela broläget om naturlig botten är erosionskänslig, består av fingrus, sand eller grovsilt. Erosionsskador i strandlinjen upp- och nedströms bron kan vara tecken på djuperosion. Jämförelse med lodat djup och bottenprofil på broritning kan ge indikationer på djuperosion.
- broläge utsatt för dämning mot brostöd eller överbyggnad av flytande bråte eller isproppar. Sannolikheten för att högvattenflöden ska föra med sig flytande bråte bedöms på samma sätt som vid trumma. Isproppar kan bildas både vid isgång och nedströms strömsträckor vid isläggning av lugnvatten. Lokal erfarenhet är bästa källan för bedömning av sannolikhet för isproppsbildning.

Vid bedömning av sannolikheten för större erosionsskador bör också resultaten från inspektioner av erosionsskydd vägas in. I vissa fall kan huvudorsaken till inträffade skador vara att erosionsskydden inte utförts med kornstorlek, lagertjocklekar och utsträckning enligt ritning.

Vid bedömningen tas också hänsyn till vilka möjligheter som finns att förhindra skador i ett akut skede. Vid begränsade vattendjup och strömhastigheter kan möjligheterna att komplettera erosionsskydd genom fyllning av sten och block vara goda om upplag finns i närheten och sådana åtgärder prioriteras. Att avlägsna träd och bråte som redan fastnat mot bron har visat sig vara svårt. Större isproppar är ännu svårare.

Bedömning av om skada på erosionsskydd kan ge allvarlig skada

Med allvarlig skada menas att bron grundläggning eller tillfarter skadas eller riskerar att skadas så att trafikavstängning blir nödvändig. Utöver konsekvenser för transportförsörjningen till kommer kostnader för förstärkning åtminstone av erosionsskydd. Inventeringen inriktas mot att bedöma bronns sårbarhet för erosionsskador, dvs hitta broar med grundläggning som kan ta allvarlig skada av erosion och leda till omfattande förstärkningsåtgärder och längre avstängningstider. De mest sårbara grundläggningarna är:

- plattgrundläggning på erosionskänslig jord, främst sand och silt
- grundläggningar av landfästen på hög nivå över vattendragets botten, i första hand platta i naturlig mark eller på fyllning men även på grundlagda landfästen i erosionskänslig jord där underspolning >3-5 meter kan befaras

I vissa fall kan skadorna på bron och avstängningstiden begränsas i ett akutskede genom avschaktning av dämmande tillfartsbankar eller belastning av lätt broöverbyggnad som riskerar att föras bort av strömtryck.

Avstängningstider och kostnader för förstärkning är naturligtvis beroende av hur allvarlig skadorna på bron är och på brotyp. Avstängningstid kan förkortas genom att anlägga provisorisk bro.

1.6 Broskada av påkörning/påsegling

1.6.1 Påkörning av fordon

Bågbroar och fackverksbroar.

Det finns en mängd typer av broar och de är olika känsliga för påkörning. Mest utsatta är brotyper där de bärande konstruktionsdelarna är exponerade nära trafiken. Bågbroar är en typ som är särskilt känslig. Bågbroar med överliggande bågar har transversaler som håller ihop och stabiliserar de två bågarna och de går vinkelrätt vägen ovanför vägbanan. Transversalerna är känsliga för påkörning av för höga eller för högt lastade fordon och då de skadas kan bron bli instabila.

Fackverksbroar är en annan typ av bro där de bärande konstruktionsdelarna är exponerade nära trafiken. Konstruktionen bygger på samverkan mellan olika delar och om någon del skadas kan bron bli försvagad. Fackverket kan vara placerat över brobanan och har då ofta liksom bågbroar transversaler som kan skadas av för höga fordon. Det kan också hänga under brobanan och vara exponerat för höga fordon på korsande väg under bron.

Totalt har Vägverket 146 broar av typerna fackverksbroar och bågbroar med överliggande bågar. Under åren 1987-2002 uppkom det genom påkörningar på dessa broar 102 skador på broarnas bärverk som var så allvarliga att bron klassades i tillståndsklass 3, dvs. att de bör åtgärdas snarast. Av dessa var 27 skador på broarnas huvudbärverk och det var 23 olika skadetillfällen. Sannolikheten för att det ska bli en skada på huvudbärverket klassad som tillståndsklass 3 på en bro under ett år är cirka 1 %. Inget av de 23 skadetillfällen har lett till inskränkning av trafik eller tillåtna laster. Det är dock ingen garanti för att skador som kräver avstängning för all trafik inträffat tidigare, med i regel begränsas följderna av påkörning till reparationskostnader som kan uppgå till någon miljon kr. Sannolikheten för allvarlig skada med trafikavstängning kan skattas till cirka 10^{-3} . Broförvaltarna i väghållningsregionerna har kunskap om vilka broar som är särskilt sårbara för påkörning och vilka av dessa som har lägre fri höjd än 4,5 meter och är särskilt utsatta.

Broar med veka mellanstöd

Utsatta mellanstöd till nyare broar är dimensionerade för att klara en relativt kraftig påkörning av fordon utan att kollapsa. Vid en sådan påkörning stängs bron av åtminstone för tung trafik under reparationstiden. Äldre broar med veka mellanstöd har inte samma reservkapacitet för påkörning men är i regel skyddade med räcken mot påkörning. Sammantaget är sannolikheten för påkörning med stora skador på mellanstöd liten till mycket liten.

Broar med lätta överbyggnader

Lätta gång- och cykelbroar av stål, aluminium och trä över vägar är i regel byggda med större fri höjd än normalt för att minska sannolikheten för påkörning. Eftersom konsekvenserna för trafikförsörjningen i allmänhet är begränsade utgör dessa broar ingen väsentlig risk.

Stålbalksbroar för järnvägstrafik över väg, särskilt de med begränsad fri höjd kan utgöra en stor risk för järnvägstrafiken eftersom redan en mindre sidoförskjutning av rälsen kan leda till urspårning med mycket allvarliga konsekvenser.

1.6.2 Påsegling av fartyg

Fasta broar

Nya broar som byggs idag är dimensionerade för att klara påsegling av mellanstöd. För vilka krafter de dimensioneras beror på vilken trafik som går i farleden. De mest utsatta broarna är broar över större farleder. Det går dock inte alltid att skydda bron mot påsegling som leder till skador. Äldre broar över farleder där fartygsstorlekarna ökat är speciellt känsliga eftersom de inte dimensionerats för så stora krafter som påkörning av större fartyg ger.

Bågbroar med underliggande båge är mycket känsliga för påsegling och är självfallet inte dimensionerade för detta. Tillförlitligt skydd finns bara om djupförhållandena i farleden omöjliggör påsegling av större fartyg.

Eventuella ledverk är enbart dimensionerade för att kunna korrigera smärre kursavvikelser hos måttligt stora fartyg.

Rörliga broar

Rörliga broar är känsliga för påkörning eftersom öppning och stängning omöjliggörs redan vid små förskjutningar. Relativt små skador kan därför medföra långa avstängningar både för vägtrafik och för sjöfart.

Det finns signaler som meddelar fartyg om bron är öppen eller stängd och signalering ska ske så tidigt att fartyget hinner stanna innan det når bron om bron inte har gått att öppna (Allmänna råd om broöppningssignaler, Sjöfartsverket). I vissa situationer är det svårt för fartygen att stanna, t.ex. om det är strömt, och då finns det en risk att fartyget går på bron. De ledverk och dykdalber som finns är även här för klena dimensionerade för att kunna avvärja en svår påkörning. De är mest till för att småbåtar ska kunna lägga till där under väntan på broöppning. För att undvika att köra på bron kan fartygen i nödfall välja att gå på grund mot stranden. I de flesta vattendrag där det finns öppningsbara broar är det idag bara trafik med små fritidsbåtar och de är oftast för klena för att kunna orsaka större skada på en bro. De rörliga broar som löper risk att skadas av påkörning är oftast kända av broförvaltaren. Sannolikheten för allvarigare påsegling bedöms för varje enskild bro utifrån inträffade incidenter och trafikeringsförhållandena.

1.7 Funktionsstörning rörlig bro

Sannolikhet för funktionsstörning

De rörliga broar som har råkat ut för haverier eller störningar vid broöppning är väl kända av broförvaltarna på väghållningsregionerna. Likaså om felen beror på yttre temperatur, fel i styr- och reglerutrustning, hydraulik, materialbrott eller handhavande. Det statistiska underlaget för att uppskatta frekvensen av haverier och störningar är litet och skulle ge en missvisande bild av sannolikheten för funktionsstörningar hos beståndet av rörliga broar i allmänhet. Den bästa uppskattningen görs därför av regionernas broförvaltare med ledning av tidigare störningar för aktuell bro. För broar där inga störningar inträffat kan bedömning göras med utgångspunkt från en jämförelse mellan utformning och utrustning hos aktuell bro med motsvarande broar där störningar inträffat.

Omfattning och händelseförlopp

Följderna av funktionsstörning bedöms utifrån erfarenheter från tidigare händelser och aktuell beredskap för att lindra och återställa. I regel drabbas både vägtrafik och sjöfart i ett inledande skede. Om det finns möjligheter att provisoriskt åtgärda felet så att antingen vägtrafik eller sjöfart kan gå fram avgör konsekvenserna vilket val som görs.

Varaktighet hos trafikavbrott bedöms utifrån omfattningen av funktionsstörningen, om det är fråga om mindre störning eller totalhaveri. Olika allvarliga skadeutfall kan behöva bedömas.

1.8 Övriga händelser

Enbart fantasin sätter gränser för vad som kan orsaka allvarliga skador. Det kan till exempel vara motiverat att beskriva vilka anläggningar som är mest sårbara för sabotage för att kunna bedöma hur stora sådana risker är och vilka möjligheter till riskbegränsning som finns.

Elavbrott orsakar störningar på installationer, t ex rörliga broar, pumpstationer och trafikljus. Finns tillgång till reservkraft?

Större bränder och olyckor med gasutsläpp och explosioner i vägens närhet kan göra vägen oframkomlig eller skada brokonstruktioner. Riskinventeringar som gjorts av kommuner kan användas för att inventera möjliga riskobjekt intill väg.

2 KONSEKVENSN AV FARA

I denna metodbeskrivning har valts att beskriva risker utifrån faror. Varje fara kan medföra olika typer av konsekvenser. Bedömning av risk kopplad till en viss fara görs därför utifrån de samlade konsekvenserna på det sätt som beskrivits i kapitel 5 i handledningen.

Konsekvenser indelas i följande konsekvenstyper med underindelningar

- Personskador med underindelning
 - P_{VTS} , personskador för trafikanter och anställda
 - $P_{omgivning}$, personskador i omgivningen
- Egendomsskador med underindelning
 - E_{VTS} , egendomsskador som berör väganläggningen, t ex återställningskostnader.
 - $E_{omgivning}$, direkta egendomsskador som berör omgivningen.
- Miljöskador, skador som berör naturresurser (t ex vattentäkter), naturmiljöer och kulturmiljöer
- Finansiella skador med underindelning
 - F_{VTS} , samhällsekonomisk skada till följd av störningar för vägtrafik
 - $F_{omgivning}$, samhällsekonomisk skada för övrig infrastruktur och följdskada för industri och samhälle
- Immateriella skador

Med utgångspunkt från faran och beskrivningen av händelseutvecklingen och omfattningen uppskattas:

- möjliga skadeutfall och sannolikheten för dessa givet att faran inträffat, exempelvis förväntat antal dödsfall, trolig avstängningstid för trafik, sannolikheten för att en vattentäkt ska förorenas osv
- Skadevärde, exempelvis kalkylvärde för dödsfall, samhällsekonomisk kostnad vid trafikavstängning och värdet av vattentakten osv

I avsnitt 2.1 – 2.4 ges vägledning för hur sannolikheten för möjliga skadeutfall och skadevärden kan bedömas. I de fall det är svårt eller olämpligt att uttrycka skadevärden i kronor beskrivs konsekvensen direkt i ord enligt den skala som angivits i riskmatrisen sedan hänsyn tagits till hur sannolik skadeutfallet är.

2.1 Konsekvens för personer

Personskador kan i första fall förväntas vid farligtgodsolyckor med utsläpp av giftig eller brandfarlig kondenserad gas eller mycket brandfarlig vätska. Andra händelser t ex skred och ras, bortspolad väg och översvämmad väg kan också innebära personskaderisk

2.1.1 Förväntad personskada vid farligtgodsolycka

Händelseförlopp vid utsläpp av farligt gods (samt typer av personskador)

Gasol och **ammoniak** är tryckkondenserade gaser. Vid utströmning i luft kommer en del av vätskan att förångas och övergå i gasform eftersom gasol är mycket flyktigt. Vid denna förångning upptas värmeenergi ur omgivningen och gasen får en lägre temperatur än den

omgivande luften och lägger sig strax ovanför markytan. Vätska som inte förångas direkt finfördelas till små vätskedroppar och en aerosol bildas. Denna kommer att driva med gasen och de finfördelade vätskedropparna kommer successivt att förångas. Vid ett momentant utsläpp skadas tanken så svårt att hela innehållet strömmar ut och bildar ett tungt gasmoln på grund av det höga inre trycket i tanken. Gasmolnet driver iväg över markytan i vindriktningen. Vid ett kontinuerligt utsläpp uppstår en mindre läcka när tanken skadas. Gasen strömmar då kontinuerligt ut tills trycket inne i tanken har sänkts till atmosfärstrycket. Ammoniak är en starkt alkalisk gas med frätande egenskaper. Inandning av ammoniak förorsakar skador på luftvägar och slemhinnor. För höga exponeringsdoser kan leda till dödsfall. Gasol bedöms inte vara giftigt men kan vid högra koncentrationer framkalla illamående och yrsel.

Bensin är en flyktig vätska som vid utsläpp kommer att strömma ut på marken och bilda vätskepölar. Utströmningen sker inte lika snabbt som vid ett gaslutsläpp eftersom bensin transporteras vid atmosfärstryck. Bensinångor kommer att utvecklas från den vätskepöl som bildas vid utsläpp. Bensinångor är tyngre än luft och kan ansamlas över vätskepölen i avgränsade eller instängda utrymmen. I friare utrymmen späds bensinångorna relativt snabbt ut till ofarligare koncentrationer.

Människor som befinner sig i det område där brand eller explosion uppstår sekundärt till följd av utsläpp av gasol eller bensin och i viss mån eldningsolja riskerar att omkomma eller skadas. Dels kan en jetflamma (en stor låga) uppstå om en direkt antändning uppstår vid utsläppskällan. Trycket i tanken samt luftinblandningen vid utströmningen medför att flammen kan breda ut sig en avsevärd sträcka. Om gasol strömmar ut, breder ut sig i vindriktningen och antänds på ett längre avstånd från utsläppskällan (gasbrand), talar man om fördröjd antändning. För bensin och kondenserad gasol (gasol är dock flyktigt) kan vätskepölar uppstå, ifall dess antänd erhålls en pölbrand. Explosion kan uppstå om tillräckligt stora mängder gasol eller bensinångor ansamlas i gasmoln i vissa koncentrationer och antänds.

Svavelsyra (vätska) är ett starkt frätande ämne som kommer att reagera med fuktigheten på markytan eller i luften när syran strömmar ut. Detta leder till att det ryker över den vätskeyta som uppstår efter ett utsläpp. Svavelsyra är starkt frätande vid inandning, förtäring och kontakt med ögon och hud.

Fenol kommer att avge ångor från vätskepölar vid ett utsläpp. Avdunstningen sker i regel i så liten omfattning att de giftiga ångorna främst koncentreras till luftskiktet ovanför vätskeytan. Fenol har en stelningspunkt på 41°C och transporteras därför varmhållen. Vid ett utsläpp kommer den att stelna när den strömmar ut över markytan. Detta begränsar spridningen.

Den aktuella sträckan delas in efter omgivningstyp och befolkningstäthet.

Den aktuella sträckan delas in efter omgivningstyp och befolkningstäthet. En kartläggning av ett område på upp till 1000 meters avstånd på vardera sidan om den aktuella sträckan rekommenderas. Om uppgifter om befolkningstäthet inte finns kan de angivna uppgifterna nedan användas.

Omgivning	Befolkningstäthet (innevånare/km ²)
Stad	2500
By	300
Landsbygd	3-10

Förväntat antal döda och svårt skadade

För varje delsträcka som omges av bebyggelse hämtas värden för förväntat antal döda och antal svårt skadade från diagram 4 och 5. I diagrammen kan förväntat antal döda och svårt skadade avläsas utifrån uppgifter som befolkningstäthet och riskavstånd.

Vid beräkningarna av konsekvenserna för personskador har ett normalutsläpp med lika fördelning gasol och ammoniak samt 50 % andel bensin av petroleumprodukter antagits. Beräkningarna grundar sig på ett utsläpp som varar i 30 minuter (den genomsnittliga tidsåtgången för en räddningsstyrka att hinna stoppa ett utsläpp). Beräkningarna ger de sammanvägda konsekvenserna från alla händelseförlopp som följer på en farligtgoodsolycka. Vidare är beräkningarna baserade på ett genomsnittligt väder som motsvarar 80 % neutralt väder med en vindhastighet på 5 m/s och 20 % stabilt väder med en vindhastighet på 2 m/s. Diagrammen grundar sig på VTI rapport 387:4, 1994.

För uppgifter om förväntat antal döda och svårt skadade för respektive farligtgodsslag hänvisas till bilaga 6 "Underlag för beräkning av personskador vid farligtgoodsolycka".

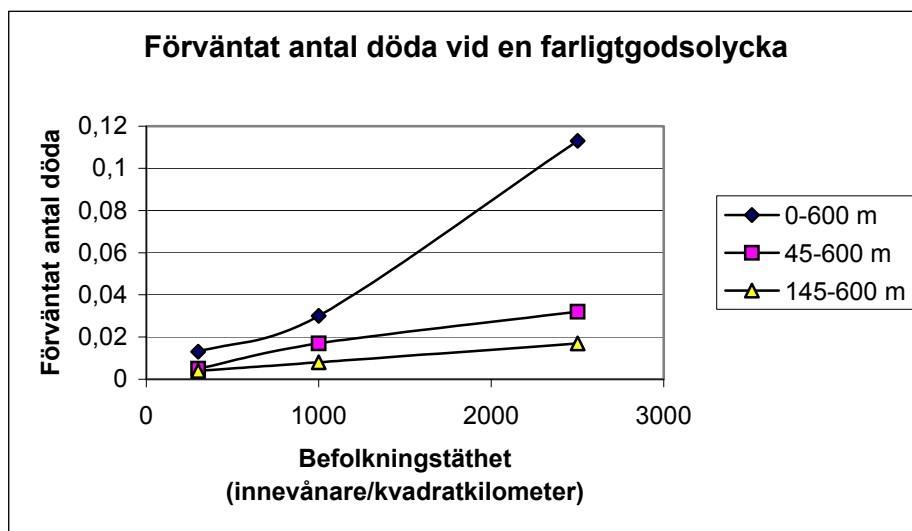


Diagram 4: Förväntat antal döda vid en farligtgoodsolycka som funktion av befolkningstäthet och avstånd till bebyggelse för antaget normalutsläpp av farligtgods.

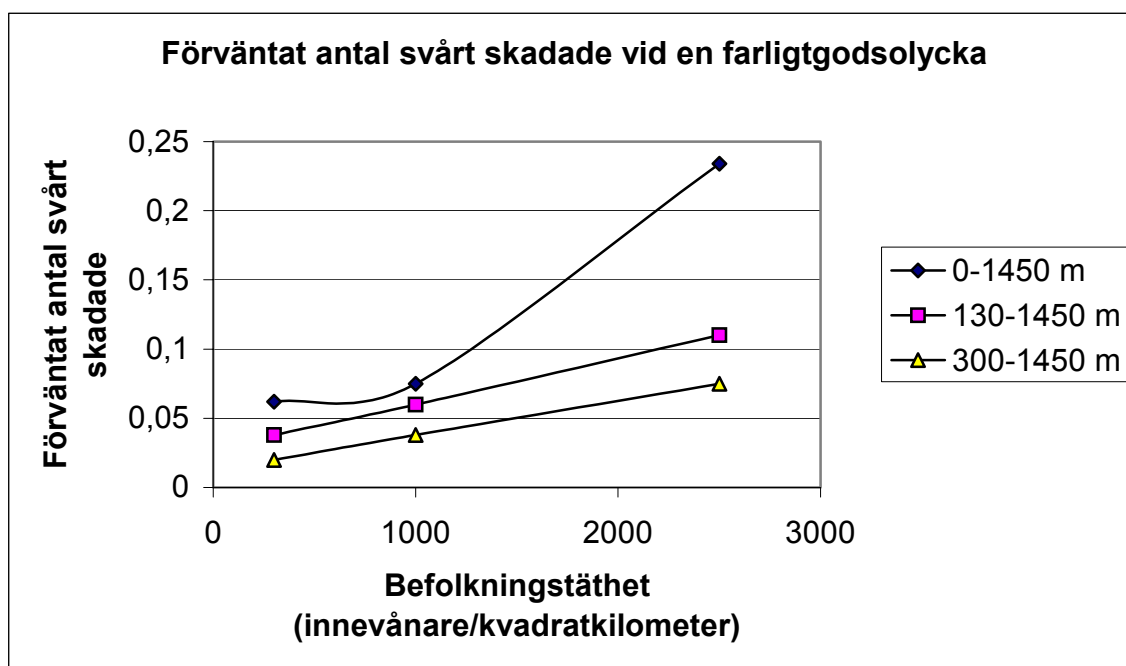


Diagram 5: Förväntat antal svårt skadade vid en farligtgoodsolycka som funktion av befolkningstäthet och riskavstånd för antaget normalutsläpp av farligtgods.

För befolkningstätheten land (3-10 inv/km²) förväntas inte några döda eller svårt skadade. För ett riskavstånd på mer än 600 meter från olyckan förväntas inga döda. För farligtgodsslagen fenol och svavelsyra förväntas inga döda men förväntat antal svårt skadade 0,5 inom 10 meter från utsläppspunkten.

Konsekvens

Aktuellt förväntat antal döda eller svårt skadade för varje delsträcka multipliceras sedan med kalkylvärdet för dödsfall och svårt skadade enligt 2.1.3.

2.1.2 Förväntad personskada vid övriga faror

Förväntat antal personskador och skadans allvarlighet är beroende av hur många som exponeras för risken, vilka möjligheter till förvarning som finns och hur våldsam påverkan är. Dessa tre faktorer vägs in då bedömning av förväntade personskador görs.

För tredje man är risken för personskador störst vid snabba skredförlopp som påverkar bebyggelse, särskilt bostadsbebyggelse. Större skred i lerterräng och branta siltslänter som underlagras av lera är de dominerande hoten eftersom sådana skred både kan bli omfattande och ha snabba förlopp. Skred i branta sand- och siltslänter som utlöses av höga portryck innebär också en risk för personskada om bebyggelse finns nära släntkrön. Störst är risken efter långvarig nederbörd med förhöjda portryck i marken och då vattennivån sjunkit undan efter ett högt flöde som eroderat slänthöften.

Vattengenombrott i höga vägbankar kan innebära risk för personskador om personer vistas i direkt anslutning till banken. I de flesta fall kan man dock förutsätta att hotet kan observeras i förväg och riskområdet evakueras. Vid mycket snabba dämningförlopp nattetid kan dock viss risk finnas för personskada om bostadshus finns nära vägbanken.

För trafikanter innebär större skador på väg eller bro en uppenbar risk för trafikolycka. Om skadan inte hinner upptäckas i tid kör fordonet in i området. Möjligheten att hinna stanna är minst i mörker, efter vägkrön och kurvor. Hastighet, nivåskillnader och släntlutningar är avgörande för hur allvarligt våldet blir. Hamnar fordonet i vatten finns risk för drunkning.

Störst är risken vid skred, även där enbart en del av vägen är raserad. Vid bortspolad väg är möjligheterna för att stoppa trafiken större eftersom hotet tydligare kan observeras innan vägen spolats bort. Utfall av berg på vägbanan finns också risk för trafikolyckor.

2.1.3 Kalkylvärde för dödsfall och svårt skadade

Kalkylvärde för dödsfall är för närvarande 14,2 Mkr och för svår personskada 2,6 Mkr i EVA-systemet som används vid vägplanering. Här föreslås att dessa värden används både vid personskador för trafikant och för tredje man.

2.2 Konsekvens för egendom

Till egendomsskada förs dels direkt skada på väganläggningen och andra anläggningar och byggnader i omgivningen.

Beskrivning av skadeomfattning vid skred och ras, bortspolad väg och broskada kan direkt användas vid uppskattning av återställningskostnad och tid för återställning. Störst är återställningskostnaderna vid större skred i lerterräng. Drabbas även bebyggelse eller industri kan skadorna bli mycker omfattande. Vatten- och jordmassor från höga vägbankar som spolats bort kan även medföra stora skador på närliggande bebyggelse. I 2.2.1 beskrivs närmare hur egendomsskador till följd av brand och explosion vid farligtgoodsolycka kan uppskattas.

2.2.1 Egendomsskada vid farligtgoodsolycka

Vid en farligtgoodsolycka kan egendomsskador uppstå om det utsläppta ämnet antänds. De skador som kan uppstå är brandskador på byggnader och skador på byggnader med mera på grund av den tryckvåg som genereras vid en explosion. Brand kan även uppstå sekundärt till en primär brand genom att rökgaser för med sig gnistor som antänder närliggande byggnader eller om de utsätts för tillräckligt hög värmestrålning.

Skadeomfattningen på egendom ges som områden (areor) kring utsläppsplatsen vilka påverkas av brand respektive explosion. Konsekvenserna är en sammanvägning av konsekvenserna från alla händelseförlopp som följer på en farligtgoodsolycka:

Ämne (m ²)	Svårare byggnadsskador (m ²)	Reparerbara byggnadsskador (m ²)	Glasrutor Krossas (m ²)
Gasol	22	61	451
Bensin	0	1	10

Om man vill beräkna konsekvenserna för ett specifikt ämne/olycka hänvisas till *VTI rapport 387:4 1994 "Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg"*.

Skador på byggnader vid utsläpp av ammoniak, fenol och svavelsyra bedöms bli mycket begränsade.

2.3 Konsekvens för miljö

2.3.1 Naturresurs

I detta sammanhang avses i huvudsak yt- och grundvattenresurser.

De faror som bedöms vara aktuella vid yt- och grundvattenresurser anges nedan:

1. Stort eller medelstort utsläpp till grundvatten vid farligtgodsolycka.
2. Stort eller medelstort utsläpp till ytvatten vid farligtgodsolycka.
3. Förorening av vattentäkt i samband med vinterväghållning, spridning av salt.

Övriga faror bedöms ej drabba yt- och grundvattenresurser.

Tänkbara skadefall vid utsläpp av förorening vid grundvattentäkt

a) förorening av omättad zon

Utsläpp till den omättade zonen innebär att sanering krävs. Omättade zonens beskaffenhet avgör hur stor del av utströmmande vätskor vid farligtgodsolyckor som avrinner respektive infiltrerar. Inom ett område med finkornig jord, dvs. finkornigare än sand kommer en sanering efter en olycka sannolikt att kunna utföras i den omättade zonen.

Vid stort avstånd till grundvattenytan kan det hända att föroreningsvolymen inte är tillräcklig för att föroreningen skall nå grundvattnet, utan att hela dess volym binds i jordmaterialet ovan grundvattnet. Genom fastläggning av föroreningar i jordprofilen kommer denna att successivt mättas och förmågan att ackumulera ytterligare föroreningar minskar. När regn och dagvatten perkolerar ner genom jordmaterialet kommer ackumulerade föroreningar att förflyttas nedåt i jordlagren samt eventuellt även nå grundvattnet. Grundvattenytans nivåförändringar under året kan även få till följd att föroreningar i jordmaterialet närmast ovan medelgrundvattenytan lakas ur av grundvattnet. Detta innebär att en förorening som fastlagts ovan grundvattenytan, från exempelvis en tankbilsolycka, kan komma att påverka grundvattenkvaliteten under lång tid, om sanering inte utförs.

En förorenings (petroleumprodukts) nedträngning genom den omättade zonen i jordlagren (över grundvattenytan) beror förutom på jordartens permeabilitet också på den s.k. oljekvarhållande förmågan. Denna är enligt SNV allmänna råd 90:15 följande:

Jordart	Oljekvarhållande förmåga (Mättnadshalt) l/m ³
sten	5
grus	8
grovsand	15
finsand	25
silt	40

Strömningstiden varierar dessutom mellan olika typer av vätskor enligt följande tabell.

Vatten	Grus	Mellansand
	> 10 m/timme	ca 1 m/timme
Dieselolja	20-50 % av vattnets infiltrationshastighet	
Tjockare oljor	0,1-1,0 %	”
Bensin	150 %	”

Genom olika typer av saneringsåtgärder t.ex. bortgrävning och efterbehandling med pumpning/rening markventilering, biologisk nedbrytning mm kan konsekvenserna av en skadehändelse reduceras. Kostnaden för biologisk nedbrytning är 500-600 kr/ton. Kostnad för sanering i omättad zon varierar vanligen mellan 100 000-2 200 000 kr, se även VVpubl 98:064, men tendensen är att kostnaderna blir högre.

b) förorening av mättad zon

En förorening av mättad zon vid en farligtgodsolycka, medför att sanering krävs. Ett grundvattenmagasin kan vara antingen öppet eller slutet. Det öppna magasinet har en fri grundvattenyta som kommunicerar direkt med infiltrerande nederbörd ovanför. Det finns således inget tätande material som överlagrar magasinet. Ett slutet magasin överlagras av ett tätare lager. Grundvattnet i ett slutet magasin kan stå under tryck med en grundvattennivå som ligger högre än akviferens övre begränsning. Det slutna grundvattenmagasinets infiltrationsområde finns inte direkt ovanför akviferen utan kan finnas på ett relativt stort avstånd i sidled där det överlagrande materialet tunnans ut. Sårbarheten är störst för de öppna magasinerna. Om jordarten utgörs av sand eller grövre jord hinner sanering inte utföras i den omättade zonen utan föroreningen når med 100 % sannolikhet ner till den mättade zonen. Om jorden däremot utgörs av finkornig jordart måste en bedömning göras för sannolikheten att en förorening når den mättade zonen. Faktorer som påverkar sannolikheten är jordart och avstånd till grundvattenytan.

Grundvattnets strömningshastighet påverkar möjligheterna att sanera efter exempelvis en tankbilsolycka genom att i grundvattnet löst olja kommer att röra sig från platsen. Ej löst olja d v s den som flyter på grundvattenytan rör sig också men långsammare än grundvattnet. Ju snabbare grundvattenströmningen är desto svårare och dyrare är det att genom pumpning av grundvatten skapa en tillräcklig sänkningsträtt för att fånga in en förorening. Det förorenade grundvattnet renas sedan i en mobil vattenreningsanläggning som är utrustad med ett specialfilter som absorberar kolväten och tungmetaller. Kostnaden för en vattensanering är

300 - 500 kr/m³. Faktorer som påverkar kostnaden är geologisk bildning, formationens bredd och avstånd mellan väg och vattentäkt. Kostnad för sanering i mättad zon varierar mellan 170 000 – 2 800 000 kr, se även VVpubl 98:064, men även här verkar kostnaderna ha gått upp.

c) förorenad grundvattentäkt

En saneringsinsats i den mättade zonen bedöms ta 3 - 5 dygn, beroende på formationens mäktighet och bredd. Dessa parametrar påverkar antalet brunnar i ett brunnsgalleri där man kan pumpa upp föroreningen. "Säkerhetsavståndet" i sand är 50 m - 200 m vilket innebär att sannolikheten att en förorening når tälten är 100 % om tälten ligger närmare vägen än 50 m. Om avståndet är 50 - 200 m måste en bedömning göras för sannolikheten att en förorening når tälten, överstiger avståndet 200 m kommer saneringen sannolikt att lyckas. Motsvarande "säkerhetsavstånd" när jordarten utgörs av grus är 500 m - 2 000 m.

Värdet av vattentälten är beroende på uttagbart flöde. Värdet ökar med uttagsmöjlighet och utnyttjandegrad. Vägledning för bedömning av tillgångens värde:

Tillgång	m ³ /d	Värde
Mycket stor	> 2000 m ³ /d	100 milj.kr – 10 mdr.kr
Stor	400 – 2000 m ³ /d	10 milj.kr – 1 mdr.kr
Måttlig	< 400 m ³ /d	1 – 100 milj.kr

Övriga faktorer som påverkar värdet är frågor som: blir skadan bestående? Är sanering möjlig på sikt? Finns beredskap för alternativ försörjning? Finns en reservvattentäkt?

Exempel

Utsläpp av petroleum på jordarten sand 100 m ifrån en stor grundvattentillgång.

Reservvattentäkt saknas. Värdet blir då 10 milj.kr – 1 mdr.kr.

Skadefall: 1. 100 % sanering i omättad zon – kostnad 1 milj.kr.

2. 100 % sanering i mättad zon – kostnad 1 milj.kr.

3. 50 % sannolikhet att tälten skadas – kostnad 500 milj.kr.

Summa kostnad 502 milj.kr vilket innebär att konsekvensen blir katastrofal.

Tänkbara skadefall vid utsläpp av förorening vid ytvattentäkt

Ett utsläpp som sker inom ett flackt terrängavsnitt, utan diken eller vattendrag, med ett avstånd som överstiger 50m till ytvattenrecipienten innebär att saneringen sannolikt kommer att kunna utföras som en marksanering. Kostnad, se omättad zon, 2.3.1a.

Om utsläppet sker < 50 m från diken och vattendrag måste en bedömning göras för sannolikheten att föroreningen når vattendraget och ytvattenrecipienten.

Ett utsläpp som sker nära eller i anslutning till diken och vattendrag kommer sannolikt att medföra sanering i vatten. Strömningstiderna från väg till recipient blir ofta mycket korta (minuter till timmar). Där vägen går över eller utmed vattendrag blir tiderna extremt korta. Enligt Vätternvårdsförbundet (1996) varierar flödes hastigheterna i bäckar mellan 0,05 -1,0 m/s.

Naturligt skydd för en ytvattenrecipient kan, utöver topografiska hinder, vara naturliga våtmarker där tillrinnande ytvatten fördröjs och dess innehåll av föroreningar tas upp av växtlighet eller ackumuleras i bottensediment och jordprofil eller omvandlas av bakterier. Sanering av ytvatten utgörs av följande moment: Utläggning av länsor, uppsugning, slamsugning och omhändertagande av förorenat vatten. Kostnaden för sanering i ytvatten är 95 000 – 1 600 000 kr. Saneringskostnader kan beräknas enligt beräkningsmetodik angiven i VV-publikation 98:064 avsnitt 3.8.2, men kostnaderna kan idag bli högre än dessa.

Tänkbara skadefall i samband med vinterväghållning vid grundvattentäkt

Vinterväghållningens eventuella påverkan på stora vattentäkter såväl som på enskilda brunnar bör påtalas för Vägverket så att problemet uppmärksammas. Vägverket berett att ta ansvar och vidta åtgärder när en kloridhaltsökning på 50 mg/l kan påvisas, se VVpubl 95:1, Yt- och grundvattenskydd. En potentiell grundvattentillgång får heller inte påverkas av väghållning så att dricksvattenkvaliteten äventyras.

Enligt dricksvattennormen innebär en kloridhalt på 100 mg/l att vattnet är tjänligt med anmärkning. Smakgränsen ligger på en kloridhalt på 300 mg/l.

Faktorer som påverkar kloridhalten är saltgivornas storlek, tid som saltning pågår och utspädning.

2.3.2 Naturmiljö

Det är mycket svårt att värdera skador på naturmiljöer och det finns idag inga allmänt godtagna värderingsmodeller för sådana skador. Vid bedömningen av eventuella åtgärder måste även lagar och förordningar som gäller naturmiljöer följas. Här ges en kort beskrivning av vilka typer av objekt som riskerar att skadas och vilka faror som kan vara aktuella att bedöma.

Nedan listas de skyddsvärda områden som finns inom naturmiljövården:

- Ramsar (konventionen om våtmarker)
- Nationalparker
- Naturreservat
- Natura 2000
- Område av riksintresse
- Områden med rödlistade arter
- Biotopsskyddsområde

De faror som bedöms vara aktuella vid ovanstående naturmiljöintressen är:

1. Stort eller medelstort utsläpp av petroleumprodukter vid farligtgodsolycka
2. Förorening av naturmiljön på grund av ras eller skred
3. Bortspolad väg

Tänkbara skadefall vid fara enligt ovan vid naturskyddat område

De områden som är känsligast, och mest skyddsvärda, avseende risker vid farligt godsolycka, ras och skred och bortspolad väg är bäckar, vattendrag och sjöar som är av riksintresse. De kan innehålla värdefulla arter, som t ex ädelfisk, flodpärlmussla eller andra rödlistade arter. Dessa kan också vara reproduktionsområden för ädelfisk.

Konsekvenserna inom skyddsvärda områden enligt ovan påverkas av följande faktorer:

- Vad kan påverkas?
- Hur mycket kan påverkas?
- Tillfällig eller permanent påverkan?
- Sannolikhet för påverkan

Exempel 1.

Utsläpp av petroleumprodukter inom ett område av riksintresse medför att hela beståndet av flodpärlmusslor slås ut. Värdet bedöms som mycket stort och sannolikheten till 75 %.

Detta innebär att konsekvensen av detta utsläpp blir stor – mycket stor.

Exempel 2.

Bortspolning av väg uppströms en biotopskyddad lekbotten för öring medför igenslamning av lekbotten och stor påverkan på öringbeståndet. Lekbotten går att återställa efter några år, vilket innebär att några årskullar öring går förlorade. Värdet bedöms vara stort och sannolikheten 100 %. Detta innebär att konsekvensen av denna bortspolning blir stor.

2.3.3 Kulturmiljö

Det är liksom för naturmiljöer mycket svårt att värdera skador på kulturmiljöer och det finns idag inga allmänt godtagna värderingsmodeller för kulturmiljöer. Här ges en kort beskrivning av vilka typer av objekt som riskerar att skadas och vilka faror som kan vara aktuella att bedöma. Om och i hur stor omfattning åtgärder ska vidtas är förutom den indelning riskmatrisen ger också beroende på det lagliga skydd många kulturmiljöer har.

Genom kulturminneslagen anger samhället grundläggande bestämmelser till skydd för viktiga delar av kulturarvet. Lagen innehåller bland annat bestämmelser för skydd av värdefulla byggnader liksom fornlämningar, fornfynd, kyrkliga kulturminnen och vissa kulturföremål. Länsstyrelsen har tillsyn över kulturminnesvården i länet och att Riksantikvarieämbetet har överinseende över kulturminnesvården i landet. I lagen räknas ett antal områden upp där kulturarvet har ett särskilt skydd. Nedan listas de områden som finns inom kulturmiljövården.

- Kulturresevat
- Riksintressen
- Fornminnen
- Skyddsvärda kulturobjekt
- Lokala kulturmiljöintressen

De faror som bedöms vara aktuella vid ovanstående kulturmiljöintressen är:

1. Stort eller medelstort utsläpp av petroleumprodukter vid farligtgodsolycka
2. Förorening av naturmiljön på grund av ras eller skred.
3. Bortspolad väg

Tänkbara skadeutfall vid fara enligt ovan vid kulturskyddat område

De områden som är känsligast, och mest skyddsvärda, avseende risker vid farligtgodsolycka (brand, explosion och utsläpp av giftiga ämnen) ras eller skred och bortspolad väg är kulturmiljöer av riksintresse och lokala kulturmiljöintressen. De kan innehålla värdefulla gamla byggnader, kulturhistoriska vägar/broar och känsliga delar av odlingslandskapet, som är oersättliga.

Konsekvenserna inom skyddsvärda områden enligt ovan påverkas av följande faktorer:

- Skadas objektet helt/delvis?
- Kan objektet repareras?
- Sannolikhet för att händelsen ska leda till skada.

2.4 Finansiella konsekvenser

Stora samhällsekonomiska och företagsekonomiska konsekvenser uppstår om långvariga störningar drabbar infrastrukturen. I 2.4.1 beskrivs närmare hur samhällsekonomisk kostnad vid vägtrafikavbrott kan uppskattas.

2.4.1 Samhällsekonomisk kostnad vid trafikavbrott

Konsekvenserna för samhället kan bli mycket stora vid störningar på transportförsörjningen. En vägvästängning medför förlängning av resvägen om omfartsalternativ finns. Delvis avstängning med minskat antal körfält och trafiksignaler leder till fördröjning. Där omfartsalternativ saknas bryts förbindelsen helt vilket får allvarliga konsekvenser. Dels för boende i allmänhet men också för transporter till och från industri och för räddningstjänstens insatser. I ett krisläge finns ofta behov av att komma fram med tunga fordon även på det mindre vägnätet för att förhindra allvarliga händelser eller för att begränsa skadorna. Vid höga flöden och översvämningssituationer krävs ofta framkomlighet för mobilkranar, grävmaskiner och transporter med sprängsten.

Bedömning av konsekvenser då vägförbindelsen blir helt bruten och omfartsalternativ saknas måste göras med utgångspunkt från de lokala behoven av transporter och räddningsinsatser både under normala förhållanden och i krislägen. Kommuner och företag kan lämna uppgifter som kan användas vid uppskattning av sådana konsekvenser. Frågan kan ha belysts tidigare i kommunens riskanalyser. Företag kan ha planerat för åtgärder vid transportstörningar.

Beräkning av samhällekonisk kostnad vid förlängning och fördröjning av transporter kan göras på samma sätt som vid vägplanering i allmänhet i EVA-systemet (Vägverkets system för Effektberäkning vid VägAnalyser). Stora kostnader uppstår om trafikflödet är stort och störningen blir långvarig. För överslagsmässig bestämning av kostnaderna vid vägförlängning och inskränkning (skytte trafik) kan diagram 6 och 7 användas. Diagram 6 gäller för en riksväg/primär länsväg där omfartsvägen har samma standard som den väglänk som stängs

av. Noggrannare beräkningar kan göras med uppgifter som anges i bilagorna 7 och 8 för andra vägkategorier.

Det är normalt tillräckligt i en översiktlig inventering att göra en subjektiv bedömning av hur stor vägförlängningen blir. När- och fjärtrafik kan behandlas separat beroende på hur omfartsalternativen ser ut. Om enbart tung trafik måste ledas om eller personbilar och tung trafik leds om på olika vägar görs beräkningen direkt enligt bilagorna. Följande lastbilsandelar kan förutsättas om aktuella uppgifter saknas:

Vägkategori	Lastbil utan släp (lbu)	Lastbil med släp (lbs)
Europaväg	6%	8%
Riksväg och primär länsväg	4%	4%
Sekundär och tertiär länsväg	2,5%	2,5%
Tätort	4%	3%

En mera korrekt beräkning av hur trafikströmmarna fördelar sig på olika omfartsalternativ kan göras med beräkningsprogrammen Sampers och Emma men behöver i normalfallet inte göras i detta skede. Beskrivning av indata och beräkningsresultat i Sampers och Emma redovisas i bilaga 9.

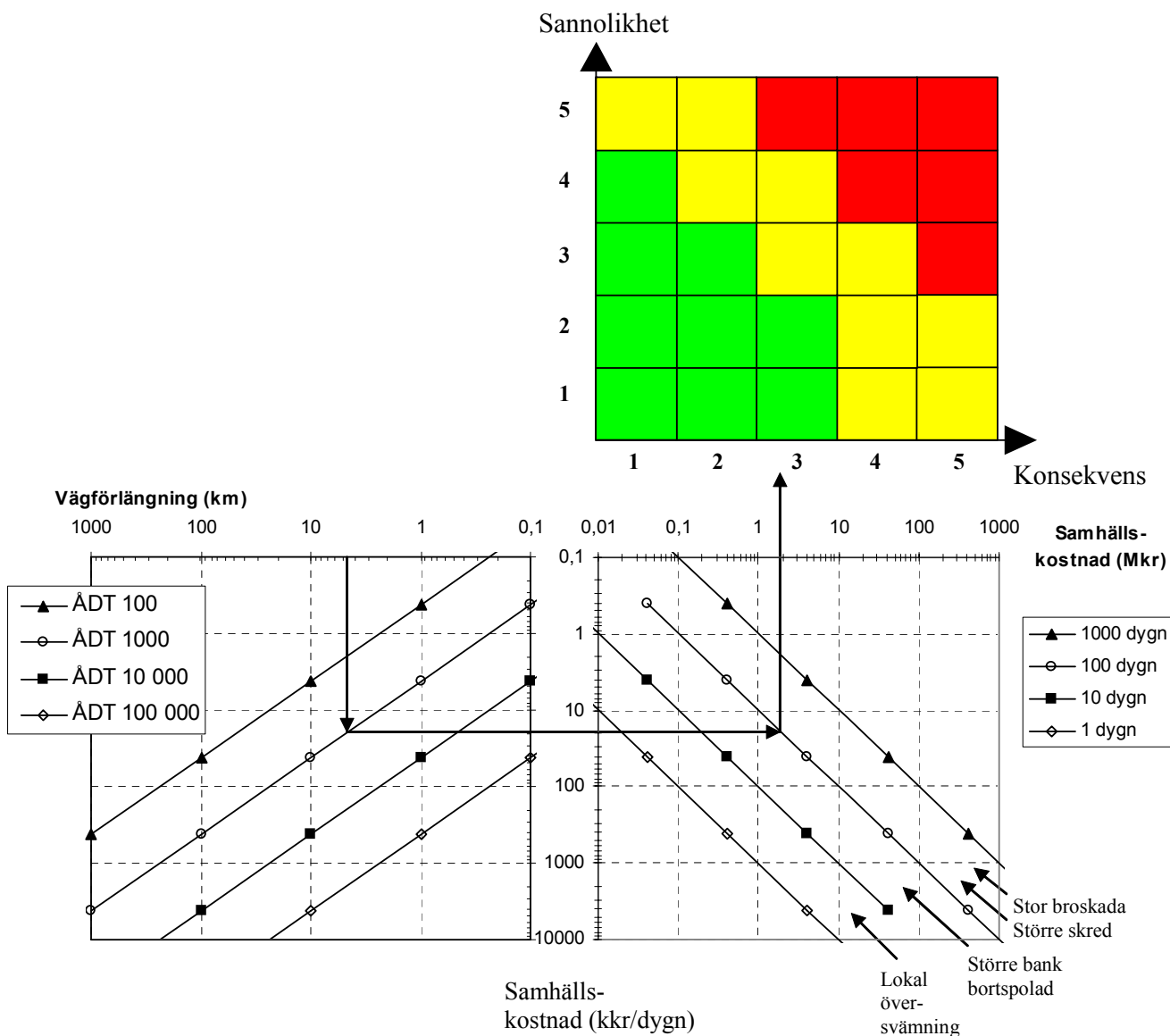


Diagram 6: Schablonmetod för bestämning av konsekvensklass vid vägavstängning, beroende på ÅDT och hur länge vägavstängningen varar. Diagrammet är framtaget för en riksväg/primär länsväg, $\leq 11,5$ m bred, 90 km/h, där omfartsvägen har samma standard som ordinarie vägsträcka.

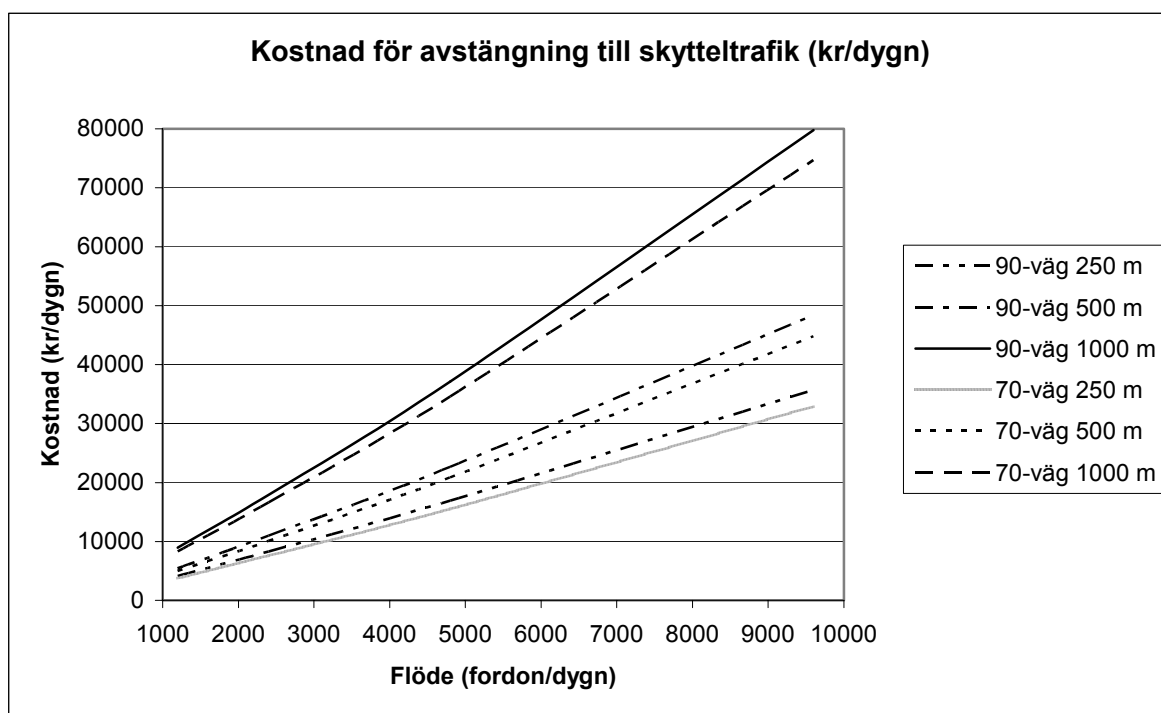


Diagram 7: Uppskattning av den samhällsekonomiska kostnaden då en väg stängs av så att endast enkelriktad trafik är möjlig.

Diagrammet visar samhällsekonomiska kostnader till följd av att en väg stängs av så att endast ett enkelriktat flöde är möjligt. Avstängningens längd, trafikflöde ÅDT och hastighetsgräns på vägen ger kostnad per dygn.

Istället för att köra med jämn fart tvingas trafikanterna att minska farten, stanna, vänta på att få köra vidare, köra med reducerad fart för att till slut öka till normal fart igen. Ingångsvärden och värderingar är hämtade ur VU 94 S-2 och Effektsamband 2000. Väntetider är beräknade med Capcal. För flödet gäller 6 % lastbilar utan släp och 8 % lastbilar med släp.

FÖRKORTNINGAR

EVA	Effektberäkning vid väganalyser
ÅDT	Årsmedeldygnstrafik
ÅDT _{tf}	Årsmedeldygnstrafik tung trafik
P _{VTS}	Personskador för trafikanter och anställda
P _{OMGIVNING}	Personskador i omgivningen
E _{VTS}	Egendomsskador som berör väganläggningen, t.ex. återställningskostnader
E _{OMGIVNING}	Direkta egendomsskador som berör omgivningen
F _{VTS}	Samhällsekonomisk skada till följd av störningar för vägtrafik
F _{OMGIVNING}	Samhällsekonomisk skada för övrig infrastruktur och följdskada för industri och samhälle
Lbu	Lastbil utan släp
Lbs	Lastbil med släp
Pb	Personbilar

FÖRORDNINGAR OCH PUBLIKATIONER

- SFS 2002:472. Förordningen om åtgärder för fredstida krishantering och höjd beredskap.
- VV publ 1998:064 "Förorening av vattentäkt vid vägtrafikolycka".
- VV publ 1989:7 "Geotekniska undersökningar för vägbroar".
- VV publ 1990:11, Hydraulisk dimensionering
- VV publ 2002:156, Ökade vattenflöden – behov av åtgärder inom väghållningen
- VV publ 1987:18, Erosionsskydd i vatten vid väg- och brobyggnad
- VV publ 1987:91, Utförande av erosionsskydd i vatten
- VV publ 98:064, Förorening av vattentäkt vid vägtrafikolycka. Hantering av risker med petroleumutsläpp
- VV publ 95:1, Yt- och grundvattenskydd
- Vägutformning 94 version S-2
- Effektsamband 2000 Publikationsserie 2001:75-84

REFERENSER

- VTI rapport 387:4 1994 "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg".
- Räddningsverket, Farligt gods, riskbedömning vid transport, B20-194/96.
- SGI Rapport 15, Kartering och klassificering av lerområdets stabilitetsförutsättningar.
- Skredkommissionens Rapport 2:90, Ras och skred i Sverige.
- SGU's brunnsarkiv.
- Skredkommissionen Rapport 3:95, Anvisningar för släntstabilitetsutredningar.
- SGI Rapport 58, Skredriskanalys i Göta älvdalen.
- SGI Information 16, Siltjordars egenskaper.
- SGI/CTH, Översiktlig kartering av stabilitetsförhållandena i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord.
- SMHI, rapport 2001 nr 15, Höga flöden juli år 2000. Sammanställning av hydrologiska förhållanden, skador, räddningsåtgärder och problem vid dammar
- Tapir forlag / Norges vassdrags- og energidirektorat, Vassdragshåndboka, ISBN 82-519-1290-3
- Vattenfall / Svenska Kraftverksföreningen / SMHI, Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar
- Svenska kraftnät, rapport 1:2001, BE 90, Analys av översvämningar under sommaren och hösten 2000 samt vintern 2001
- SRV, <http://naturolyckor.srv.se>
- Skredkommissionen rapport 1:94, Erosionsskydd i samband med förstärkningsåtgärder för slänter.
- KTH / SMHI, rapport 66, Olyckslaster för vägar och broar från höga vattenflöden.
- Sjöfartsverket, Allmänna råd om broöppningssignaler.
- VTI rapport 387:4 1994 "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg"
- SNV allmänna råd 90:15
- SCB, Riks-RVU/RES 1994-2001

Beräkning av sannolikhet för farligtgoodsolycka

Vid beräkning av sannolikheten för en olycka med farligt gods tas hänsyn till antal transporter, typ av behållare, vägkategori och hastighetsgräns. Endast ett stort eller medelstort utsläpp av petroleumprodukter eller gaser har bedömts leda till konsekvenser för personer eller miljö (bedömningen grundar sig på statistik över farligtgoodsolyckor, VTI 1994). Utsläppsfrekvensen per km och år multipliceras sedan med vägsträckan som berör aktuellt skyddsobjekt. Varierar förutsättningarna för farligtgoodsolycka längs den aktuella vägsträckan delas denna in i delsträckor vid beräkningen.

Beräkningsgång

Sannolikheten för att en olycka med ett stort eller medelstort utsläpp av farligtgoods beräknas enligt följande formel:

$$P_0 = N * Q * P_u * F * 365 * 10^{-6}$$

P_0 = sannolikheten för en olycka med ett stort eller medelstort utsläpp av farligtgoods per km och år

N = antal transporter i medeltal per dygn med petroleumprodukter eller gaser

Q = olycksfrekvens (antal/miljon fordonskilometer)

P_u = sannolikhet för stort eller medelstort utläckage i händelse av olycka för petroleumprodukter eller gaser

F = antal fordon per olycka

Beräkningarna genomförs enligt följande beräkningsgång:

1. Beräkna antal transporter i medeltal per dygn med petroleumprodukter eller gaser (N)

Antal transporter av farligt gods på en väg varierar kraftigt beroende på flera faktorer. I närheten av olje- och gasoldepåer samt ammoniakleverantörer är flödet större och även i närheten av betydande förbrukare. Andra faktorer som påverkar är t.ex. rekommenderade färdvägar för transporter av farligt gods och rekommenderade parkeringsplatser för farligt gods. Av den totala transporterade mängden farligt gods vad avser vikt är andelen petroleumprodukter ca 75% och andelen gaser ca 9-10 %.

Antal transporter i medeltal per dygn (N) kan beräknas med uppgifter om årsmedeldygnstrafik för tunga fordon ($\dot{A}DT_{tf}$) som bas och schablonvärden för andelen farligtgodstansporter för respektive transportslag (ref. *VV Publ 1 998:064*).

Petroleumprodukter: $N = \dot{A}DT_{tf} * 0,03^*$

Gaser: $N = \dot{A}DT_{tf} * 0,004^{**}$

* Andelen petroleumprodukter kan variera mellan 0,01-0,10. I de fall användaren har tillgång till mera detaljerade uppgifter kan schablonvärdet ändras. Det högre värdet förekommer exempelvis i närheten av oljedepåer.

** Andelen gaser kan variera mellan 0,001-0,01. I de fall användaren har tillgång till mera detaljerade uppgifter kan schablonvärdet ändras. Det högre värdet förekommer exempelvis i närheten av depåer.

Schablonvärdena för andelen farligtgodstransporter kan uppdateras med mer detaljerade uppgifter från t.ex.:

- Räddningsverkets kartläggning av vägtransporter med farligt gods i Sverige. Den senaste kartläggningen utfördes för 4:e kvartalet 1998 med enkäter där företag som hanterar farligt gods ingick. Ämnena redovisas indelade efter den internationella klassificeringen som används för farligt gods, där ADR2 är gaser (gasol, ammoniak) och ADR3 är brandfarliga vätskor (bensin, eldningsolja)
- Lokala undersökningar av transporter av farligt gods
- Hänsyn till rekommenderade färdvägar för transporter av farligt gods och rekommenderade parkeringsplatser för farligt gods
- Hänsyn till lokala depåer och förbrukare

2. Bestäm olycksfrekvens (Q) och sannolikheten för utläckage i händelse av olycka (P_u)

Om olyckstatistik över det aktuella området saknas kan schablonvärden enligt tabell A användas. Olycksfrekvensen (Q) i tabellen är förväntat antal singel- och kollisionsolyckor med enbart bilar inblandade per miljon fordonskilometer.

I Tabell A utläses även schablonvärden för sannolikheten för att ett stort eller medelstort utläckage ska uppstå i händelse av olycka (P_u) för petroleumprodukter respektive gaser. Petroleumprodukter transporteras i tunnväggiga tankar och gaser som är trycksatta transporteras i tjockväggiga tankar.

Tabell A: Beräkningsmatris för farligtgodsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp (VV publ 98:064 "Förorening av vattentäkt vid vägtrafikolycka" uppdaterad tabell efter Räddningsverket 1996)

Bebyggelse Miljö	Hastighetsgräns (km/tim)	Gatu/vägtyp	Olycksfrekvens, Q	Sannolikhet för stort eller medelstort utläckage i händelse av olycka, P _u	
				Tank tunn vägg ** (bensin/eldningsolja)	Tank tjock vägg (gasol/ammoniak)
Tätort	30	Alla	1,50	0,0063	0,00015
	50	Alla	1,20	0,019	0,0004
	70	Vanlig väg/motorled	0,80	0,07	0,0015
		Vanlig väg/motorväg	0,60	0,13	0,0019
Landsbygd	70	Vanlig väg/motorled	0,80	0,095	0,0019
		Vanlig väg/motorväg	0,60	0,095	0,0019
	90	Vanlig väg < 8 m	0,42	0,18	0,0038
		Vanlig väg > 8 m	0,35	0,18	0,0038
		Motorled	0,37	0,16	0,0034
		4-fältsväg	0,40	0,14	0,003
	110	Motorväg	0,32	0,22	0,0045
		Vanlig väg < 8 m	0,21*	0,26	0,0053
			Vanlig väg > 8 m	0,30	0,22
		4-fältsväg/motorled	0,28	0,22	0,0045
		motorväg	0,26	0,27	0,0053

* Denna låga siffra för smal väg med 110 km/tim gäller endast om flödet av fordon är lågt, dvs. Norrlandsförhållanden.

** Transporter med petroleumprodukter sker med och utan släp. Vid beräkningen av sannolikhet för ett stort eller medelstort utsläpp har det förutsatts att transportererna med eller utan släp utgörs av hälften vardera.

3. Bestäm antal fordon per olycka (F)

$F = 1,8$ i tätort

$F = 1,5$ på landsbygd

4. Beräkna sannolikheten för en olycka med ett stort eller medelstort utsläpp av farligtgods per km och år (P₀)

$$P_0 = N * Q * P_u * F * 365 * 10^{-6}$$

5. Beräkna sannolikheten för ett utsläpp som berör aktuellt skyddsobjekt

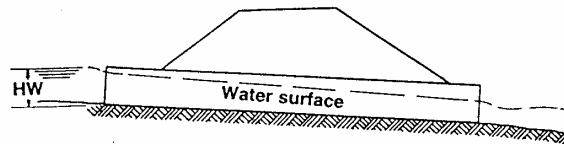
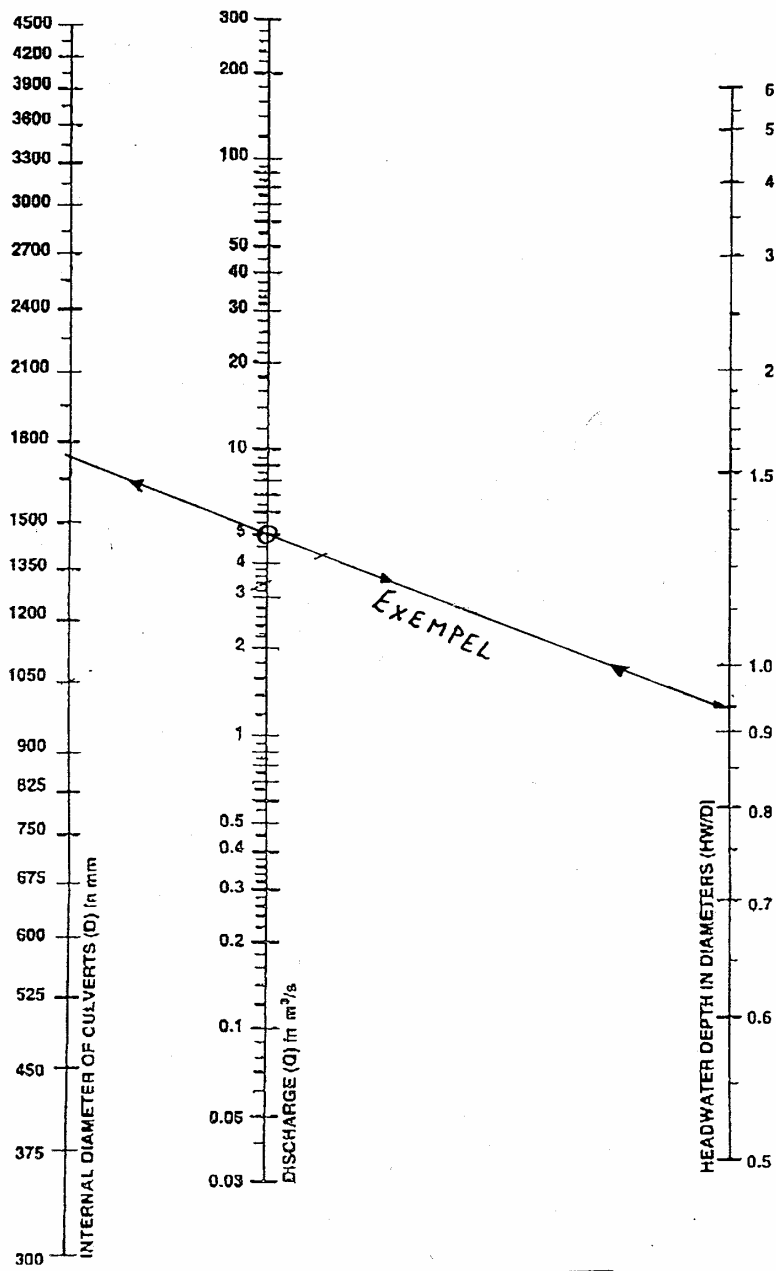
Sannolikheten för en olycka med ett stort eller medelstort utsläpp av farligt gods per km och år (P_0) multipliceras sedan med vägsträckan som berör aktuellt skyddsobjekt (L) där L är längden för berörd vägsträcka (km).

Sannolikhet för skred**Bilaga 2**

Nr/Plats	Geometri		Medel- skjuv- håll- fasthet	Säkerhets- faktor		Pågående erosion	Förutsätt- ningar för portrycks- höjningar	Tecken på instabilitet	Sannolik- het för skred
	Slänt- höjd	Slänt- lut- ning		För- vän- tad	För- siktigt vald				

**Kapacitet hos vägtrumma
då inströmningsförhållandena dimensionerar**

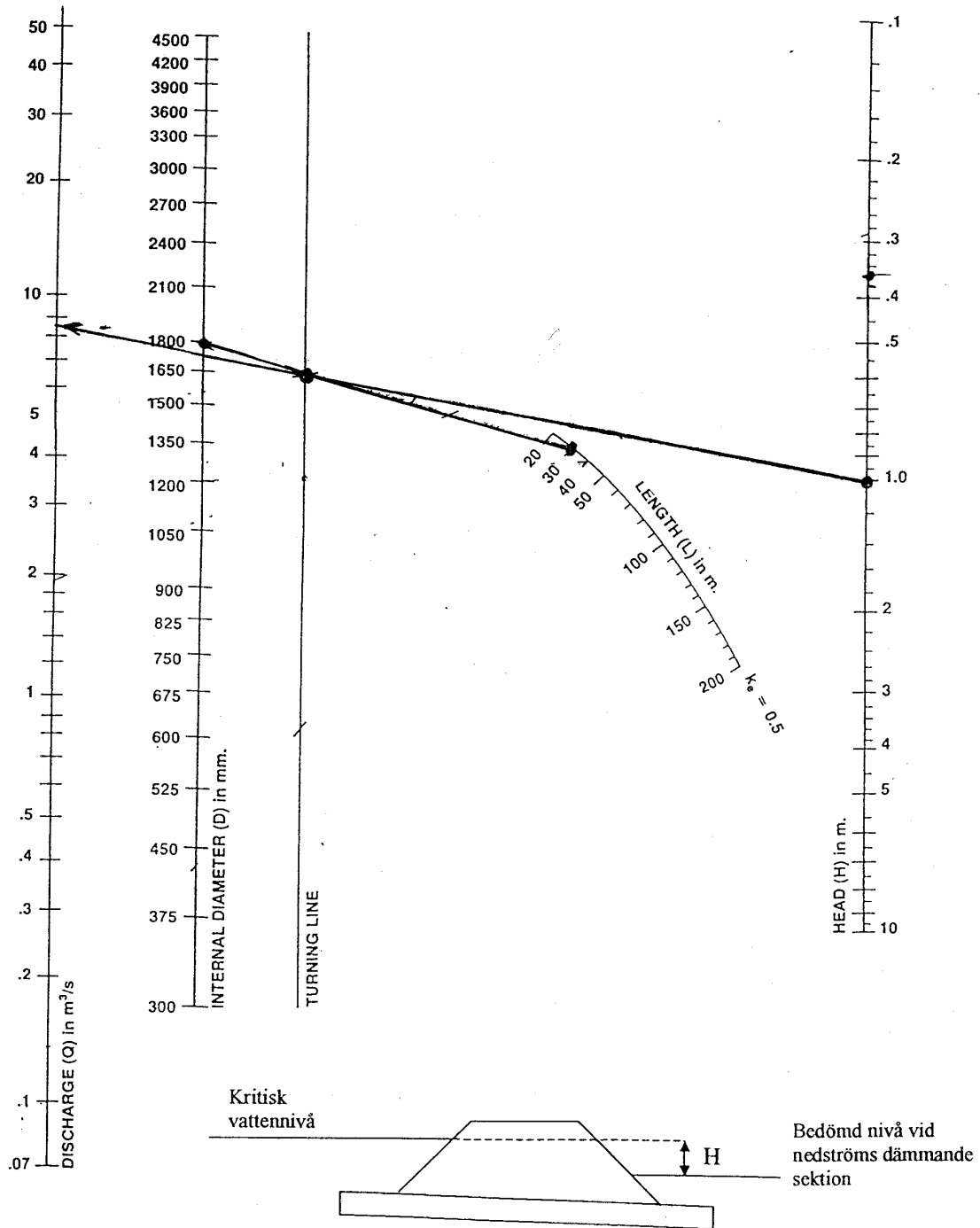
Bilaga 3



Exempel: trumdiаметer 1700 mm, vattennivå uppströms trumma
= 0,93 gånger trumdiаметern
-> vattenflöde ~ 5 m³/s

Kapacitet hos vägtrumma då dämning vid utlopp dimensionerar

Bilaga 4



Exempel: trumlängd 30 meter, trumdiаметer 1800 mm.
 Bedömd dämningnivå vid utlopp 1,0 meter under kritisk vattennivå för banken.
 -> vattenflöde ~ 8,5 m³/s

Översvämningskarterade vattendrag

På uppdrag av Räddningsverket utför SMHI karteringar av delar av de svenska vattendragen. Målet är att 10 % (ca 1000 mil) av Sveriges vattendrag ska karteras under en femårsperiod med start 1998. Karteringarna ska utgöra underlag för kommunernas översiktsplaner och användas för övergripande planering av räddningstjänstens arbete. Skadorna av en översvämning kan begränsas med kunskap och god planering vilket ger effektiva insatser.

Kartorna som är resultatet av SMHI:s arbete visar vattennivåer vid två olika flöden, ett 100-årsflöde och ett så kallat beräknat högsta flöde som beräknas genom kombinationer av kritiska faktorer som påverkar hur stort ett flöde blir.

Karteringarna finns redovisade på Räddningsverkets hemsida <http://naturolyckor.srv.se> och en lista över vilka vattendrag som hittills (2004-01-29) karterats finns nedan.

Karterat vattendrag	Sträcka
Arbogaån	Ställdalen till Mälaren
Byälven	Från Glafs fjorden till utloppet i Vänern
Dalälven - biflödet Lillälven samt Faluån	Åsendammen till mynningen i Dalälven, sträckan nedströms Amungen i Dalälven to m Runn i Lillälven, sträckan varpan t o m Runn i Faluån
Delångersån	Dellensjöarna till utloppet i Bottenhavet
Emån	Från grumlan till östersjön samt biflödet Silverån från Silverdalen
Faxälven	Från Ströms vattudal till utloppet i Ångermanälven
Fyrisån	Från vattholma till utloppet i Mälaren
Gavleån	Inkluderande Storsjön, Jädraån från Kungsfors samt Hoån från Hofors
Gullspångsälven	Sträckan Nordmarksälven från Nordmark till knappforsen samt Prästbäckens gren till Storforsälven, sträckan Tims Iven, Letälven och Gullspångsälven till Vänern. Sträckan Svartälven gnom Karlsskoga.
Göta älv och Nordre älv	Vänern till Kattegatt
Indalsälven	Från Ånnsjön till utloppet i Bottenhavet, samt biflödet Järpströmmen från Järpströmmens kraftverk till sjön Liten
Kalixälven	Männikönsaari till mynningen
Klarälven	Höljes till Karlstad
Kolbäcksån	Från Bysjön till utloppet i Mälaren
Lagan	Karlsfors till mynningen
Ljungan	Från Rätanssjön till utloppet i Bottenhavet
Ljusnan	Svegsjön till mynningen
Motala ström	Sträckan Vättern till Bråviken
Mälaren	

Moälven	Grannlåten i Norra Anundsjöån till Bottenhavet samt biflödet Södra Anundsjöån från Långsele
Mörrumsån	Helgasjön till Granö kraftverk
Motala ström	Vättern till Bråviken
Nissan	Från utloppet av Vikaresjön till havet samt biflödet Kilan från Kinnared
Nyköpingsån	Från Högsjö till mynningen
Råån	Från Sireköpinge till utloppet i Öresund
Rönne å	Från och med Västra Ringsjön till Kattegatt
Stångån	Från Brokind till utloppet i Roxen
Svartån (Västerås)	Hörendesjön till Mälaren
Svartån - Hjälmarens - Eskilstunaån	Från sjön Toften till Mälaren
Säveån	Alingsås till mynningen
Tabergsån	Från Vederydssjön till utloppet i Vättern
Testeboån	Från Åmot till utloppet i Bottenhavet
Umeälven	Ajaure till mynningen
Umeälven	Överuman till Storuman
Vindelälven	Sorsele till Spöland
Viskan	Från sjön Mogden till mynningen
Voxnan	Från Gryckåns inflöde till sammanflödet med Ljusnan
Vänern	
Västerdalälven	Malung till sammanflödet med Österdalälven
Ångermanälven (Åselegrenen)	Volgsjön till Bottenhavet
Ätran	Vist till Kattegatt

Underlag för beräkning av personskador vid farligtgoodsolyckor

1. Den aktuella sträckan delas in efter omgivningstyp och befolkningstäthet.

Den aktuella sträckan delas in efter omgivningstyp och befolkningstäthet. En kartläggning av ett område på upp till 1000 meters avstånd på vardera sidan om den aktuella sträckan rekommenderas. Om uppgifter om befolkningstäthet inte finns kan de angivna uppgifterna nedan användas.

Omgivning	Befolkningstäthet (innevånare/km ²)
Stad	2500
By	300
Landsbygd	3-10

2. Förväntat antal döda och svårt skadade

För varje delsträcka som omges av bebyggelse hämtas värden för förväntat antal döda och förväntat antal svårt skadade för respektive farligtgodsslag från diagram 6.1-6.5 (ref. VTI rapport 387:4). Beräkningarna av konsekvenserna för människa grundar sig på ett utsläpp som varar i 30 minuter (den genomsnittliga tidsåtgången för en räddningsstyrka att hinna stoppa ett utsläpp). Beräkningarna ger de sammanvägda konsekvenserna från alla händelseförlopp som följer på en farligtgoodsolycka. Vidare är beräkningarna baserade på ett genomsnittligt väder som motsvarar 80 % neutralt väder med en vindhastighet på 5 m/s och 20 % stabilt väder med en vindhastighet på 2 m/s.

Ammoniak

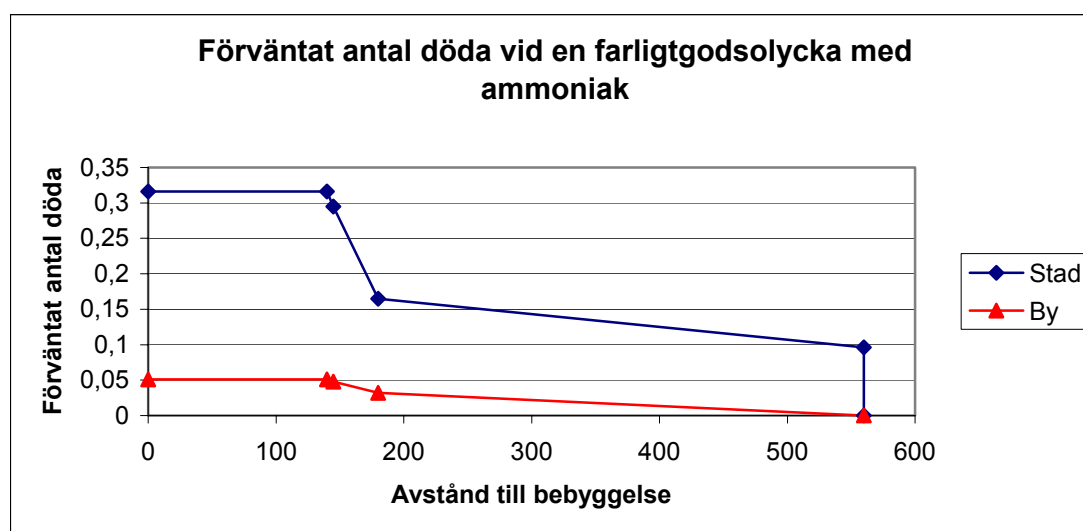


Diagram 6.1: Förväntat antal döda vid en farligtgoodsolycka med ammoniak i stad och by som funktion av avstånd till bebyggelse. På landsbygd förväntas inga döda.

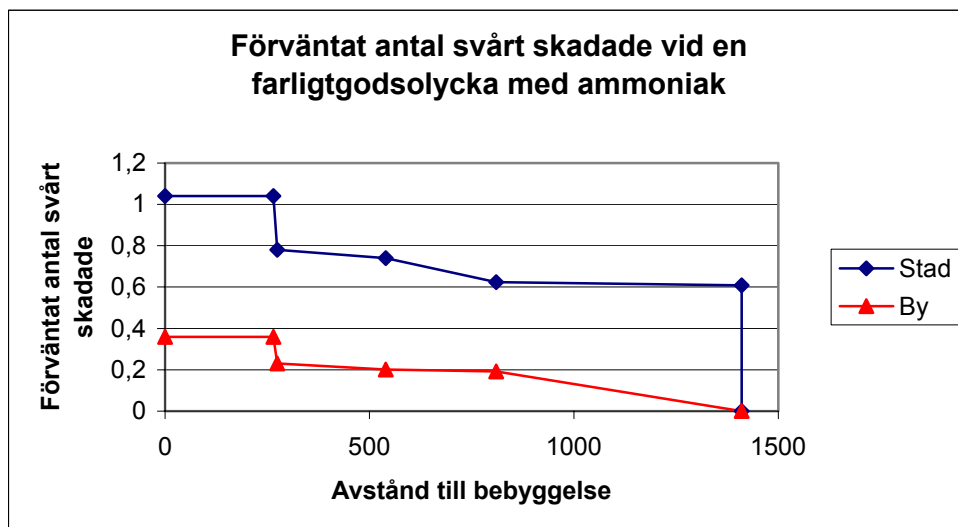


Diagram 6.2: Förväntat antal svårt skadade vid en farligtgoodsolycka med ammoniak i stad och by som funktion av avstånd till bebyggelse. På landsbygd förväntas inga svårt skadade.

Gasol

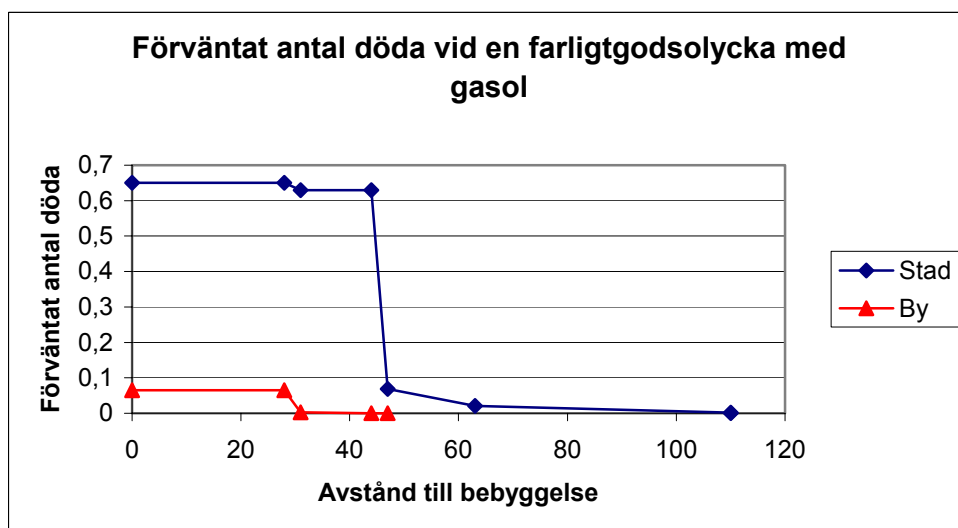


Diagram 6.3: Förväntat antal döda vid en farligtgoodsolycka med gasol i stad och by som funktion av avstånd till bebyggelse. På landsbygd förväntas inga döda.

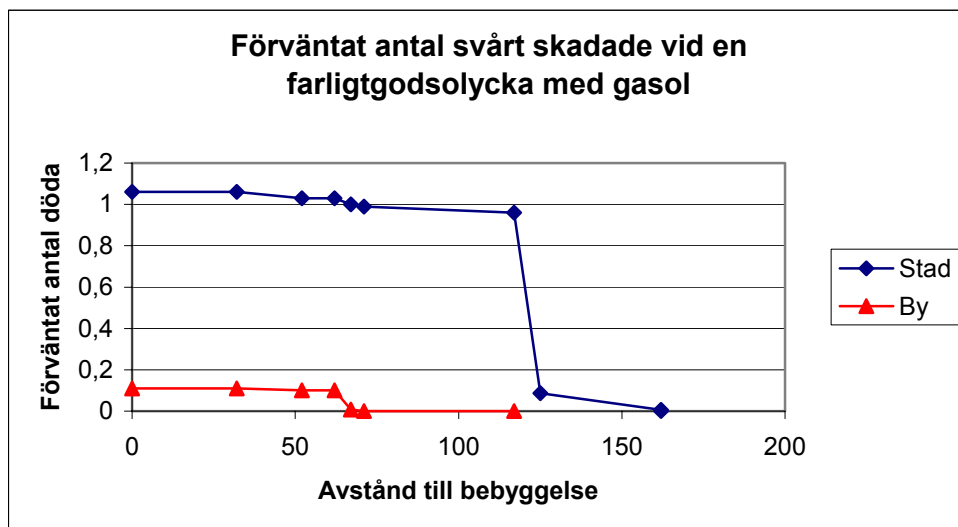


Diagram 6.4: Förväntat antal svårt skadade vid en farligtgoodsolycka med gasol i stad och by som funktion av avstånd till bebyggelse. På landsbygd förväntas inga svårt skadade.

Bensin

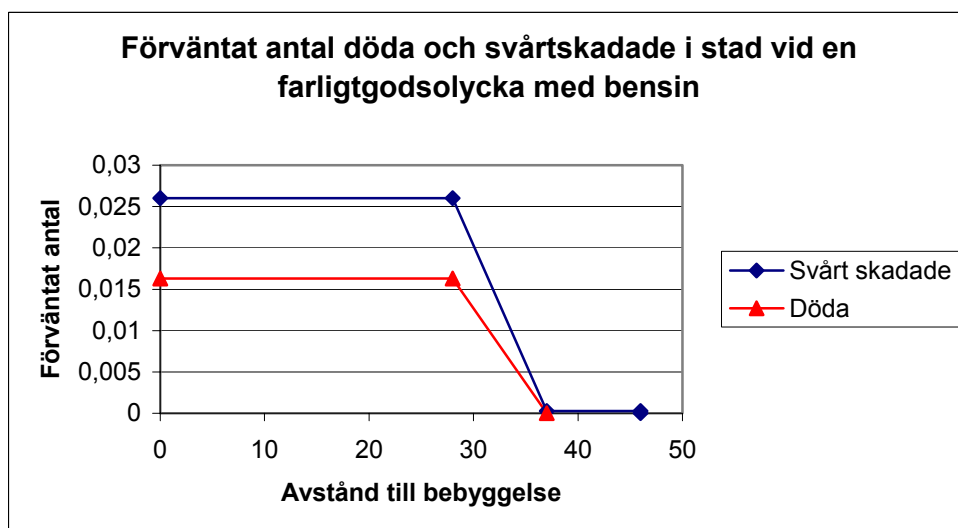


Diagram 6.5: Förväntat antal döda och svårt skadade i stad vid en farligtgoodsolycka med bensin. I by och på landsbygd förväntas inga döda eller svårt skadade.

Fenol och svavelsyra

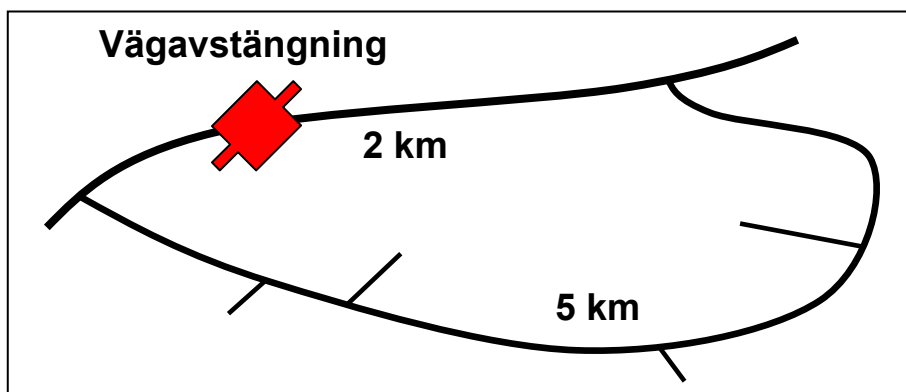
Vid farligtgoodsolyckor med fenol och svavelsyra förväntas inga döda. Förväntat antal svårt skadade är 0,5 för både fenol och svavelsyra i stad och by inom 10 meter från utsläppspunkten. I land förväntas inga svårt skadade.

I kostnaden beräknad i EVA-systemet ingår restid, fordonskostnad, olyckor, emission, drift och underhåll.

Kostnad kilokronor (kk) per 1000 ÅDT och km och dygn för olika vägar och bredder för personbilar (Pb), lastbilar utan släp (Lbu) och lastbilar med släp (Lbs):

	Pb	Lbu	Lbs
Motorväg 110	3,268	7,967	14,277
Motorväg 90	3,350	8,027	14,173
Väg >11,5m 110	3,433	8,118	14,578
Väg >11,5m 90	3,482	8,175	14,455
Väg ≤11,5m 90	3,463	8,148	14,937
Väg ≤11,5m 70	3,630	8,312	15,090
Väg ≤11,5m 50	4,490	9,671	15,663

Exempel:



En 10m bred 90-väg blir avstängd i 30 dagar. Avstängningens längd är 2 km. Trafikflöde 5000 ÅDT med lastbilsfördelning 6 % Lbu och 8 % Lbs. Förbifarten är 5 km lång, 7 m bred och med hastigheten 70 km/tim.

Trafikberäkning:

Antal Pb: $(1-0,06-0,08)*5000 = 4300$ Pb

Antal Lbu: $0,06*5000 = 300$ Lbu

Antal Lbs: $0,08*5000 = 400$ Lbs

Kostnad före avstängning per dygn:

$4300 \text{ Pb/dygn} * 3,463\text{kr} * 2\text{km} / 1000 = 29,8 \text{ kkr}$

$300 \text{ Lbu/dygn} * 8,148\text{kr} * 2\text{km} / 1000 = 4,9 \text{ kkr}$

$400 \text{ Lbs/dygn} * 14,937\text{kr} * 2\text{km} / 1000 = 11,9 \text{ kkr}$

Kostnad efter avstängning per dygn:

$4300 \text{ Pb/dygn} * 3,630\text{kr} * 5\text{km} / 1000 = 78,0 \text{ kkr}$

$300 \text{ Lbu/dygn} * 8,312\text{kr} * 5\text{km} / 1000 = 12,5 \text{ kkr}$

$400 \text{ Lbs/dygn} * 15,090\text{kr} * 5\text{km} / 1000 = 30,2 \text{ kkr}$

Totalkostnad för avstängning per dygn:

$(78,0 + 12,5 + 30,2) - (29,8 + 4,9 + 11,9) = 74,1 \text{ kkr/dygn}$

Totalkostnad för 30 dagar:

$30\text{dygn} * 74,1\text{kk}/\text{dygn} = 2223 \text{ kkr}$.

Underlag för beräkning av samhällsekonomisk kostnad vid avstängning till enkelriktat flöde

Merkostnader vid avstängning/skytteltrafik

Del 1 - Acceleration och retardation

	TGFU-kostnader (kr/fordon)			
	90-0-90	80-0-80	75-0-75	70-0-70
pb	0.65			0.49
lbu		2.61		2.24
lbs			10.44	9.66

90-väg 86/6/8 (kr/f)

1.55

70-väg 86/6/8 (kr/f)

1.33

ÅDT

90-väg Kostnad (kr/dygn)

70-väg Kostnad (kr/dygn)

	1200	2400	4800	9600
90-väg Kostnad (kr/dygn)	1861	3722	7443	14887
70-väg Kostnad (kr/dygn)	1599	3197	6394	12789

Del 2 - Väntetid/utsläpp vid tomgångskörning

ÅDT		ÅDT 1200			ÅDT 2400			ÅDT 4800			ÅDT 9600		
		250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000
	Avstängningssträcka (m)	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000
	Högtrafik tim 14-19 (6st)	29.2	55.2	111	30.5	57.4	111	33.5	62.7	120.7	43	79.2	151
	Mellantrafik tim 7-13 & 20-22 (10st)	28.9	54	108.7	29.8	56.1	108.7	31.7	59.5	114.9	36.8	68.4	131.3
	Lågtrafik tim 1-6 & 23-24 (8st)	28.2	53.5	103.9	28.4	53.6	104	28.8	55.7	109.1	29.5	55.7	107.9
	Väntetid genomsnitt (s/f)	28.7	54.1	107.7	29.5	55.6	107.7	31.2	59.0	114.4	35.9	66.9	128.4

Tid, gods och kapital

	Tid	Gods	Kap/ränta	kr/fh	kr/fs
Pb	120	0	0.74	120.74	0.0335
Lbu	216	10	18.44	244.44	0.0679
Lbs	216	50	27.96	293.96	0.0817
86/6/8					0.0394

Utsläpp

	Bränsle (ml/s)	CO2 (g/s)	SO2 (mg/s)	NOx (mg/s)	HC (mg/s)	
Pb	0.46	1.12	0.024	0.47	0.17	
Lbu	0.34	0.85	0.00503	11.50	4.85	
Lbs	0.29	0.74	0.00435	15.00	5.50	
Värdering (kr/kg)		1.5	20	60	30	Tot
Snittkostnad 86/6/8 (kr/fs)		0.001608	0.00000043	0.0001377	0.0000263	0.00177276

ÅDT		ÅDT 1200			ÅDT 2400			ÅDT 4800			ÅDT 9600		
		250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000
	Avstängningssträcka (m)	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000
	Kostnad (kr/f)	1.1848	2.2315	4.4386	1.2164	2.2916	4.4400	1.2855	2.4335	4.7166	1.4806	2.7564	5.2940
	Kostnad (kr/dygn)	1422	2678	5326	2919	5500	10656	6170	11681	22639	14214	26462	50823

Del 3 - Köra avstängd sträcka med reducerad hastighet

Kostnad basvägnät

90-väg

Kostnad (kr/fkm)

Pb 90	Lbu 80	Lbs 75	86/6/8
2.61	7.17	12.83	3.70

70-väg

Kostnad (kr/fkm)

Pb 70	Lbu 70	Lbs 70	86/6/8
2.94	7.49	12.95	4.01

Kostnad utredningsvägnät

Om 35 km/tim

Kostnad (kr/fkm)

Pb 35	Lbu 35	Lbs 35	86/6/8
4.82	11.88	20.00	6.46

Om 50 km/tim

Kostnad (kr/fkm)

Pb 50	Lbu 50	Lbs 50	86/6/8
3.84	9.62	16.08	5.17

Merkostnad

Avstängningssträcka (m)

Merkostnad (kr/fkm)

Kostnad (kr/f)

90-väg			70-väg		
250	500	1000	250	500	1000
2.76	1.47	1.47	2.44	1.15	1.15
0.69	0.73	1.47	0.61	0.58	1.15

ÅDT

Avstängningssträcka (m)

90 väg Kostnad (kr/dygn)

70 väg Kostnad (kr/dygn)

ÅDT 1200			ÅDT 2400			ÅDT 4800			ÅDT 9600		
250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000
827	879	1758	1654	1758	3516	3309	3516	7033	6617	7033	14066
733	691	1383	1467	1383	2765	2933	2765	5531	5866	5531	11061

Del 4 - Summering

ÅDT

Avstängningssträcka (m)

90 väg Kostnad (kr/dygn)

70 väg Kostnad (kr/dygn)

1200			2400			4800			9600		
250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000	250	500	1000
4110	5418	8945	8295	10980	17894	16922	22641	37116	35717	48381	79775
3754	4968	8308	7583	10080	16619	15498	20840	34564	32868	44781	74672

Beräkning av trafikflöden vid vägavstängning

Sampers är ett nyligen utvecklat modellsystem för trafikprognoser/trafikanalyser. Systemet innehåller bl.a. moduler för beräkning av resefterfrågan, ruttval och samhällsekonomi.

Resefterfrågan beräknas i modellen utifrån skattade beteendemönster hos olika befolkningskategorier. Denna skattning är baserad på data från den riksomfattande resvaneundersökning som påbörjades 1994 (Riks-RVU) och som alltså pågår (RES). Indata för att driva modellen är bl.a. information om befolkningen, bl.a. uppdelat på kön, ålder, inkomstklasser mm på en fin geografisk nivå, SCB:s s.k. Samsområdesindelning, samt en mycket detaljerad beskrivning av transportsystemet. Utdata från denna modell är resefterfrågan i form av resmatriser uppdelat på olika färdmedel och olika resärendetyper.

Ruttvalsmodellerna ligger i ett separat nätanalysverktyg vid namn Emme/2 (i Sverige kallat Emma). Emma är en kommersiell produkt från Kanada och har implementerats som en integrerad del i Samperssystemet, men verktyget kan också användas helt fristående. I Sampersstillämpningarna innehåller Emma de transportsystemkodningar som används för beräkningar av resefterfrågan. I Emma lagras också de resmatriser som blir resultatet av dessa beräkningar. Med hjälp av de nätutläggningsalgoritmer som finns implementerade i Emma samt en del tillämpningsspecifika definitioner och samband kan nätutläggningar göras i transportnäten av de beräknade resmatriserna. Resultatet blir trafikflöden på länknivå.

De samhällsekonomiska modellerna (SamKalk) bygger på att jämföra och värdera effekterna från olika scenarier med varandra. Skillnaderna i scenarierna kan exempelvis bero på skillnader i befolkningsstruktur, makroekonomiska variabler eller åtgärder i transportsystemet. De effekter som beräknas och värderas är bl.a. trafiksäkerhet, framkomlighet och miljö. Effektsambanden som används i Sampers för vägtrafikeffekter är identiska med de samband som används i EVA-systemet (Vägverkets system för Effektberäkning vid VägAnalyser).

I samband med en riskanalys kan systemen Sampers/Emma med fördel användas. Vid en sådan tillämpning kan man låta resefterfrågan vara konstant, d v s man använder samma resmatriser i båda scenarierna. Skillnaden mellan scenarierna skulle då endast vara att en länk eller en serie länkar i scenario 1 är öppen för trafik vid nätutläggningen medan de i scenario 2 är bortkodade så att trafiken måste söka andra vägar. De förändringar i trafikering som man då erhåller i vägnätet ger upphov till trafiksäkerhets-, restids- och miljöeffekter, som kan beräknas och värderas i SamKalk.