

Vurdering af hygiejniske risici ved håndtering af urent vand i huse

Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning

Nr. 3 2000

Vurdering af hygiejniske risici ved håndtering af urent vand i huse

Ole Frits Adeler
Poul Haarmoës

PH-Consult ApS

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indholdsfortegnelse

RESUME	1
1 INDLEDNING	3
1.1 PROBLEMSTILLING	3
1.2 RISIKOANALYSE	4
1.3 MÅLSÆTNING	5
2 PRAKTISKE EKSEMPLER	6
2.1 UGGELØSE	6
2.2 ANDRE EKSEMPLER PÅ FORURENING AF VANDFORSYNINGEN	7
2.2.1 <i>Bellahøj</i>	7
2.2.2 <i>Silkeborg</i>	7
2.2.3 <i>Afsluttende kommentarer omhandlende forurening af vandværksvand</i>	8
2.3 ERFARINGER MED RISIKOANALYSE AF REGNVANDSANLÆG OG GRÅVANDSANLÆG	8
3 RISIKO GENERELT	10
4 BEGREBER I RISIKOANALYSEN	11
4.1 INDLEDNING	11
4.2 OPDELING AF FEJL	11
4.3 DEFINITION AF BEGREBER	13
4.3.1 <i>Fejlsekvens 1, 2, 3, 4 ...</i>	13
4.3.2 <i>Sandsynlighedsniveau</i>	14
4.3.3 <i>Sikkerhedsniveau</i>	15
4.3.4 <i>Konsekvens</i>	15
4.3.5 <i>Risiko</i>	16
5 RISIKOVURDERING	18
6 RISIKOHÅNTERING	20
7 RISIKOKOMMUNIKATION	21
8 FEJLTRÆ –REGNVANDSANLÆG	22
8.1 BESKRIVELSE AF ”TYPISK” REGNVANDSANLÆG	22
8.1.1 <i>Sikring mod tilbagestuvning</i>	24
8.2 BESKRIVELSE AF FEJLTRÆMETODEN	26
8.3 BESKRIVELSE AF FEJLTRÆER FOR DE ANBEFALEDE REGNVANDSANLÆG	30
8.3.1 <i>Forudsætninger for opbygning af fejltræerne for det anbefalede regnvandsanlæg</i>	30
8.3.2 <i>Beskrivelse af fejltræ1, spildevand i lokalt net</i>	30
8.3.3 <i>Beskrivelse af fejltræ2 – regnvand i off. vandforsyningsnet</i>	31
8.3.4 <i>Beskrivelse af fejltræ3 – spildevand i off. vandforsyningsnet</i>	34
8.4 BESKRIVELSE AF PROJEKTERINGSFEJL/UDFØRELSESFEJL	37
8.5 RESULTATER FRA RISIKOANALYSE AF REGNVANDSANLÆG	42
9 FEJLTRÆ – GRÅVANDSANLÆG	47
9.1 BESKRIVELSE AF ET ”TYPISK” GRÅVANDSANLÆG	47
9.2 BESKRIVELSE AF FEJLTRÆER FOR ET ”TYPISK” GRÅVANDSANLÆG	49
9.2.1 <i>Forudsætninger for opbygning af fejltræfor et ”typisk” gråvandsanlæg</i>	49

9.2.2	<i>Beskrivelse af fejltræ5 – spildevand i off. vandforsyningsnet</i>	50
9.2.3	<i>Beskrivelse af fejltræ6 – grå spildevand i off. vandforsyningsnet</i>	52
9.2.4	<i>Beskrivelse af fejltræ7 – spildevand i cisternerne</i>	53
9.2.5	<i>Beskrivelse af fejltræ8 – dårligt rensset grå spildevand i cisternerne</i>	55
9.3	BESKRIVELSE AF PROJEKTERINGSFEJL/UDFØRELSESFEJL	57
9.4	RESULTATER FRA RISIKOANALYSEN AF GRÅVANDSANLÆG	58
10	KONKLUSION OG ANBEFALINGER	62
11	LITTERATURLISTE	64

BILAGSOVERSIGT

Bilag A	Beskrivelse af elementer til opbygning af fejltræ
Bilag B	Fejltræer for de anbefalede regnvandsanlæg
Bilag C	Regnvandsanlæg i kælder
Bilag D	Fejltræ for studs på lokalt net
Bilag E	Fejltræer for gråvandsanlæg

1 Indledning

Indledning

Denne rapport omhandler risikoproblematikken i forbindelse med udnyttelse af urent vand i huse. Urent vand defineres på følgende måde - vand der ikke opfylder drikkevandskriteriet. Der fokuseres på risikoanalyse af henholdsvis et regnvandsanlæg og et gråvandsanlæg. Der er taget udgangspunkt i nogle ”typiske” principskitser af disse to typer anlæg og en analyse er foretaget med det udgangspunkt at identificere, lokalisere og strukturere mulige fejl i forbindelse med projektering/konstruktion/drift/vedligeholdelse af disse typer anlæg.

Udgangspunkt for risikoanalysen

Selve den benyttede teori omkring risikoanalyse tager udgangspunkt i den allerede eksisterende teori, som benyttes indenfor atomindustrien og den kemiske industri. Teorien er i dette projekt blevet videreudviklet til at kunne anvendes på udnyttelse af urent vand i huse. Enkelte nye begreber er indført, så beskrivelse af risikoanalysen for regnvandsanlæg og gråvandsanlæg kan foregå på en logisk og sammenhængende måde.

1.1 Problemstilling

Grundvandsressourcen

I den seneste årrække er der opstået stigende bekymring for grundvandsressourcens kvalitet og kvantitet i Danmark. Kvalitetsmæssigt bl.a. pga. forurening med pesticider og nitrat fra landbruget, og kvantitetsmæssigt pga. lukning af kildepladser forårsaget af forurening.

Alternative vandressourcer

Dette har bevirket en stor folkelig og politisk interesse for at kunne udnytte de alternative vandressourcer bl.a. regnvand opsamlet fra tage og gråt spildevand fra interne cirkulationsanlæg i de enkelte husstande/virksomheder. Denne udnyttelse medfører imidlertid risiko for at forringe den lokale og den almindelige vandforsynings hygiejniske standard.

Bekendtgørelse nr. 515

På nuværende tidspunkt skal Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg overholdes.

Lempelse af krav til vandkvalitet

Miljøstyrelsen har ikke villet bryde med det hidtidige princip om kun at tillade vand af drikkevandskvalitet at blive ledt ind i husholdningerne, men nye undersøgelser har ændret denne holdning /Albrechtsen, 1998/. Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 515 vil i denne forbindelse blive lempet, således at der bliver åbnet mulighed for at benytte regnvand, opsamlet fra tage, til f.eks. wc-skyl. Der er på forsøgsbasis opbygget gråvandsanlæg, hvor rensat gråtvand benyttes til f.eks. wc-skyl, men der er ikke generelt blevet åbnet mulighed for benyttelse af gråtvand til wc-skyl.

Bakterier i vandforsyningsnettet

Dette vil betyde, at der vil blive bygget en del regnvandsanlæg rundt omkring i landet, hvilket i det enkelte forsyningssystem kan give anledning til forurening af store mængder af vandværksvand og spredning af bakterier i tilfælde af dårlig projektering/konstruktion/drift/vedligeholdelse.

Decentrale, alternative installationer kan få konsekvenser for sporing af bakteriel forurening i distributionssystemer, fordi distribuerede evt. lej-lighedsvisse kilder bliver vanskelige at identificere.

Samspil mellem Teknologisk Institut og PH-Consult

Når et regnvandsanlæg og et gråvandsanlæg skal bygges, er det vigtigt at have visse retningslinier at følge, således at evt. fejl i anlæg kan spores på et tidlig stadium. I den forbindelse har Miljøstyrelsen valgt at få udarbejdet en anvisning og en rapport ”Brug af regnvand til wc-skyl og vaske-maskiner i boliger” /1/ og ”Vurdering af hygiejniske risici ved håndtering af urent vand i huse”. Anvisningen og rapporten er udarbejdet sideløbende af henholdsvis Teknologisk Institut – rørcentret og PH-Consult ApS. Anvisningen udarbejdet af Teknologisk Institut er en anvisning omkring konstruktion af og valg af materialer til bygning af et regnvandsanlæg. PH-Consult’s rapport er en risikoanalyse af de anbefalede regnvandsanlæg fra Teknologisk Institut’s anvisning samt en risikoanalyse af et ”typisk” gråvandsanlæg. Hvad angår regnvandsanlæggets del af PH-Consult’s rapport har der været et samspil mellem Teknologisk Institut og PH-Consult, således at Teknologisk Institut’s anlæg er blevet ændret sideløbende med, at PH-Consult’s fejltræer er ændret, og omvendt. Dette samarbejde har ført til en anbefalet anlægsudformning baseret på grundig analyse og diskussion af mulige projekteringsfejl og konstruktionsfejl, medens andre opståede fejl i forbindelse med drift og vedligeholdelse af et anlæg kan spores via risikoanalysens fejltræer.

1.2 Risikoanalyse

Definition af risikoanalyse

Risikoanalysen er første trin i hele risikoterminologien, som senere i rapporten vil blive forklaret i detaljer. Risikoanalysen er en systematisk gennemgang af et anlæg f.eks. regnvandsanlæg eller gråvandsanlæg med henblik på at identificere uønskede hændelser og disses mulige årsager og konsekvenser.

Risikoanalysen har til formål, dels at give en beskrivelse af risici i forbindelse med projektering/konstruktion/drift/vedligeholdelse af et anlæg, dels at danne baggrund for at kunne foreslå ændringer i projektering/konstruktion/drift/vedligeholdelse, der kan begrænse risici. Denne begrænsning kan foregå på to måder – enten ved at begrænse konsekvensen af en given uønsket hændelse eller ved at minimere hyppigheden, hvormed hændelsen kan indtræffe.

Rammerne for risikoanalyse

Detaljeringsgraden af en risikoanalyse kan være meget forskellig, men det er et vigtigt punkt for at få et brugbart resultat. I nogle tilfælde vil en simpel overordnet gennemgang af risici i forbindelse med et anlæg være tilstrækkelig til at estimere sandsynlighederne for de uønskede hændelser, og måske konkludere, at der ikke kan forekomme større uheld. I sådanne tilfælde er det ikke nødvendigt med yderligere analyser. I andre tilfælde vil det være nødvendigt med en omfattende og detaljeret analyse, således

at en fyldestgørende dokumentation af risici kan fremlægges på en struktureret måde. Desuden er det vigtigt at sætte rammerne for indholdet af risikoanalysen. I forbindelse med risikoanalysen i denne rapport, er det kun risici forbundet med hygiejniske konsekvenser, der inddrages og ikke generelle defekter på anlægget, såfremt de ikke genererer hygiejniske problemer.

Opbygning af risikoanalyse

I alle tilfælde vil en struktureret risikoanalyse indeholde følgende punkter:

- **Anlægsbeskrivelse**

En principskitse af anlægget samt en beskrivelse af samtlige komponenter, der indgår i anlægget, således at evt. ”svage” led kan identificeres. Principskitserne skal angive placering, udformning og dimensioner af anlæggets enkelte dele samt placeringen af anlægget i forhold til omgivelserne. Desuden en beskrivelse af driftsforhold (herunder styreenhed) og sikkerhedsforhold.

- **Identifikation af mulige risici**

En identifikation af mulige uønskede risici inden for rammerne sat for risikoanalysen.

- **Fejlanalyse**

En identifikation af fejl og kombinationer af fejl (fejlsekvens), der kan føre til den uønskede hændelse. Til dette formål kan benyttes opstilling af fejltræer, således at fejlsekvenserne kan illustreres på en struktureret måde.

Ingen kvantificering af sandsynlighederne

Til sidst i risikoanalyse kan der sættes sandsynligheder og konsekvenser på de uønskede hændelser. Dette kan gøres mere eller mindre kvantitativt, men det har ikke i dette projekt været muligt at foretage en egentlig kvantificering. I stedet er der foretaget en skønsmæssig opdeling i niveauer. Opdelingen af niveauer for sandsynlighed og konsekvens er mere detaljeret forklaret senere i rapporten, hvor alle begreber, der benyttes i forbindelse med risikoanalysen vil blive beskrevet.

1.3 Målsætning

Målsætningen for rapporten er følgende:

- Udarbejdelse af en risikoanalyse for de anbefalede regnvandsanlæg fra Teknologisk Institut med en fokusering på hygiejniske forhold.
- Udarbejdelse af en risikoanalyse for et ”typisk” gråvandsanlæg med fokusering på hygiejniske forhold.
- Konsekvensvurdering, hvis en af de uønskede hændelser skete for enten et gråvandsanlæg eller et regnvandsanlæg. Kvalitativ beskrivelse af forureningsgraden af den uønskede hændelse, og opstilling af fejltræer for hver uønsket konsekvens.
- Sammenfatning af erfaringer fra såvel indland som udland omhandlende risikoanalyse i forbindelse med anlæg til håndtering af urent vand i huse.

2 Praktiske eksempler

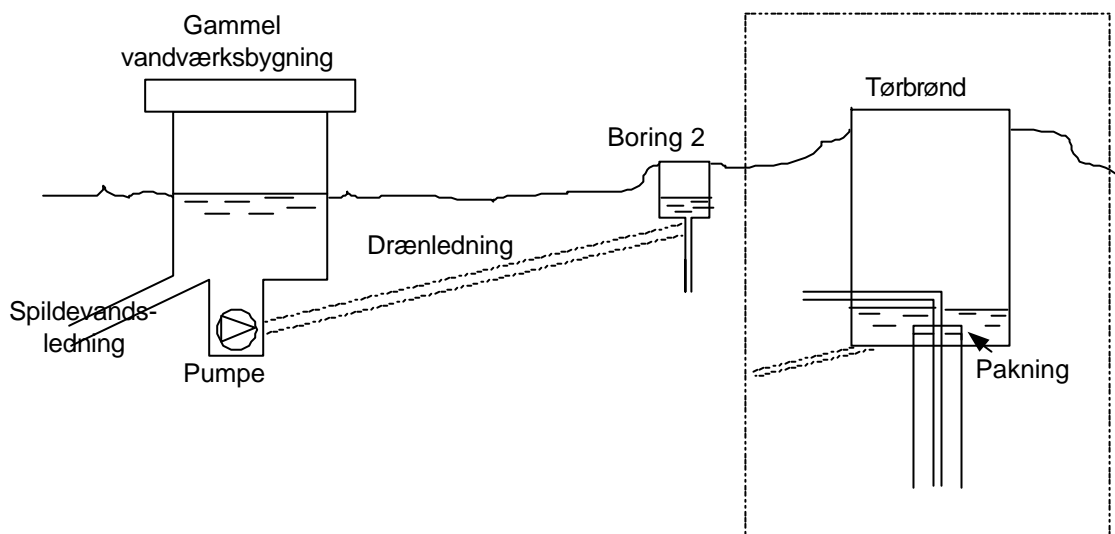
I dette kapitel vil enkelte praktiske eksempler blive gennemgået, som viser, at der stort set dagligt sker fejl i tekniske anlæg, som medfører mere eller mindre alvorlige konsekvenser. Der vil blive omtalt eksempler, som har medført forurening af vandværksvand. Kapitlet skal dokumentere, at der er risici i forbindelse med tekniske anlæg, at det ofte skyldes banale konstruktionsfejl og eller driftsfejl, samt at det er vigtigt at analysere disse, således at uønskede konsekvenser kan minimeres.

2.1 Uggeløse

Forurening af Uggeløse Vandværk

Uggeløse er en by nordvest for København. I byen ligger Uggeløse vandværk, som forsyner byen med grundvand via to borer. Det oppumpede grundvand ledes gennem luftning og filtrering, inden det distribueres til forbrugerne.

Ved siden af boring 2 ligger en gammel vandværksbygning, og 8 meter syd for boringen løber en spildevandsledning. Se overbliksskitse på Figur 2.1.



Figur 2.1

Skitse af området omkring boring 2 samt forureningsvejen. Boring 2 ses forstørret til højre, hvor placeringen af pakningen kan ses.

Oversvømmelse i forbindelse med kraftigt regnvejr

Den 9.januar 1992 blev der i forbindelse med et kraftigt regnskyl om natten registreret oversvømmelse i den gamle vandværksbygning samt i tørbrøden ved boring 2. Personalet på vandværket skønnede i første omgang, at der ikke var sket en forurening af boring 2, da pakningen ved boringen ansås for at være tæt.

1600 coliforme bakterier i 100 ml. vandværksvand

Den 10.januar blev der alligevel foretaget en analyse af en vandprøve, som viste et meget højt antal af coliforme bakterier (1600 coliforme pr.

100 ml., hvoraf 920 var termotolerante). Dette var en klar indikation, at der var sket en spildevandsforurening.

Påbud om kogning af vandet

Den 13. januar blev Embedslægeinstitutionen orienteret om forureningen af boring 2 ved Uggeløse Vandværk. Kogepåbud blev straks udstedt. Boringen blev lukket, og kloring af vandet og ledningsnettet blev påbegyndt.

Spørgeskemaer

Efterfølgende blev der sendt spørgeskemaer rundt til beboerne i Uggeløse, og af disse fremgik det, at der kunne spores forurening tilbage til december 1991. Et meget stort antal af maveinfektioner var registreret, og der var klar sammenhæng mellem antallet af maveinfektioner og intensiteten af regnvejr.

Årsagen til forureningen

Spildevandsforureningen af boring 2 skete pga. af, at der i afløbsledningen ved siden af boring 2 opstod tilstopning pga. rødder i systemet, hvilket resulterede i tilbagestuvning af spildevand til den gamle vandværksbygning. Spildevandet i vandværksbygningen bevirkede, at den elektriske pumpe kortsluttede, og dermed kunne der ske opstuvning i drænledningen, som førte over til tørbrønden i forbindelse med boring 2. I boring 2 var der en utæt pakning og spildevandet kunne trænge ind i boringen.

Både myndighederne og vandværket var klar over drænledningens eksistens, og myndighederne havde allerede i 1990 igangsat en undersøgelse af risikoen ved tilbagestuvning, men undersøgelsen blev aldrig færdiggjort.

Udgiften i forbindelse med forureningen

Udgiften i forbindelse med forureningen blev opgjort til ca. 600.000 kr., hvilket indeholder rensning af filtre og ledninger samt fjernelse af drænledningen. Udover disse omkostninger skal det overvejes, om det ikke ville være rimeligt at medtage udgiften ved tabt arbejdsfortjeneste, som i denne forbindelse blev opgjort til 1.600.000 kr., samt en vurdering af andre ulemper og ubehag. /2/.

2.2 Andre eksempler på forurening af vandforsyningen

2.2.1 Bellahøj

Duer i vandbeholder på Bellahøj

I Brønshøj blev der i juni 1998 observeret forurenet vand i vandforsyningsledningerne. Forureningen blev sporet tilbage til vandtårnet i Bellahøj, hvor nogle duer var trængt ind gennem et hul i taget. Dette medførte, at antallet af termotolerante coliforme bakterier steg. Dette er den største vandforurening, der er observeret i Danmark indtil nu, set ud fra det synspunkt, at 90.000 mennesker var i risikozonen for bakteriel forurening. Alle indbyggere i forsyningsområdet blev i 2 uger opfordret til at koge vandet, hvorefter ledninger og tank var blevet rensset. Udgiften blev estimeret til ca. 250.000 kr..

Der blev ikke i forbindelse med forureningen observeret sygdomstilfælde, som kunne relateres til forureningen /2/.

2.2.2 Silkeborg

Coliforme bakterier i vandforsyning i Silkeborg

I juli måned 1997 blev der ved en rutinekontrol fundet tre coliforme bakterier pr. 100 ml. i vandværksvandet. Vandforsyningen distribuerede vand til omkring 2500 mennesker samt et hospital. Efter konstatering af forøget bakteriekoncentration i vandet, blev alle beboere beordret til at koge vandet.

Efterfølgende vandprøver viste varierende koncentrationer af bakterier uden geografisk afhængighed. I løbet af de næste par måneder, blev det forsøgt at lokalisere forureningskilden men uden held.

Omkostningen ved forureningen

Efter en måned blev det estimeret, at forureningen havde kostet 1 million kr.. Der blev i forbindelse med forureningen observeret nogle enkelte tilfælde af sygdom forårsaget af forureningen /2/.

2.2.3 Afsluttende kommentarer omhandlende forurening af vandværksvand

Opsamling af forureningstilfælde

I perioden 1.januar 1992 til 30.juni 1997 er der registreret over 50 tilfælde af mikrobiologisk forurening af vandværksvand i Danmark alene /2/. Det er kun de tilfælde, som er registreret. Foruden disse er der alle dem, som aldrig bliver opdaget og dermed ikke registreret.

Fejl, som forårsager forureningen

Forureningen kan i nogle tilfælde spores, hvorved kilden til forurening kan lokaliseres. Årsagen til forureningen er almindeligvis følgende:

- Fejl i afløbssystemet (f.eks. tilstopning eller brud af ledning) og i dræningerne
- Tekniske fejl på vandværket eller ved decentrale installationer (f.eks. defekt kontraventil)
- Dyr i vandforsyningen (f.eks. fugle i vandbeholder)

Sporing af forureningskilden

Det skal dog bemærkes, at sporingen af kilden til forureningen i mange tilfælde ikke lykkes, da lejlighedsvis decentrale forureningskilder er svære at spore.

Bedre viden om systemerne i form af risikoanalyse

Betragtes de førnævnte eksempler kan det ses, at uheldene har medført mange gener for forbrugerne, og at den samlede udgift i forbindelse med lokalisering og rensning efter forureningen er betydelig. Derfor er det vigtigt at reducere muligheden for sådanne uheld ved at kende de enkelte systemers svage punkter bedre. Dette kan opnås ved at gennemføre en risikoanalyse af de tekniske systemer, således at mulige risici er lokaliseret på forhånd, og de største er forebygget, således at sandsynligheden for, at uheld indtræffer er minimeret.

Detaljeringsniveau

Vigtigt i anvendelse af metoden er at vælge detaljeringsniveau. Metoderne er beregnet til at skabe overblik over den aktuelle problemstilling, som derpå analyseres ved detaljering. Der kan altid analyseres videre ned i

fejltræet. Der kan også analyseres på et højere niveau, helt op til overblik over det samlede vandsystem i en by.

2.3 Erfaringer med risikoanalyse af regnvandsanlæg og gråvandsanlæg

Ikke kun Danmark

Det er ikke kun i Danmark, der er politisk tilskyndelse til lokal anvendelse af regnvand, gråvand eller anden form for urent vand i den enkelte husstand eller i ejendomskomplekser.

Hovedrisikoen

Hovedrisikoen med disse anlæg er, at der tillades et dobbelt ledningssystem: et som fører drikkevand og et som fører urent vand (dvs. vand, som ikke er egnet til drikkevand), hvad enten dette gælder hele byer, bydele, ejendomskomplekser eller blot den enkelte husstand.

Erfaringer fra udlandet

Tekniske anlæg med dobbelt ledningssystem har faktisk eksisteret i mange byer i lang tid, f.eks. Hong Kong, Tokyo, Paris. De steder, hvor denne udvikling er ny men aktiv er i: Sverige, Tyskland og Holland.

Gennem den internationale litteratur, men især gennem personlige kontakter tegner der sig følgende billede:

Det er ikke lykkedes at finde nogen reference til nogen risikoanalyse af karakter som gennemført i denne rapport på problemstillinger vedr. urent vand i huse. Der er en righoldig, ofte utroværdigt polariseret litteratur om smittefaren ved kontakt med regnvand og gråvand; men der foreligger ikke nogen litteratur eller nedfældet erfaring om risici, som formuleret i denne rapport, dvs. risikoen for at der utilsigtet sker en kontamination af vandforsyningen ved forbindelse mellem rørsystemet med det urene vand og rørsystemet med det rene vand.

Der er fundet følgende generelle eksempler af relevans for risikoen for krydsforbindelser:

Hong Kong

I Hong Kong har man haft et dobbelt rørsystem siden 1950'erne. Det skyldes, at Hong Kong blev isoleret fra fastlandets vandressourcer og derfor havde utilstrækkelige vandressourcer inden for sit begrænsede område. I 1950'erne var vandforsyning begrænset til få timer om dagen! Det førte til udvikling af et rørsystem med havvand til alle former for vandanvendelse, som ikke hindres af saltindholdet og andre urenheder. Dette system eksisterer endnu og er en fast bestanddel af Hong Kong's vandleverance til 5 mill. indbyggere, hvoraf flest bor i (meget høje) højhuse. De to vandtyper leveres til disse huse ved terræn, hvorfra huset selv står for oppumpning til alle niveauer i højhuset. I en samtale har vicevandværksdirektøren oplyst, at vandforsyningen er bekendt med ca. to tilfælde om året af utilsigtet krydsforbindelse mellem de to rørsystemer, som berører den offentlige vandforsyning; men at der forekommer et meget større antal i husene, som vandforsyningen ikke har tal på. Krydsforbindelser opdages relativt let, fordi vandet smager af salt. Imidlertid vil en fortynding hurtigt fjerne saltsmagen, men en sådan fortynding er

ikke nok til at fjerne sundhedsfaren. Af denne grund desinficeres saltvandet.

Paris

I Paris benyttes vand fra Seine leveret fra et specielt rørsystem i gaderne til at skylle gaderne rene. Det er blevet oplyst, at der forekommer lejlighedsvis krydsforbindelser; men at det ikke anses for et alvorligt problem, fordi rørsystemet med det urene vand alene håndteres af kommunens eget personale. Imidlertid har man i Passy distriktet for mange år siden haft dobbelt vandforsyning i husene fra dette rørsystem; men dette blev nedlagt for lang tid siden på grund af for mange problemer (specifikation mangler).

Der er ikke fundet andre informationer om erfaringer for risici forbundet med dobbelte rørforbindelser. Det vil i øvrigt også være svært at overføre konkrete erfaringer til danske forhold, fordi traditioner, nationale regler, fagfolks uddannelse og befolkningens holdning, kan være meget forskellige. Pointen er, at faren for utilsigtede krydsforbindelser ikke kan negligeres som fantasifuld risikoforskrækkelse. Det er faktisk noget som sker! – om end sjældent, men hvor sjældent?

3 Risiko generelt

Folkelig interesse for risici

I de seneste år har store ulykker som Chernobyl, Soveso og Bhopal bevirket, at den folkelige interesse for risici i forbindelse med drift af store anlæg er øget. Som det fremgik af forrige kapitel er det ikke kun uheld ved store anlæg, der kan påvirke mange mennesker, men uheld ved små anlæg, kan ligeledes påvirke mange og have alvorlige konsekvenser. De fleste har den holding, at sådanne ulykker (såvel store som små) aldrig må ske igen. Men enhver logik siger, at det er umuligt at udelukke sådanne ulykker. Der vil altid være risici i forbindelse med drift af alle former for tekniske anlæg. Konsekvensen af risici er meget forskellig fra anlæg til anlæg, men der vil altid eksistere en fare for ulykker. Det er derfor vigtigt at udnytte den teknologiske viden og samtidig holde risici i forbindelse med teknologien inden for acceptable grænser. Dette er et meget komplekst problem. Det er ikke nok at lære af erfaringer, da teknologien og diverse anlæg aldrig er de samme. Det er nødvendigt at gennemgå hver enkelt anlægstype for at lokalisere evt. risici og strukturere disse. Det er her hele terminologien omkring ”risiko” begynder.

Opdeling af risikoterminologien

Risikoterminologien kan opdeles i fire undergrupper:

- Risikoanalyse (”risk analysis”)
- Risikovurdering (”risk assessment”)
- Risikohåndtering (”risk management”)
- Risikokommunikation (”risk communication”)

Risikoanalyse

Risikoanalyse er den ”objektive” analyse af sammenhænge. Risikoanalysen lokaliserer evt. risici og strukturerer disse, således at det store overblik opnås. En detaljeret beskrivelse af risikoanalyse er givet tidligere i rapporten, og risikoanalysens begreber beskrives senere.

Risikovurdering

Risikovurdering er den politiske holdning til risikoanalysen. Risikovurderingen afgør, hvilke risici beslutningstagerne (det politiske system) er villige til at acceptere.

Risikohåndtering

Risikokommunikation

Risikohåndtering er et led efter risikovurderingen og omhandler love, bekendtgørelser, forbud, påbud, straffe og økonomiske styremidler m.v.. Risikohåndteringen er udarbejdet på basis af risikovurderingen, dvs. ud fra den politiske holdning til risikoanalysen.

Risikokommunikation er det sidste led i rækken. Formålet med risikokommunikation er at skabe forståelse for risici i forbindelse med tekniske anlæg, da det er vigtigt, at forståelsen findes på alle niveauer, således at evt. fejl kan håndteres og måske helt undgås.

Risikoterminologien bliver benyttet i mange forskellige brancher i dag. Atomindustrien, den kemiske industri og fødevarerindustrien har været nogle af de førende brancher i udviklingen af risikoterminologien.

Udviklingen inden for området

Udviklingen i fremtiden vil med stor sandsynlighed medføre, at risikoterminologien vil blive benyttet mere og mere, da flere og flere brancher indser, at hele risikoproblematikken er vigtig.

4 Begreber i risikoanalysen

4.1 Indledning

I dette kapitel vil alle begreber, som benyttes i forbindelse med risikoanalysen blive defineret og forklaret. For at øge forståelsen af begreberne er der ligeledes angivet konkrete eksempler på, hvordan begreberne skal benyttes. Eksemplerne er hentet fra regnvandsanlæg. Følgende eksempler er indbygget i teksten:

- Tapventil på regnvandsanlæg
- Opstuvningsproblemer fra kloakken
- Rensning med slange i tank
- El-afbrydelse
- Tilstopning af komponent

Der skal dog bemærkes, at Miljøstyrelsen har vedtaget, at tapventiler på regnvandsanlæg ikke er lovlige, da det er besluttet at fortolke det som en direkte fare/risiko. Dette er et eksempel på, hvordan risikoterminologien benyttes. Risikoanalysen identificerer risici i forbindelse med tapventiler. Risikovurderingen vurderede, at tapventilen på et regnvandsanlæg udgør en for stor risiko, og risikohåndteringen besluttede, at tapventiler ikke er lovlige på regnvandsanlæg.

4.2 Opdeling af fejl

Opdeling af fejl

I Skema 4.1 er mulige fejl ved projektering/konstruktion/drift/vedligeholdelse af et regnvandsanlæg listet på en systematisk måde.

Fejlene kan opdeles i to grupper:

1. Projekteringsfejl/udførelsesfejl
2. Komponentfejl
 - Primær fejl (normalt belastet)
 - Sekundær fejl (overbelastet)
 - Nabokomponent
 - Omgivelser
 - Betjening

Komponentfejl

Som det fremgår, kan komponentfejl opdeles i primær fejl og sekundær fejl, hvor primær fejl beskriver en fejl på en komponent i normalt belastet tilstand, mens en sekundær fejl beskriver en fejl på en komponent i overbelastet tilstand.

Komponentfejl - primærfejl

En primær fejl kan forårsages af slid, tilstopning, korrosion eller komponenten kan blive defekt. Måden at forebygge/behandle en primær fejl på er ved præventiv vedligeholdelse eller ved reparation.

Komponentfejl - sekundærfejl

En sekundær fejl kan opstå ved, at en nabokomponent fejler eller ved at omgivelser påvirker komponenten f.eks. ved en elafbrydelse eller ved

Fejl og konsekvens

Komponent fejl		1.for DTI-anlæg 2.anlæg med anden udformning (projektering)	
Projektering/udførelsesfejl	Primær (normalt belastet)	Sekundær (overbelastet)	Betjening
<ul style="list-style-type: none"> • Fast kortslutning • Mgl. luftgab • For lavt placeret luftgab • Mgl. kontraventil • Mgl. filtrering • Mgl. sikring mod tilbagestrømning • Mgl. mærkning af ledninger/hane • Oppumpning fra tank • Fejl i automatisk styring • Anvendelse af ikke-godkendte tagflader • Mgl. godkendelse • Ikke autoriseret-håndværk • Tankmateriale • Indløb til tank (sedimentation) • Taphane på regnvandsanlæg (placering) • Fejl ved overløb fra tank • Fejl ved rørtilslutning til lokalt net • Fejl ved rørtilslutning til offentligt net • Fejl ved regnatløb eller ved overløb i tank • Studs på lokalt regnvandsnet 	<p style="text-align: center;">Årsager</p> <ul style="list-style-type: none"> • Slid • Tilstopning • Korrosion • Tilfældig defekt <p style="text-align: center;">Handlinger</p> <ul style="list-style-type: none"> • Præventiv vedligeholdelse • Reparation <p style="text-align: center;">Eksempler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontraventil • Sikring (to steder - nødoverløb, hovedkloak) • Filter • Tank • Pumpe • Styreenhed • Sikring 	<p style="text-align: center;">Nabo komponent</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ref. til primær fejl hos nabo 	<p style="text-align: center;">Omgivelser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elafbrydelse • Elchok (tordenvejr, kortslutning) • Oversvømmelse • Hærværk

Figur 4.1: Fejlene opdelt i projekteringsfejl/udførelsesfejl samt komponentfejl.

fejlbetjening af anlægget, eller at komponenten generelt er overbelastet set i forhold til komponentens design belastning.

Projekteringsfejl/konstruktionsfejl

Selvom der udarbejdes et regelsæt for bygning af et regnvandsanlæg, er der ingen garantier for, at denne anvisning overholdes, og derfor er det ligeledes nødvendigt at betragte projekteringsfejl og udførelsesfejl, da der altid vil være nogen, som mener, at de selv kan bygge anlægget, også selvom det er i strid mod krav om, at arbejdet skal udføres af autoriserede fagfolk.

Repressalier

Under risikohåndteringen skal der udarbejdes repressalier, som vil gøre sig gældende i tilfælde, hvor anvisningen ikke bliver overholdt, men derfor vil det ikke udelukke, at situationer opstår, hvor anvisningen ikke er overholdt.

4.3 Definition af begreber

Opdeling af risikoanalysen

Risikoanalyse er et begreb, som defineres på mange forskellige måder. Derfor er det vigtigt at præcisere, hvordan opbygningen af risikoanalysen i forbindelse med et regnvandsanlæg/gråvandsanlæg fortolkes i denne rapport. Følgende begreber vil blive benyttet til beskrivelsen af risikoanalysen:

- Fejlsekvens
- Sandsynlighedsniveau
- Sikkerhedsniveau
- Konsekvens
- Risiko

Disse begreber er forklaret i de følgende afsnit.

4.3.1 Fejlsekvens 1, 2, 3, 4 ...

Definition af fejlsekvens

Beskriver antal af fejl samt rækkefølgen af fejl, der kan ske i et anlæg før en given uønsket konsekvens indtræffer.

Ved fejlsekvens 1 forstås, at der sker én fejl, f.eks. kan filteret bliver tilstoppet eller der sker opstuvning fra kloakken.

Ved fejlsekvens 2 forstås, at der sker to fejl, som indbyrdes hænger sammen. F.eks. kan den første begivenhed være, at der sker opstuvning fra kloakken. Den anden begivenhed er så, at sikringen ikke virker, hvilket dermed medfører, at spildevandet kan komme ind i regnvandstanken. Det vil sige, at her er der to fejl som tilsammen medfører, at spildevandet ledes ind i regnvandssystemet, men hver for sig har fejlene ikke nogen alvorlig betydning, da opstuvning af spildevand ingen effekt har, hvis sikringen virker og hvis der ikke er opstuvning af spildevand, har sikringen ingen funktion.

Ved fejlsekvens 3 forstås, at der skal ske tre begivenheder som forudsætning for, at en given konsekvens indtræffer. Benyttes samme eksempel

som beskrevet under fejlsekvens 2, hvor begivenhed ét er, at der sker opstuvning af spildevand fra kloakken, begivenhed to er, at sikringen mod tilbagestuvning ikke virker. Den tredje begivenhed kan så være, at der er sket en fejltilslutning ved luftgabet f.eks. ved rensning af tanken. Der er tilkoblet en slange til det offentlige vandforsyningsnet, som er ført ned i tanken for at spule den. Hermed er forbindelsen mellem vandværksvand og regnvandet etableret.

Ved fejlsekvens 4 forstås, at der skal ske fire begivenheder, som forudsætning for at en given konsekvens indtræffer. De tre første begivenheder kan være dem, der er beskrevet under fejlsekvens 3, mens den fjerde begivenhed kan være, at den eksisterende magnetventil på vandværksledningen ikke fungerer.

Foruden de fire første fejl, skal der ligeledes være en defekt rørafbryder, to defekte kontraventil samt at skal trykket går af det offentlige vandforsyningsnet.

Dette eksempel illustrerer, at der først ved fejlsekvens 8, ledes spildevand ind i det offentlige vandforsyningsnet.

Tapventil på et regnvandsanlæg kunne være et andet eksempel:

Fejlsekvens 1: En tapventil placeres på regnvandsanlægget.

Fejlsekvens 2: Tapventil er placeret på regnvandsanlægget samtidig med, at der mangler mærkning af ledninger og tapventil ("ikke drikkevand").

Dette er et eksempel på, at der allerede efter fejlsekvens 1 er mulighed for at drikke regnvand. Fejlsekvens 2 består i, at advarslen mangler – eller overses (f.eks. af børn). Eksemplet kan selvfølgelig udbygges med to ekstra begivenheder, således at der er risiko for at drikke spildevand, hvis der f.eks. sker en opstuvning af spildevand i kloakken og, at sikringen ikke virker.

4.3.2 Sandsynlighedsniveau

Definition på sandsynlighedsniveau

Sandsynlighedsniveauet beskriver sandsynligheden for, at en fejl opstår.

Bestemmelse af sandsynligheder

For at angive en sandsynlighed for, at en given fejl opstår, er det en nødvendighed, at man har adgang til data for de indgående komponenter. Det vil sige oplysninger om hyppigheden af svigt og længden af reparations-tiden efter et svigt. Det er ønskeligt med statistik omhandlende de enkelte komponenters fejltendenser. Det er muligt at finde de statistiske data for de enkelte komponenter, dette er dog en stor og kompleks opgave, som ikke er indeholdt i denne rapport.

Erfaringer fra andre anlæg

Disse data kan skaffes på forskellig vis. I det tilfælde, hvor det er et allerede eksisterende anlæg, anvendes erfaringer fra anlægget om, hvor ofte en given komponent har været defekt eller af anden grund ikke har opfyldt sin funktion. For det tilfælde, at der er tale om et anlæg, der endnu ikke har været i drift, må der samles erfaringer fra andre tilsvarende anlæg eller fra generel viden om de enkelte komponenters effektivitet fra fagbøger m.v.. I sådanne situationer, er det vigtigt at benytte data med et

vist forbehold, da komponenten måske ikke er blevet benyttet i et anlæg af samme størrelse eller under samme forhold. Der vil altid knytte sig en stor usikkerhed til disse tal, derfor er det klart at foretrække at benytte tal fra tidligere erfaringer fra samme type anlæg som det undersøgte.

I mangel af detaljeret erfaring er det valgt at beskrive sandsynlighederne for de enkelte komponenter mere eller mindre kvalitativt. Til beskrivelsen af systemet er valgt fire sandsynligheder:

- Meget sandsynligt
- Sandsynligt
- Sjældent
- Meget sjældent

Ingen kvantificering af sandsynlighederne

Det vil selvfølgelig altid være en skønssag at vurdere, hvilket sandsynlighedsniveau hver enkelt begivenhed/fejl skal have. Vurderingen bør tage udgangspunkt i erfaringer og kvalificerede skøn. Det anses ikke for muligt på det foreliggende grundlag at kvantificere sandsynligheden.

Sandsynlighedsniveauet vurderes

F.eks. er det sandsynligt, at filteret engang imellem bliver tilstoppet, afhængig af hyppigheden for vedligeholdelsen. Det er også sandsynligt, at der sker en elafbrydelse, således at det automatiske styresystem lukkes ned. Sandsynlighedsniveauet for, at sikringen mod tilbagestrømning fra kloakken ikke virker, er sandsynlig. Således kan alle fejl angives ved et sandsynlighedsniveau.

4.3.3 Sikkerhedsniveau

Definition af sikkerhedsniveau

Sikkerhedsniveauet beskriver produktet af sandsynlighederne for en fejlsekvens. Afhængig af antallet af begivenheder/fejl i fejlsekvensen og hvilket sandsynlighedsniveau fejlene har, opnås et sikkerhedsniveau.

Sikkerhedsniveau for spildevand i off. net

Sikkerhedsniveauet for, at spildevand fra kloakken ikke ledes ind i det offentlige vandforsyningsnet, er rimelig stort. Der skal fem begivenheder til, før spildevandet er i det offentlige vandforsyningsnet.

1. Tilbagestrømning fra kloakken
2. Sikringen virker ikke
3. Fejltilslutning ved luftgabet
4. Manglende magnetventil funktion
5. Trykket går af det offentlige vandforsyningsnet

Sandsynlighedsniveauerne for de fem fejl kunne f.eks. sættes til følgende:

1. Sandsynligt (meget sandsynligt på visse lokaliteter)
2. Sandsynligt (meget sandsynligt uden jævnlige tilsyn. Afhængig af valg af sikring. Omtales nærmere senere i rapporten.)
3. Meget sjældent
4. Sandsynligt (meget sandsynligt uden jævnlige tilsyn)
5. Sjældent

Hver begivenhed har sit sandsynlighedsniveau, som tilsammen bekræfter, at sikkerhedsniveauet for konsekvensen ”spildevand i off. vandforsyningsnet” er særdeles høj. Der er et sandsynlighedsniveau af ”meget sjældent” og et af ”sjældent”.

Et andet eksempel kan være tilstopning af filteret. Der skal kun en begivenhed til, for at filteret tilstoppes:

1. Dårlig vedligeholdelse/manglende rensning

Sandsynlighedsniveauet er ”sandsynlig” for at vedligeholdelsen er dårlig. Så hvis filteret ikke renses, så er der stor sandsynlighed for, at det vil blive tilstoppet.

4.3.4 Konsekvens

Definition af konsekvens

Konsekvensen af en fejlsekvens kan opdeles i fire grupper:

- Marginale konsekvenser
- Alvorlige konsekvenser
- Kritiske konsekvenser
- Katastrofale konsekvenser

Katastrofalt

Det er selvfølgelig igen en vurdering, i hvilken gruppe de enkelte konsekvenser skal placeres. Der er ingen tvivl om, at spildevand i det offentlige vandforsyningsnet er **katastrofalt** dels fordi, det er velkendt, at det kan føre til øjeblikkelige og omfattende sygdom i forsyningsområdet og dels fordi, det kan føre til registrering af dårlig hygiejnisk kvalitet og påbud om kogning af vand i forsyningsområdet (evt. langvarigt, da kilderne kan være svære at identificere, hvis der er mange potentielle kilder). Det må derfor ”ikke ske”. Spredningsområdet er desuden meget stort, og det vil genere mange indbyggere.

Alvorlig

Spildevand i husholdnings/ejendommens eget vandforsyningsnet er ikke katastrofalt, da det er en begrænset spredning. Derfor betegnes denne konsekvens **alvorlig**.

Kritisk

Regnvand i det offentlige vandforsyningsnet er **kritisk**, da spredningsområdet igen er meget stort, og det vil genere mange indbyggere. Desuden vil den forøgede bakteriekoncentration igen betyde påbud om kogning af vand i forsyningsområdet evt. langvarigt, da det kan være svært at identificere kilden til forureningen.

Marginal

Hvis f.eks. filteret bliver tilstoppet, er konsekvensen **marginal**, da filteret bare skal renses.

Placering af en tapventil på regnvandsanlægget, hvor der er mulighed for at drikke regnvand, er dette en alvorlig konsekvens eller er den marginal? Selvfølgelig kan den ligeledes være katastrofal, hvis der er kommet spildevand i regnvandstanken via tilbagestuvning fra kloakken og en ikke virkende sikring. Det er igen en vurderingssag for beslutningstagere.

4.3.5 Risiko

Definition af risiko

Risiko er her defineret som følger:

- Risiko = sikkerhedsniveau * konsekvens

For at angive risikoen er det nødvendigt at kende sandsynlighedsniveauet for hver enkelt fejl samt konsekvensen af denne/disse fejl. I de tilfælde, hvor konsekvensen af en fejlsekvens er katastrofal, er det vigtigt, at sandsynlighedsniveauerne er "sjældne" eller "meget sjældne". I modsætning til den omvendte situation, hvor konsekvensen af en fejlsekvens er marginal, er det ikke vigtigt, at sandsynlighedsniveauerne er "sjældne" eller "meget sjældne".

Betragtes eksemplet med opstuvning af spildevand i kloakken, sikring virker ikke, fejltilslutning ved luftgabet, ikke fungerende magnetventil, samt at trykket går af vandforsyningsnettet, er der tidligere i dette afsnit blevet knyttet nogle sandsynlighedsniveauer til disse fejl. Konsekvensen af denne fejlsekvens er katastrofal, så derfor er det vigtigt, at nogle af sandsynlighedsniveauerne er enten "sjældne" eller "meget sjældne", således at der opnås et stort sikkerhedsniveau for, at dette ikke sker og dermed, at risikoen for hændelsen er lille.

Kriterier for de forskellige konsekvenser

Ud fra ovenstående fremgår det, at det er vigtigt at opbygge visse kriterier for hvordan sandsynlighedsniveauerne/sikkerhedsniveauerne skal være afhængig af konsekvensen. F.eks. kan følgende kriterier opstilles:

- Hvis konsekvensen af en fejlsekvens er katastrofal, skal der som minimum være et sandsynlighedsniveau, som er betegnet som "meget sjælden" og et som "sjælden".
- Hvis konsekvensen af en fejlsekvens er kritisk, skal der som minimum være to sandsynlighedsniveauer, som er betegnet som "sjældne".
- Hvis konsekvensen af en fejlsekvens er alvorlig, skal der som minimum være et sandsynlighedsniveau, som er betegnet som "sjælden".

Ved marginal konsekvens er det ikke nødvendigt med et kriterium, da konsekvensen ved en sådan fejlsekvens kun er omkostningerne ved reparation og tab af driftsfordele. Til gengæld kan følgende kriterium opstilles:

- Hvis konsekvensen bare er uønsket og "prisen" for at gøre sandsynligheden lille er lav, så skal dette ligeledes prioriteres højt.

5 Risikovurdering

Definition af risikovurdering

Risikoanalysen er en tilstræbt "objektiv" analyse af alle interessante, betydningsfulde aspekter af risikoproblemstillingen, som kan have indflydelse på afgørelsen af, hvilke risici der kan accepteres. Denne afgørelse kaldes risikovurderingen.

Ved risikovurderingen foretages en afvejning af alle relevante hensyn, hvilket resulterer i en beslutning om accept. Denne rapport bidrager med risikoanalysen og skal ikke komme med forslag til den endelige beslutning. Den træffes af beslutningstagere.

Beslutningstagere

Det er ikke altid let at identificere, hvem der i en given sag er beslutningstageren. Det afhænger af niveauet på hvilket problemstillingen befinder sig. Store beslutninger om risici træffes politisk, ofte med stor indflydelse fra befolkningen i form af pressionsgrupper, pressen og folkeopinionen, bl.a. udtrykt ved stemmeurnerne. Detaljerede tekniske beslutninger træffes oftest i mere snævre faglige forsamlinger, som f.eks. udvalg under Ingeniørforeningen, eller administrativt i styrelser, f.eks. Miljøstyrelsen, By- og Boligministeriet og Sundhedsstyrelsen, etc.. Dette gælder også selvom der kan være tale om risici af vidtrækkende betydning, f.eks. bygningsnormer.

I de seneste år har der udviklet sig en tendens til at træffe beslutninger på grundlag af en større konsensus i forhold til beslutninger tidligere truffet i snævre udvalg. Dette skyldes, at der i de senere år har været mere offentlig bevågenhed omkring risici, specielt styret af miljøproblemerne omkring risiko for forurening af omgivelserne og maden.

To emnekredse

Den aktuelle problemstilling omhandler to emnekredse, som trækker i hver sin retning:

- Ønsket om at spare på vandressourcen
- Ønsket om at bevare stor sikkerhed for leveret vands hygiejniske standard

Gruppe imod risikoanalyse

I nogle grupper er der en sådan begejstring for at benytte teknik til decentral vandbesparelse, at der har været modstand mod at lave en risikoanalyse. En sådan analyse anses for unødvendig, fordi risikomomentet er overdrevet.

I andre grupper er der en udstrakt bekymring mod en utilsigtet forringelse af det moderne samfunds traditionelt høje sikkerhedsniveau mod transmission af vandbårne sygdomme med vandforsyningen. Ud fra denne opfattelse er der heller ikke anledning til en risikoanalyse, fordi decentral teknik til vandbesparelse ikke burde tillades.

Risikoanalyse nødvendig

Det politiske reaktion på denne modstrid har været at være imødekomende overfor teknik til decentral vandbesparelse og at finde et passende kompromis. På dette grundlag tilstræbes så vidt muligt at tilgodese begge synspunkter, hvor der ikke er nogen modstrid, og at afveje modstridende synspunkter på et oplyst grundlag. Et sådant grundlag er en systematisk risikoanalyse.

Rapportens formål

Som led i en sådan risikoanalyse beskæftiger denne rapport sig ikke med den mikrobiologiske karakterisering af regnvand eller gråt spildevand. Der henvises til andre rapporter, især: "Mikrobiologiske undersøgelser af regn- og gråvandsanlæg" /3/. Denne rapport omhandler risikoen for at disse vandtyper, samt spildevand fra det offentlige afløbssystem, finder vej ind i vandforsyningen, enten i den lokale ejendom eller i det offentlige vandforsyningssystem. Den endelige beslutning om acceptabel risiko i disse systemer bør foretages ved en kombination af disse to forhold:

- Smittefaren ved disse vandtyper i vandforsyningen
- Risikoen for at disse vandtyper kommer i utilsigtet forbindelse med vandforsyningen.

Risikoanalysen identificerer simple og billige forholdsregler, som væsentligt mindsker risikoen for utilsigtet vand i vandforsyningen. Den identificerer også mere bekostelige forholdsregler, som kan mindske risikoen væsentligt. Det er denne rapport's opgave at påpege disse forhold; men ikke at foretage den afvejning, som må ligge til grund for endelig beslutning.

6 Risikohåndtering

Risikohåndtering

Når beslutning er truffet, skal der træffes tilsvarende beslutning, om hvordan beslutningen skal implementeres. Det sker ved at skabe/ændre en række regelsæt på området. Der henvises til Teknologiske Institut's anvisning /1/.

7 Risikokommunikation

En ting er at lave love, normer, regler, osv.; men det er noget helt andet at få reglerne implementeret i praksis. Det er velkendt, at det er vanskeligt at implementere regler, der ikke er forståelse for i befolkningen eller hos specialisterne.

Risikoopfattelsen i offentligheden

I den klassiske risikovurdering indgår offentlighedens risikoopfattelse som et markant problem, fordi risiko er et svævende begreb og fordi offentlighedens forhold til risici af mange fagfolk ikke opfattes som "rationel". Det er velkendt, at det er vanskeligt at kommunikere forståelse for risici; men det er den eneste vej frem mod en risikoopfattelse, som kan udmønte sig i konkret handling til mindskelse af risikoen eller tilbageholdenhed med handling, som kan øge risikoen. Derfor er der generelt en tendens til at bringe risikoproblematikken ud af snævre ekspertudvalg, ud til en øget konsensus i befolkningen.

Risikokommunikation er et vigtigt værktøj

Risikokommunikation er en ofte overset, men betydningsfuld komponent i risikoproblemstillingen. Det gælder ikke mindst i denne situation, hvor der er tale om regler for decentral teknik, som mange fagligt ukyndige kunne mene selv at være kvalificerede til at indbygge i egen ejendom. Det er af afgørende betydning for at holde risikoen for projekteringsfejl/konstruktionsfejl på et acceptabelt lavt niveau, at der kommunikeres til den brede befolkning om risici forbundet med lokale vandinstallationer; samt om kravene, som skal overholdes, for at holde disse risici på et acceptabelt lavt niveau.

Udarbejdelse af risikokommunikationen

Risikoanalysen har også til formål i en forenklet udformning at skabe øget bevidsthed om, "at klamhuggere leger med den offentlige sundhed, og at tekniske krav er udtryk for en rimelig hensyntagen til andres helbred". Det foreslås derfor, at risikoanalysen, efter at beslutninger om risikovurdering og -håndtering er truffet, populariseres og udbredes til offentligheden på en egnet let tilgængelig form. Tilsvarende anbefales det, at risikoanalysen udbredes til fagfolk på en til målgruppen egnet form, især kommunale sagsbehandlere, ingeniører og VVS-mestre/kloakmestre.

8 Fejltræ –regnvandsanlæg

I dette kapitel beskrives det anbefalede regnvandsanlæg, som er udgangspunkt for risikoanalysen. Desuden beskrives metoden til at opbygge et fejltræ samt de enkelte fejltræer opbygget for regnvandsanlægget.

8.1 Beskrivelse af ”typisk” regnvandsanlæg

På Figur 8.1 ses en principskitse af et ”typisk” regnvandsanlæg, som overholder anvisning fra Teknologisk Institut/1/.

Nedenfor gives en kort forklaring af principperne i et regnvandsanlæg. Tallene, der er angivet i parentes, henviser til de enkelte komponenter, angivet på principskitsen.

Princippet i et regnvandsanlæg

Princippet i et regnvandsanlæg er relativt simpelt: Regnvandet opsamles fra tagfladerne og ledes via nedløbsrøret gennem et filter (1) ind i tanken (3). Filterets funktion er at fjerne blade mv., som kan stoppe pumper og rør. Regnvandstanken (3) er både forsynet med et overløb (8) i tilfælde af ekstreme regnhændelser, hvor der ledes mere regnvand til tanken, end der forbruges i boligen og med en drikkevandstilledning (11) for perioder, hvor der ikke produceres nok regnvand til at dække behovet.

Tilledning af vandværksvand

Tilledningen af vandværksvand styres via en magnetventil (10) som aktiveres af den automatiske styreenhed (9), når vandstanden i regnvandstanken når en vis minimumsdybde. Tilledningen af vandværksvand skal ske enten via et luftgab (11) eller via en påfyldningscisterne. På vandværksledningen skal der desuden placeres en vandmåler (14), således at forbruget af vandværksvand kan registreres. I forbindelse med denne vandmåler installeres normalt ligeledes en kontraventil (16).

Kontraventil i forbindelse med vandværksledningen

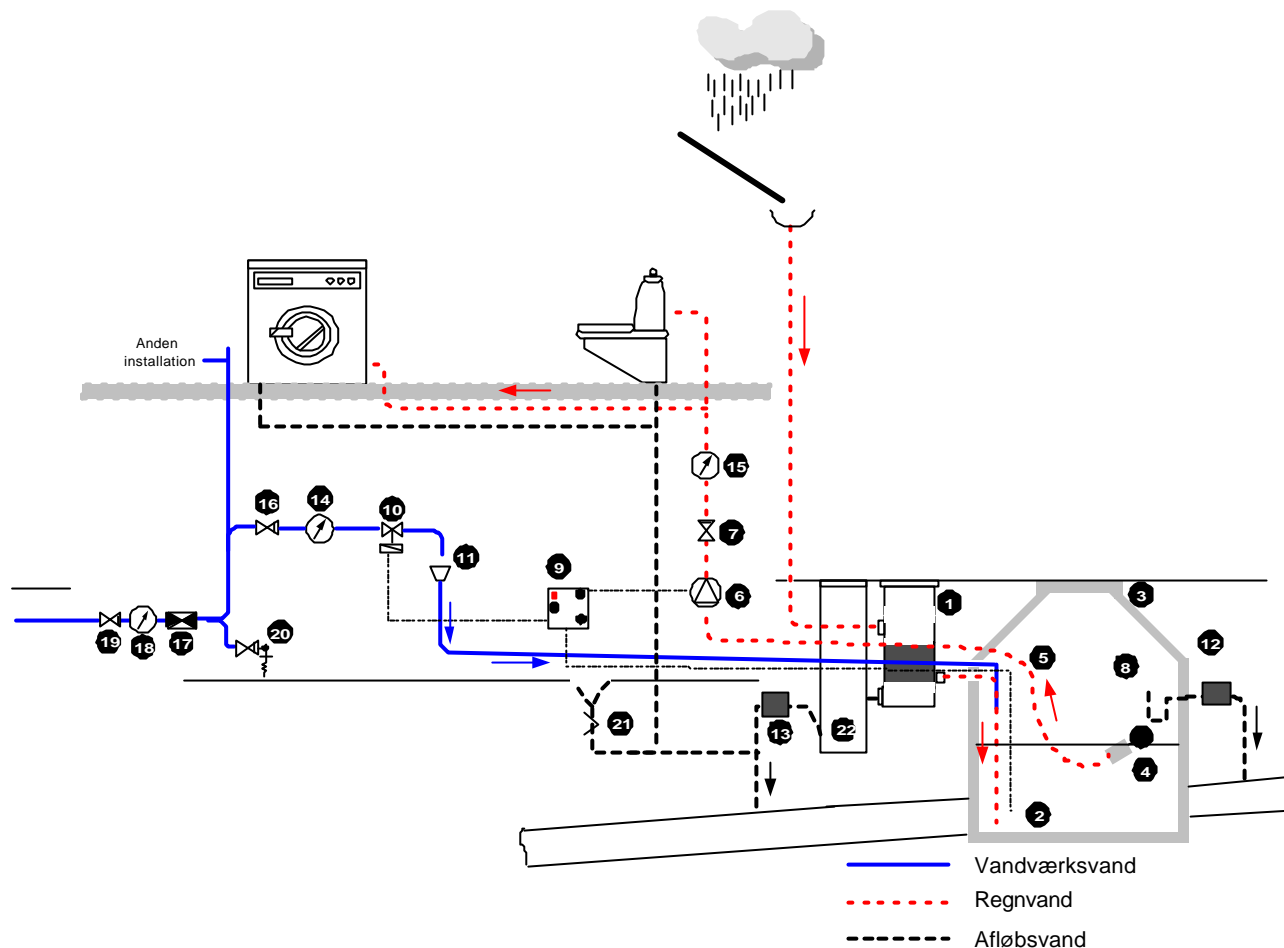
Ved hver nybygget husstand skal der efter nuværende lovgivning installeres en kontraventil (19) ved stikledningen gående fra hovedledningen til den enkelte husstand, som ligeledes sidder i forbindelse med en vandmåler, således at den enkelte husstands samlede vandforbrug kan måles. Dette skal give en ekstra sikkerhed mod forurening af det offentlige vandforsyningsnet. Gamle husstande er ikke lovgivningsmæssigt forpligtet til installation af en kontraventil, men i forbindelse med installation af en vandmåler, skal der umiddelbart før eller i måleren placeres en kontraventil (16 & 19).

Rørafbryder

Som noget ganske nyt er det blevet et krav, at der i forbindelse med installation af et regnvandsanlæg også placeres en rørafbryder (17) på stikledningen, dette øger betydeligt sikkerheden mod forurening af vandværksvand.

Overløb fra anlæg

Overløbet fra regnvandstanken (8) skal sikres mod tilbagestuvning fra enten kloakken eller fra det lokale nedsivningsanlæg. Typen af sikring (12) kan variere, og vil blive omtalt senere i dette kapitel. Vigtigheden af sikringen afhænger af, hvor regnvandet ledes hen – er det til et fælleskloakeret system, til et separat regnvandssystem eller til lokal nedsivning. Forureningsgraden ved tilbagestuvning er meget forskellig for de tre situ-



1. Filter på tilløbsledning
2. Indløb til regnvandstank
3. Regnvandstank
4. Dykket indsugning med filter til pumpen
5. Sugeledning
6. Selvansugende pumpe
7. Kontraventil
8. Vandlås på overløb fra tank
9. Automatisk styreenhed
10. Magnetventil på vandforsyningsledning
11. Drikkevandsefterfyldning til regnvandstank via luftgab
12. Sikring mod tilbagestuvning fra overløb fra tank
13. Sikring mod tilbagestuvning fra overløb fra filter
14. Vandmåler på vandforsyningsledning
15. Vandmåler på lokalt trykssystem (regnvandsledning)
16. Kontraventil
17. Rørafbryder (overløbsventil)
18. Vandmåler på den enkelte bolig
19. Kontraventil i forbindelse med vandmåler(18)
20. Aftapningsventil
21. Vandlås på gulv afløb
22. Nedløbsbrønd

Figur 8.1

Skitse af anlæg til brug af regnvand til tøjvask og wc-skyl. Tanken er på denne tegning placeret i jorden og ikke i kælderen. Detaljerne omkring sikring mod tilbagestuvning via overløb (12 & 13) er ikke vist.

ationer. Der er desuden placeret et overløb i forbindelse med filteret (1), som ledes via en nedløbsbrønd (22) ud til kloakken eller til lokal nedsvivning. Efter nedløbsbrønden er der atter en sikring (13) mod tilbagestuvning fra kloakken ind i regnvandsanlægget.

Placering af tank

Tanken (3) skal stå et frostfrit sted som kælderens eller opvarmet garage. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, kan tanken graves ned. I så fald skal den være forsynet med en velisoleret kappe.

Tilledning til tank

I lagertanken opbevares regnvandet i længere eller kortere tid afhængig af dels nedbøren i området og dels forbruget i husstanden. I tanken sker der hurtigt en udskilning i et flydelag øverst og et bundlag nederst. Fedtstof og lettere partikler ligger typisk i flydelaget, mens de tungere partikler sedimenterer. Tanken skal dimensioneres, således at flydelaget nogle gange om året ledes bort via overløbet fra regnvandstanken. Tilledningen af regnvand til tanken sker via et dykket udløb (2), således at der ikke forekommer turbulens i de øverste vandlag.

Fra tank til forbrugssted

Fra regnvandstanken pumpes (6) regnvandet via et dykket sugefilter (4) ud til forbrugsstederne i boligen via et separat fordelingsnet (5), som skal være sikret mod forveksling med drikkevandsledninger. I det lokale tryk-system skal der være placeret en kontraventil (7), således at tilbageløb fra toilet og vaskemaskine kan undgås. Desuden skal der placeres en vandmåler, således at det samlede brug af regnvand og vandværksvand kan bestemmes.

8.1.1 Sikring mod tilbagestuvning

Vigtigt emne: sikring mod tilbagestuvning

Sikring mod tilbagestuvning fra diverse overløb er beskrevet for sig selv i dette underafsnit, da det er et meget vigtigt emne ved bygning af regnvandsanlæg.

Farligste konsekvens: Spildevand i off. net

Den farligste konsekvens i forbindelse med et regnvandsanlæg er, hvis der på en eller anden måde kan trænge spildevand ud i det offentlige vandforsyningsnet. For at dette kan ske, er det en forudsætning, at kloaksystemet i det lokale område er fælleskloakeret, hvilket er ensbetydende med, at både spildevand og regnvand bliver transporteret i samme ledningssystem til rensningsanlægget, og at der skabes en forbindelse mellem det offentlige vandforsyningsnet og det alternative decentrale forsyningsnet som eksisterer i et regnvandsanlæg. Hvis kloaksystemet er separatkloakeret vil det være naturligt at koble overløbene på regnvandsledningen af kloaksystemet, og dermed er risikomomentet væk, hvad angår spildevand i det offentlige vandforsyningsnet, og reduceret væsentligt pga. separat regnvands lavere forureningsgrad.

Spildevand i regnvands-tank

En forudsætning for, at spildevand kan trænge ud i det offentlige vandforsyningsnet, er, at der er trængt spildevand ind i regnvandstanken. Dette kan ske enten via tilløbet fra filteret eller via overløbet fra tanken. Hvis det var muligt at sikre disse to veje, således at indtrængning af spildevand i tanken helt kunne udelukkes, ville de væsentligste risikomomenter ved regnvandsanlæg være ikke eksisterende.

Retningslinier fra Teknologisk Institut

For at sikre mod tilbagestuvning fra kloakken er der i Teknologisk Institut's anvisning /1/ angivet visse retningslinier for etablering af overløb. Følgende gælder:

1. På ledningen, der fører "ikke filtreret regnvand" fra filterenheden, skal der være indbygget en nedløbsbrønd. Ved "ikke filtreret regnvand" forstås regnvand, der ikke passerer filteret i filterenheden. Vandet kan føres til hovedkloak, eller vandet kan nedsives.
2. Såfremt afløbsledningen med "ikke filtreret regnvand" fra filterenheden eller overløbsledningen fra tanken tilsluttes en kloakledning, skal der sikres mod lugt, opstemning og rotter. I forbindelse med sikring mod opstemning må dette ikke ske ved at anbringe et højvandslukke. Såfremt det ikke er muligt at tilslutte afløbet fra overløbet over højeste opstemningskote, skal der etableres en pumpebrønd.
3. Hvis overløbet fra tanken ledes til et nedsivningsanlæg, skal nedsivningsanlægget udføres i overensstemmelse med DS 440 "Norm for mindre afløbsanlæg med nedsivning".

Ud fra ovenstående fremgår det, at et vigtigt punkt til sikring mod tilbagestuvning er den højeste opstuvningskote. Det er vigtigt, at alle anlægsdele anbringes over den højeste opstuvningskote. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, er det nødvendigt at sikre mod tilbagestuvning. Dette kan selvfølgelig gøres på forskellige måder.

Højeste opstuvningskote

Hele problematikken omkring den højeste opstuvningskote er forbundet med placeringen af anlægsdelene. Hvis regnvandstanken f.eks. er placeret på loftet, er der sandsynligvis ikke store muligheder for tilbagestuvning til tanken. Hvis tanken placeres i kælderen eller i jorden, øges mulighederne kraftigt. Derfor er det en kompleks sag at beslutte, hvilken type sikring mod tilbagestuvning, der skal vælges i den enkelte situation, og det kan ikke udelukkes, at retningslinierne fra Teknologisk Institut ikke altid vil blive overholdt. Der vil ofte indgå skøn og vurderinger fra den autoriserede mester, som skal installere regnvandsanlægget i den enkelte bolig. Selv ved valg af den sikreste sikring – en pumpebrønd – kan dette i ekstreme tilfælde medføre tilbagestuvning. Sandsynligheden er ikke stor, men den eksisterer. Desuden vil økonomien spille ind for den enkelte borger, når et regnvandsanlæg skal installeres. En pumpebrønd er en af de dyreste former for sikring mod tilbagestuvning.

Spildevand i tank medtages som en almindelig fejl

Ud fra ovenstående er det valgt at betragte spildevand i regnvandstanken som en risiko, der skal behandles under de almindelige fejl og ikke under projekteringsfejl, da hele problematikken er meget kompleks og fastsættelsen af den højeste opstuvningskote noget usikker.

Generalisering af sikring

Under beskrivelse af fejltræerne for et regnvandsanlæg, er det valgt at kalde sikringen mod tilbagestuvning for "sikring", og ikke specificere denne yderligere. Var denne sikring en pumpebrønd ville fejltræet blive udvidet, da der i forbindelse med en pumpebrønd selvfølgelig er en pumpe, men også en kontraventil eller en sløjfe over terræn. I dette tilfælde skulle begge dele fejle for, at spildevandet kunne trænge ind i tanken.

Hvis der til gengæld kun er tale om en nedløbsbrønd, skal stuvningskoten blot blive høj nok før tilbagestuvning er en realitet.

8.2 Beskrivelse af fejltræmetoden

To metoder ved opbygning af fejltræer

Der kan benyttes to forskellige fremgangsmåder ved opbygning af et fejltræ /4/ og /5/:

1. Den konvergerende (induktiv) fremgangsmåde
2. Den divergerende (deduktiv) fremgangsmåde

Den konvergerede fremgangsmåde

Den konvergerende fremgangsmåde/analyse starter forneden af træet med et sæt af komponentfejl og fortsætter op gennem træet ved at identificere mulige konsekvenser. Metoden kan kaldes "hvad sker, hvis...-metoden".

Den divergerede fremgangsmåde

Den divergerende fremgangsmåde/analyse kan kaldes "hvad kan forårsage dette...-metoden". Fejltræet startes i toppen med en uønsket konsekvens og forgrener sig nedad visende årsagerne til denne konsekvens. På denne måde bliver begivenheder på et niveau i fejltræet hele tiden uddybet i underbegivenheder, der befinder sig et eller flere niveauer lavere.

Der er her valgt at benytte den divergerende fremgangsmåde til beskrivelse af fejltræer opbygget ud fra en principskitse af det anbefalede regnvandsanlæg. Det skal dog bemærkes, at inden et fejltræ kan opbygges, er det nødvendigt at beskrive og vælge rammerne for fejltræet (og dermed for risikoanalysen) således, at det ønskede mål opnås. Det er vigtigt, at analysen hverken dækker for bredt eller for smalt.

Rammerne for risikoanalysen af regnvandsanlæg

Rammerne for dette projekt er defineret på følgende måde:

Det er formålet at lokalisere alle hygiejniske risici ved håndtering af urent vand i huse.

Dette medfører, at rammerne er følgende:

At dække alle hygiejniske risici ved håndtering af urent vand i huse, men ikke alle tekniske problemer ved regnvandsanlæg, som ikke forårsager hygiejniske problemer.

Fejltræets byggelementer

For at bygge et fejltræ benyttes nogle standardiserede byggelementer.

Der er to slags:

- Forbindelsesled ("gates")
- Begivenheder ("events")

Forbindelsesled gør det muligt at starte i bunden af fejltræet og følge fejllogikken op gennem fejltræet og vise sammenhængen mellem de enkelte begivenheder, som benyttes til at beskrive den uønskede konsekvens. Selve opdelingen af elementerne følger inddelingen i skema 4.1 i kapitel 4 "Begreber i risikoanalysen".

Begivenhedselementerne er opdelt efter følgende princip:

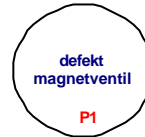
- Primære fejl
- Sekundære fejl

- Nabokomponent
- Omgivelser
- Betjening

Foruden disse er der indført to elementer, som beskriver en konsekvens og en tilstand.

Primær fejl

Primære fejl er symboliseret som vist på Figur 8.2.



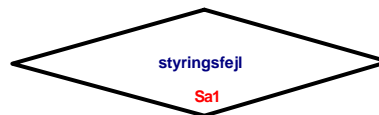
Figur 8.2

Primær fejl symboliseret ved en cirkel. Beskrivelsen af fejlen står i cirklen, mens det lille nummer nederst i cirklen henviser til et nummer, hvor fejlen er yderligere uddybet.

Som det fremgår er en primær fejl symboliseret ved en cirkel, hvor fejlen er angivet inde i cirklen ("defekt magnetventil"). Nummeret, som står skrevet i cirklen, henviser til, at det er en primær fejl ("P" for primær), og at det er fejl nummer 1 indenfor kategorien primære fejl. Nummeret skal benyttes som henvisning til en mere detaljeret beskrivelse af fejlen.

Sekundær fejl

Sekundære fejl er underopdelt i tre grupper – nabokomponenter, omgivelser og betjening. På henholdsvis Figur 8.3, 8.4 og 8.5 ses det element, der symboliserer nabokomponent, omgivelser og betjening.



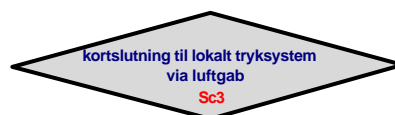
Figur 8.3

Sekundær fejl af typen nabokomponent. Beskrivelsen af fejlen står i elementet, mens det lille nummer nederst i cirklen henviser til et nummer, hvor fejlen er yderligere uddybet.



Figur 8.4

Sekundær fejl af typen omgivelser. Beskrivelsen af fejlen står i elementet, mens det lille nummer nederst i cirklen henviser til et nummer, hvor fejlen er yderligere uddybet.



Figur 8.5

Sekundær fejl af typen betjening. Beskrivelsen af fejlen står i elementet, mens det lille nummer nederst i cirklen henviser til et nummer, hvor fejlen er yderligere uddybet.

I de enkelte elementer er der angivet den specifikke fejl. Det røde nummer er opbygget således, at "S" står for sekundær, mens a, b og c står for henholdsvis nabokomponent, omgivelser og betjening. Det sidste nummer er nødvendigt, da der forefindes flere fejl end en enkelt i de forskellige undergrupper.

Konsekvens-elementet

Den næstsidste elementtype, som skal beskrives, er konsekvens-elementet. Alle de før omtalte fejl fører til en eller anden konsekvens. Derfor er det nødvendigt at indføre et konsekvens-element. Dette er angivet i Figur 8.6.



Figur 8.6

Konsekvens-element. Konsekvensen står beskrevet i elementet, mens den røde skrift henviser til et nummer, hvor konsekvensen er yderligere uddybet.

Som det fremgår er konsekvens-elementet symboliseret ved et rektangel, hvor konsekvensen ("spildevand i kælder") er angivet inde i elementet. Nummeret, som står skrevet inde i elementet, henviser til, at det er en konsekvens ("K" for konsekvens), og at det er konsekvens nummer 4.

Den sidste elementtype, som benyttes til opbygning af fejltræer, er tilstandselementet. Dette element beskriver en tilstand i anlægget som f.eks. at der er regnvand i regnvandstanken. Det er jo ikke overraskende, at denne situation opstår, men for at bevare logikken i fejltræerne, er det vigtigt, at denne er angivet. Et tilstandselement er angivet på Figur 8.7.



Figur 8.7

Tilstandselement. Tilstanden står skrevet i elementet, mens den røde skrift henviser til et nummer, hvor tilstanden er yderligere uddybet.

Forbindelses-elementet

I denne beskrivelse af fejltræ benyttes kun forbindelseselementet, der er vist på Figur 8.8.

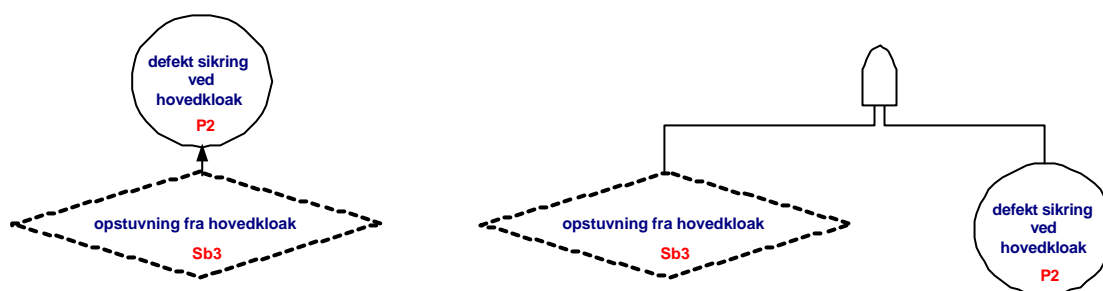


Figur 8.8

Forbindelseselement "eller".

Og-/eller-elementet

Forbindelseselementet benyttes i de tilfælde, hvor fejltræet deler sig i to eller flere grene. Der kan både benyttes et "eller"-element, som er vist på Figur 8.6 eller et "og"-element. I beskrivelsen af fejltræ til det anbefalede regnvandsanlæg benyttes kun "eller"-elementet. Der er ikke benyttet elementet "og", fordi dette er formuleret som en sekvens af begivenheder. Dette kunne også være fremstillet med et "og", fordi "sekvens" ikke skal opfattes som sekvens i tid, men som en vægtning af et sæt af hændelser. F.eks. kan de to fremstillinger angivet på Figur 8.9 opfattes som udtryk for det samme:



Figur 8.9

Two representations, which symbolize the same. The difference is, that in one of the representations the element "and" is used, while this is not used in the other representation.

When looking at Figure 8.9, the point is, that both events must occur simultaneously, for a given consequence to occur. If there is a defect with the security at the main sewer and it does not simultaneously occur a backup in the main sewer, it means that the security does not work. If both events occur simultaneously, they can be described as shown in Figure 8.9 in two ways.

Fejltræer for regnvandsanlæg

This is the basic elements for building a fault tree. In the individual fault trees for the recommended rainwater system, details are referred back to the concepts, which are used to describe the risk analysis (Chapter 4).

Bestemmelse af sandsynligheden for hovedkonsekvensen

Specifically, it is referred back to the safety level, which was previously defined as the product of the probabilities for a failure sequence, which is correct, when only one failure sequence is considered. When there is talk of the entire fault tree and the probability for the main consequence to occur, one must take into account all the failure sequences, which lead to the main consequence. Therefore, it is necessary in the calculations to take into account the two connection points, which are used in the construction of a fault tree. After a review of the basic elements used for building a fault tree, it goes, that there are two different connection points. These two points must be handled differently, when the probability for the main consequence must be determined /4/ and /5/.

Fremgangsmåde ved ELLER-forbindelsesled

At an ELLER-connection point, the probabilities for the individual components are added.

Fremgangsmåde ved OG-forbindelsesled

At an OG-connection point, the probabilities are multiplied.

Uafhængighed fejlene indbyrdes

This is under the assumption, that the individual failures and events are independent. In reality, it will not always be so, as the failures can influence each other and thus increase the probability for, that failure number 2 in the failure sequence occurs more often.

In this report, the addition and multiplication of probabilities for the individual components is not carried out, as it is chosen to weight the events by themselves, instead of giving probabilities.

for projektets rammer, findes der ikke tilstrækkelige ressourcer til at fastlægge sandsynligheder kvantitativt.

8.3 Beskrivelse af fejltræer for de anbefalede regnvandsanlæg

I dette underafsnit beskrives de tre fejltræer, som er opstillet for de anbefalede regnvandsanlæg fra Teknologisk Institut. Beskrivelse er opdelt i tre afsnit:

- Beskrivelse af fejltræ 1 - spildevand i det lokale net
- Beskrivelse af fejltræ 2 - regnvand i det offentlige vandforsyningsnet
- Beskrivelse af fejltræ 3 - spildevand i det offentlige vandforsyningsnet

Inden de tre fejltræer beskrives, fremlægges forudsætningerne for beskrivelsen og for principskitzen, som er udgangspunktet for fejltræerne.

8.3.1 Forudsætninger for opbygning af fejltræerne for det anbefalede regnvandsanlæg

Placering af tank

Principskitzen på Figur 8.1 er tegnet med det udgangspunkt, at regnvandstanken er placeret i jorden. Der kan være en stor forskel på, om regnvandstanken er placeret i kælderen eller i jorden. Først og fremmest bliver den kritiske stuvningskote forskellig og er mest kritisk for tanken placeret i jorden, da de fleste anlægsdele er placeret lavere end i det tilfælde, hvor tanken er placeret i kælderen. Dette er hovedårsagen til, at risikoanalysen koncentrerer sig om tilfældet, hvor tanken er placeret i jorden og ikke i kælderen. Desuden er der andre faktorer, der vil blive beskrevet forskelligt i de to tilfælde. Beskrivelsen af fejltræerne kan gælde for begge situationer, enkelte steder er sandsynligheden for visse typer fejl dog større ved det ene anlæg end ved det andet. I Bilag C ses en principskitse af et regnvandsanlæg, hvor regnvandstanken er placeret i kælderen. Som det fremgår af tegningen er der enkelte forskelle sammenlignet med principskitzen angivet på Figur 8.1.

Fejl i forbindelse med utilsigtet adgang til og forurening af tank er ikke medtaget.

Tilsluttet fælleskloakeret system

Den sidste forudsætning, der skal bemærkes, er, at det er antaget, at kloakken er fælleskloakeret og ikke separat, samt at der ikke foregår lokal nedsivning af regnvandet.

Foruden de tre ovenfor beskrevet fejltræer, eksisterer der ligeledes to andre, som beskriver regnvand eller spildevand i den lokale vandforsyning. Disse fejltræ er identiske med henholdsvis regnvand og spildevand i det offentlige vandforsyningsnet, når de sidste sikkerhedsforanstaltninger fjernes (kontraventil og rørafbryder). Disse fejltræer er derfor ikke medtaget.

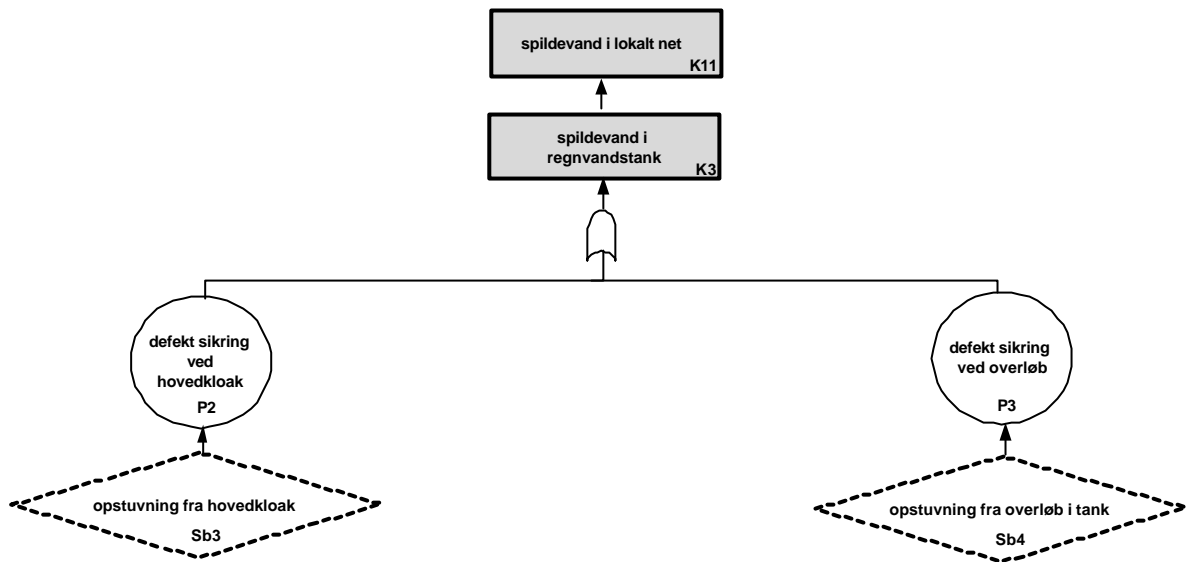
8.3.2 Beskrivelse af fejltræ 1, spildevand i lokalt net

Hovedkonsekvens for fejltræ 1

Udgangspunktet for dette fejltræ er, at der ikke må forefindes spildevand i det lokale net, som forsyner wc og vaskemaskine med regnvand. Hvis dette sker, er konsekvensen karakteriseret som alvorlig. Grunden til, at

denne konsekvens kun er sat til alvorlig og ikke kritisk eller katastrofal, er, at hvis uheldet opstår, er det kun et begrænset antal af mennesker, der er i risikoområdet.

Dette fejltræ dækker alle måder, hvorpå spildevand fra et regnvandsanlæg, opbygget efter Teknologisk Institut's anvisning /1/, kan komme i forbindelse med det lokale net. For at følge opbygningen af fejltræet henvises til Figur 8.1, som viser principskitsen af et regnvandsanlæg opbygget efter anvisningen. Fejltræet kan ses i lille skala på Figur 8.10 og findes i stor skala i Bilag B. I Bilag A forefindes en forklaring/beskrivelse af de enkelte elementer benyttet til opbygning af fejltræet.



Figur 8.10

Fejltræ 1 – spildevand i det lokale net. Fejltræet beskriver alle tænkelige muligheder for, at spildevand kan trænge ind i det lokale net. Forklaringen af elementerne i fejltræet findes i Bilag B. Hvert enkelt element beskriver enten en primær, en sekundær fejl, en konsekvens eller en tilstand. Det lille nummer, der er placeret i hvert enkelt element, henviser til forklaringen af dette element i Bilag A.

Hovedkonsekvensen

Øverst i fejltræet er placeret hovedkonsekvensen ”spildevand i lokalt net”. For at dette kan ske er det en forudsætning, at der er spildevand i regnvandstanken.

Spildevand i tank

Dette kan ske to måder – enten kan sikringen ved hovedkloakken være defekt samtidig med, at der sker opstuvning i hovedkloakken, eller sikringen ved overløbet i regnvandstanken kan være defekt samtidig med, at der sker opstuvning fra kloakken tilsluttet overløbet. Hele problematikken omkring valg af sikring spiller nu en stor rolle. Afhængig af valget af sikring, vil sandsynligheden for, at spildevand kan trænge ind i regnvandstanken være større eller mindre. Den bedste sikring vil være en pumpebrønd.

8.3.3 Beskrivelse af fejltræ 2 – regnvand i offentligt vandforsyningsnet

Hovedkonsekvens for fejltræ 2

Udgangspunktet for dette fejltræ er, at der ikke må forefindes regnvand i det offentlige vandforsyningsnet, da dette vil være kritisk. Denne conse-

kvens er sat til kritisk og ikke katastrofal eller alvorlig, fordi, regnvand i det offentlige vandforsyningsnet anses for at være farligere end spildevand i det lokale system, da udbredelsen er meget større i denne situation. Bakteriekoncentrationen er selvfølgelig mindre end, hvis det var spildevand, og derfor er konsekvensen ikke sat til katastrofal.

Forudsætning: betjeningsfejl

Dette fejltræ dækker alle måder, hvorpå regnvand fra et regnvandsanlæg, opbygget principielt efter Teknologisk Institut's anvisning /1/, kan komme i forbindelse med det offentlige vandforsyningsnet. Det skal bemærkes, at nogle af de beskrevne fejlmuligheder forudsætter, at der er foretaget ulovlige eller fejlagtige kortslutninger (også benævnt en sekundær betjeningsfejl). For at følge opbygningen af fejltræet henvises igen til Figur 8.1, som illustrerer et regnvandsanlæg opbygget efter anvisningen. Fejltræet kan ses i lille skala på Figur 8.11 og findes i stor skala i Bilag B. I Bilag A forefindes en forklaring/beskrivelse af de enkelte elementer benyttet til opbygningen af fejltræet. Under beskrivelsen af fejltræet, er der angivet nogle numre i forbindelse med de enkelte komponenter, som henviser til tegningen på Figur 8.1.

Hovedkonsekvens

Øverst i fejltræet er placeret hovedkonsekvensen "regnvand i offentligt vandforsyningsnet" forårsaget af et regnvandsanlæg. Dernæst er "defekt kontraventil" (19), "defekt rørafbryder" (17) og igen "defekt kontraventil" (20 eller 16) angivet. Den første kontraventil er den på stikledningen til den enkelte husstand. Rørafbryderen er ligeledes placeret på stikledningen. Den næste kontraventil er enten den, der sidder i forbindelse med vandmåleren, der måler vandforbruget til efterfyldningen i tanken, eller den kontraventil, der er placeret før tapventilen.

For at hovedkonsekvensen skal kunne indtræffe, skal trykket gå af det offentlige vandforsyningsnet.

Det er desuden en forudsætning for hovedkonsekvensen, at enten den eksisterende magnetventil (10) ikke fungerer, hvorved der er mulighed for, at regnvand kan suges ud i det offentlige vandforsyningsnet, eller at der sker en kortslutning til det offentlige vandforsyningsnet via tapventilen (20).

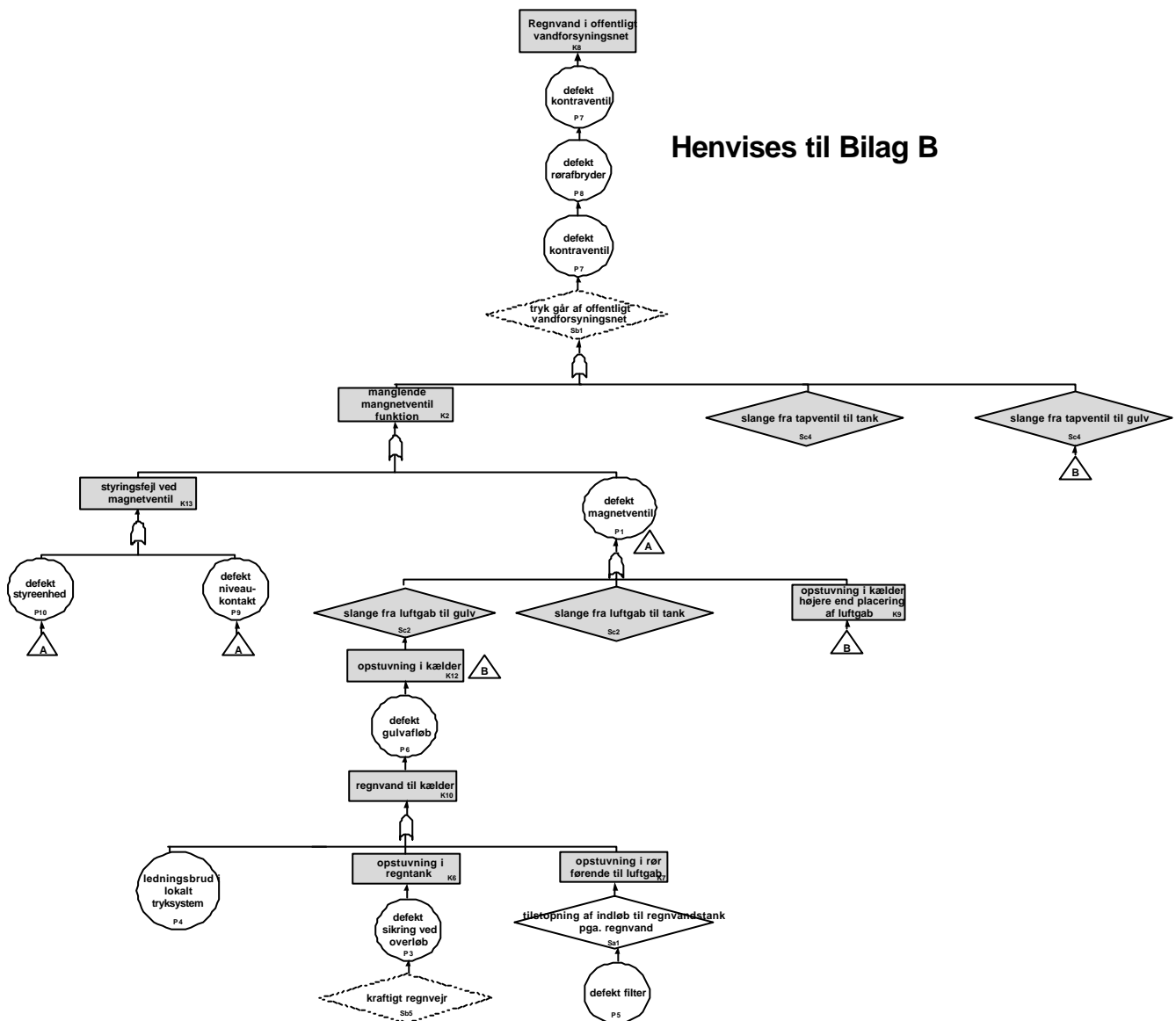
Manglende magnetventil funktion

Forfølges først grenen "manglende magnetventil funktion", kan denne opdeles i "defekt magnetventil" og "styringsfejl ved magnetventil". Under "styringsfejl ved magnetventil" opdeles træet igen i to grene, hvor den ene er "defekt styreenhed" og den anden er "defekt niveauelement". Enten kan niveauelementet være defekt og sender dermed et forkert signal til den automatiske styreenhed, hvormed magnetventilen aktiveres forkert. Eller også kan den automatiske styreenhed være defekt og dermed sender et forkert signal til magnetventilen. Fejltræet under henholdsvis "defekt magnetventil", "defekt styreenhed" og "defekt niveauelement" er identiske. Derfor gennemgås kun den ene, hvilket er symboliseret med bogstavet "A".

Det skal her bemærkes, at under normale omstændigheder, vil en defekt magnetventil bevirke, at vandværksvandet strømmer direkte ud i kælderen eller ned i regnvandstanken. Kun i situationen, hvor trykket er gået af

det offentlige vandforsyningsnet, ville en sådan fejl ikke kunne identificeres.

For at hovedkonsekvensen skal opstå er det nødvendigt, at der enten sker en kortslutning af luftgab ("slange fra luftgab til gulv eller tank") (11) eller, at der sker "opstuvning i kælder højere end placering af luftgab". Forfølges først kortslutning af luftgab. Der er to muligheder – enten kan der ske en kortslutning mellem luftgab og gulv eller mellem luftgab og tank. Hvis kortslutningen sker mellem luftgab og tank, er forbindelsen skabt.



Figur 8.11

Fejltræ2 – regnvand i det offentlige vandforsyningsnet. Fejltræet beskriver alle tænkelige muligheder for, at regnvand kan trænge ind i det offentlige vandforsyningsnet i forbindelse med etablering og drift af det anbefalede regnvandsanlæg. Forklaringen af de enkelte elementer i fejltræet findes i Bilag B. Hvert enkelt element beskriver enten en primær eller sekundær fejl eller en konsekvens. Det lille nummer, der er placeret i hvert enkelt element, henviser til forklaringen af dette element i Bilag A.

Kortslutning af luftgab

Opstuvning i kælder

Forfølges den anden mulighed – kortslutning mellem luftgab og gulv, skal der ske ”opstuvning i kælder”. For at dette kan blive aktuelt skal der være et defekt gulvafløb (21), således at regnvand, der ledes ud i kælderen, ikke kan forsvinde via gulvafløbet (21).

Regnvand i kælder

”Regnvand i kælder” kan ske på tre måder: den første måde er ved et ledningsbrud på et af de rør, der fører regnvand i det lokale system. Den anden måde er ved opstuvning i tank (3). For at opstuvning i tank kan ske, er det nødvendigt, at sikringen (12) ved overløbet fra tanken ikke fungerer (f.eks. tilstoppet). Selve opstuvningen i tanken af regn skyldes et

kraftig regnvejr. Den tredje måde er, at der sker opstuvning i rør førende fra luftgab til regnvandstank (fra 2 til 11). For at dette skal ske, er det nødvendigt, at der sker en tilstopning af indløbet til regnvandstanken (2). Denne tilstopning af indløbet kan skyldes et defekt filter (1) på nedløbsrøret, således at de store partikler i regnvandet ikke bliver frasorteret.

Forbindelses via tapventil

Betragtes nu kortslutningen, der hedder enten ”slange fra tapventil til tank” eller ”slange fra tapventil til gulv”, er dette ligeledes en mulighed for at skabe forbindelsen mellem vandværksvand og regnvand. ”Slange fra tapventil til gulv” (20) henvises med bogstavet ”B” til en tidligere beskrivelse. ”Slange fra tapventil til tank” – forbindelsen er allerede skabt.

Sker der en opstuvning af regnvand i kælder som når samme niveau, som den laveste kote i forbindelse med kortslutningen (gælder både luftgab (11) og tapventil (20), er der en direkte forbindelse mellem vandværksledningen og regnvandet, såfremt trykket går af det offentlige vandforsyningsnet, og at der er manglende magnetventil (10) funktion samt defekte kontraventiler (16, 19 og 20) og rørfbryder (17).

Rensning af tank med hjælp af slange

Det er også en mulighed, at der er påført en slange på enden af vandforsyningsledningen (11) eller ved tapventilen (20) f.eks. i forbindelse med rensning af tanken, som ikke er blevet afmonteret igen. Dette bevirker, at slangen enten hænger nede i tanken (3) eller hænger løst i kælderen. Sker der opstuvning til slange, er der igen en forbindelse.

8.3.4 **Beskrivelse af fejltræ 3 – spildevand i offentlige vandforsyningsnet**

Hovedkonsekvens for fejltræ 3

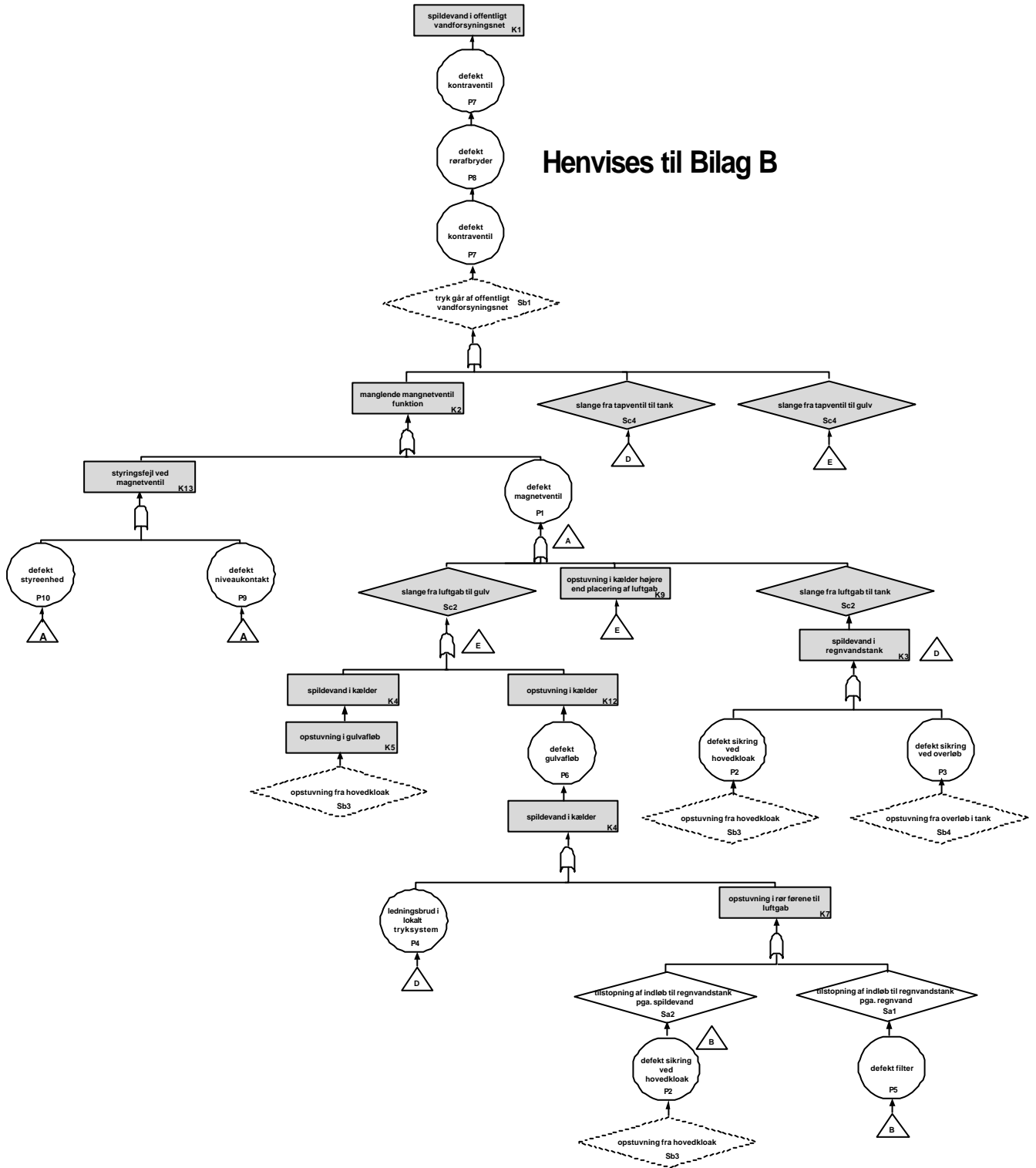
Udgangspunktet for dette fejltræ er, at der ikke må forefindes spildevand i det offentlige vandforsyningsnet, da dette vil være katastrofalt. Dette er den farligste konsekvens, der er defineret i forbindelse med konstruktion/drift/vedligeholdelse af et regnvandsanlæg. Denne definition skyldes, at bakteriekoncentrationen i spildevand er meget stor og en direkte sundhedsfare. Udbredelsen i tilfælde af uheld er ligeledes meget stor, så oprydningsarbejdet vil omfatte store områder og vil kræve mange ressourcer. Desuden vil decentrale, alternative installationer, som regnvandsanlæg, være meget svære at spore ved bakteriel forurening i distributionssystemet, fordi distribuerede evt. lejlighedsvis kilder er vanskelige at identificere.

Dette fejltræ dækker alle måder, hvorpå spildevand fra et regnvandsanlæg, opbygget principielt efter Teknologisk Institut's anvisning /1/, kan komme i forbindelse med det offentlige vandforsyningsnet. Det skal bemærkes, at nogle af de beskrevne fejlmuligheder forudsætter, at der er foretaget ulovlige eller fejlagtige kortslutninger (også benævnt en sekundær betjeningsfejl). For at følge opbygningen af fejltræet henvises atter til Figur 8.1. Fejltræet kan ses i lille skala på Figur 8.12 og findes i stor skala i Bilag B. I Bilag A forefindes en forklaring/beskrivelse af de enkelte elementer benyttet til opbygningen af fejltræet.

Hovedkonsekvens

Øverst i fejltræet er placeret hovedkonsekvensen ”spildevand i offentligt vandforsyningsnet” forårsaget af et regnvandsanlæg. Dernæst er ”defekt

kontraventil" (19), "defekt rørfbryder" (17) og igen "defekt kontraventil" (16 og 20) angivet. Den første kontraventil er den på stikledningen til den enkelte husstand. Rørfbryderen er ligeledes placeret på stiklednin-



Figur 8.12

Fejltræ 3 – spildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Fejltræet beskriver alle tænkelige muligheder for, at spildevand kan trænge ind i det offentlige vandforsyningsnet i forbindelse med etablering og drift af det anbefalede regnvandsanlæg. Forklaringen af de enkelte elementer i fejltræet findes i Bilag B. Hvert enkelt element beskriver enten en primær eller sekundær fejl eller en konsekvens. Det lille nummer, der er placeret i hvert enkelt element, henviser til forklaringen af dette element i Bilag A.

gen. Den næste kontraventil er enten den, der sidder i forbindelse med vandmåleren, der måler vandforbruget til efterfyldningen i tanken, eller den kontraventil, der er placeret før tapventilen. Derefter følger ”tryk gå af offentligt vandforsyningsnet”.

Fejltræet opdeles derefter i tre grene ”manglende magnetventil funktion”, ”slange fra tapventil til tank” og ”slange fra tapventil til gulv”.

Manglende magnetventil funktion

Forfølges først grenen ”manglende magnetventil funktion”, kan denne opdeles i ”defekt magnetventil” og ”styringsfejl ved magnetventil”. Under ”styringsfejl ved magnetventil” opdeles træet igen i to grene, hvor den ene er ”defekt styreenhed” og den anden er ”defekt niveauekontakt”. Enten kan niveauekontakten være defekt og sender dermed et forkert signal til den automatiske styreenhed, hvormed magnetventilen aktiveres forkert. Eller også kan den automatiske styreenhed være defekt og dermed sender et forkert signal til magnetventilen. Fejltræet under henholdsvis ”defekt magnetventil”, ”defekt styreenhed” og ”defekt niveauekontakt” er identiske. Derfor gennemgås kun den ene, hvilket er symboliseret med bogstavet ”A”.

For at hovedkonsekvensen skal opstå er det nødvendigt, at der enten sker en kortslutning af luftgab enten via ”slange fra luftgab til gulv” eller via ”slange fra luftgab til tank” eller, at der sker ”opstuvning i kælder højere end placering af luftgab”.

Slange fra luftgab til gulv

Først forfølges ”slange fra luftgab til gulv” (11). Fejltræet opdeles i to grene – ”opstuvning i kælder” og ”spildevand i kælder”.

Opstuvning i kælder

Den første gren hedder ”opstuvning i kælder”. En forudsætning for dette er, at gulvafløbet (21) er defekt, og at der ledes spildevand ud i kælderen. Spildevand ud i kælderen kan ske på to måder: den første måde er ved et ledningsbrud på et af de rør, der burde føre regnvand i det lokale system. Hvis der er kommet spildevand i regnvandstanken, fører disse rør ligeledes spildevand (henvises til bogstavet D), den anden måde er, at der sker ”opstuvning i rør førende til luftgab fra regnvandstank” (fra 2 til 11). For at dette skal ske, er det nødvendigt, at der sker en tilstopning af indløbet (2) til regnvandstanken (3). Denne tilstopning kan være forårsaget af spildevand eller af regnvand. For at denne tilstopning skal være forårsaget af spildevand, er det en forudsætning, at sikringen (13) ved hovedkloakken er defekt og, at der samtidig er opstuvning i kloakken. Forårsages tilstopningen af regnvand kan dette skyldes et defekt filter (1) på nedløbsrøret, således at de store partikler i regnvandet ikke bliver frasorteret. Bogstavet ”B” henviser til, at der samtidig skal ske indtrængning af spildevand fra hovedkloakken.

Spildevand i kælder

Den anden gren hedder ”spildevand i kælder” og forårsages af et defekt gulvafløb (21) og opstuvning i kloakken.

Forfølges nu ”slange fra luftgab til tank”, er det en forudsætning, at der er trængt spildevand ind i regnvandstanken symboliseret ved bogstavet ”D”. Dette kan enten ske ved, at der er en defekt sikring ved hovedkloakken eller en defekt sikring ved overløbet samtidig med, at der sker opstuvning i kloakken.

Opstuvning højere end placering af luftgab

Betragtes nu konsekvensen ”opstuvning i kælder højere end placering af luftgab” henvises ved bogstavet ”E” til forklaringen ovenover omhand-

lende ”spildevand i kælder” og ”opstuvning i kælder”. Sker der en opstuvning af spildevand i kælder som når samme niveau, som placeringen af luftgab (11), er der en direkte forbindelse mellem vandværksledningen og spildevandet, såfremt trykket går af det offentlige vandforsyningsnet, og der er manglende magnetventil funktion samt defekte kontraventiler og defekt rørfbryder. Det er også en mulighed, at der er påført en slange på enden af vandforsyningsledningen (ved luftgab - 11) f.eks. i forbindelse med rensning af tanken, som ikke er blevet afmonteret igen. Dette bevirker, at slangen enten hænger nede i tanken (3) eller hænger løst i kælderen. Sker der opstuvning til slange, er der igen en forbindelse.

Kortslutning via tapventil

De sidste grene, der mangler at blive gennemgået, er ”slange fra tapventil til tank” og ”slange fra tapventil til gulv”. Der henvises til henholdsvis bogstavet ”D” og ”E”, som kan lokaliseres et andet sted i fejltræet. Derfor kommenteres denne ikke yderligere.

8.4 Beskrivelse af projekteringsfejl/udførelsesfejl

Efter at have koncentreret sig om de primære og sekundære fejl, og struktureret disse i fejltræer for de uønskede konsekvenser, mangler kun en beskrivelse af projekteringsfejl og udførelsesfejl. Disse to fejltypen behandles under ét.

Definition af projekterings-/udførelsesfejl

Projekteringsfejl/udførelsesfejl er fejl som opstår under projekteringen og konstruktionen af et regnvandsanlæg, og er fejl som opstår, fordi anvisningen fra Teknologisk Institut /1/ ikke bliver overholdt. I det følgende vil de største og mest åbenlyse projekteringsfejl og udførelsesfejl blive gennemgået.

I Skema 4.1 i Kapitel 4 er samtlige projekterings-/udførelsesfejl listet. De væsentligste er følgende:

- Fast kortslutning
- Manglende luftgab
- For lavt placeret luftgab
- Manglende filtrering
- Manglende sikring mod tilbagestuvning
- Manglende mærkning af ledninger
- Anvendelse af ikke godkendte tagflader
- Manglende godkendelse
- Ikke autoriseret håndværk
- Tankmateriale
- Indløb til regnvandstank
- Fejl ved overløb fra tank
- Studs på lokalt regnvandsnet

Incitament for at bygge regnvandsanlæg

Incitamentet til at bygge/etablere regnvandsanlæg er at spare på grundvandet og dermed passe på naturen og dens ressourcer. Dette incitament har en tendens til at blive mindre, når folk opdager, at etablering af regnvandsanlæg ikke er gratis, og at der måske ikke bliver givet nogen form

for lempelse ved brug af regnvandsanlæg, f.eks. i form af fritagelse for afledningsafgift.

Ikke autoriseret arbejde

En del af de projekteringsfejl og udførelsesfejl, der er lokaliseret i forbindelse med regnvandsanlæg, skyldes, at folk ikke benytter autoriseret arbejdskraft, og dermed bliver anvisningen fra Teknologisk Institut ikke overholdt.

Repressalier

Det er vigtigt, at der i denne forbindelse bliver vedtaget visse repressalier, således at folk har et større incitament til at overholde anvisningen fra Teknologisk Institut. Repressalierne skal vedtages og godkendes under risikohåndteringen.

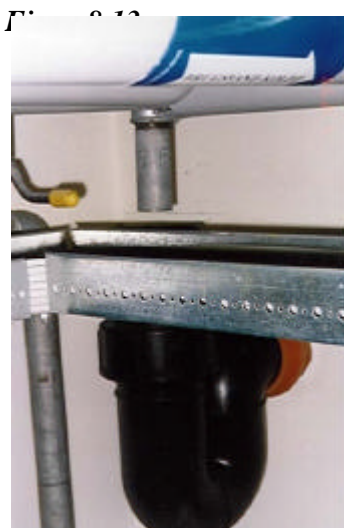
Fast kortslutning

Under beskrivelsen af de tre fejltræer for regnvandsanlæg blev midlertidig kortslutning behandlet, som værende en kortslutning mellem regnvandet og det offentlige vandforsyningsnet: F.eks. fastsættelse af en slange til tapventilen eller til luftgabet ved rensning af tanken. Foruden denne form for kortslutning findes ligeledes en fast kortslutning, som kan opstå ved udførelsen af anlægget eller ved reparation af anlægget. Der etableres en fast forbindelse mellem det lokale system (systemet der transportere regnvand til forbrugsstederne) og det offentlige vandforsyningsnet. F.eks. kunne man forestille sig, at der opstår problemer med regnvandsanlægget på grund af tilstopning. For at undgå flere problemer, foretages der en fast kortslutning fra vandværksnettet til det lokale system, som vil være et væsentligt risikomoment.

Forkert konstruktion af luftgab

Manglende luftgab eller for lavt placeret luftgab kan medføre store risici i forbindelse med drift af et regnvandsanlæg. Forbindelse mellem det offentlige vandforsyningsnet og det decentrale alternative forsyningsnet kan let etableres i sådanne tilfælde. På Figur 8.13 ses et eksempel på, hvordan et luftgab kan se ud og hvordan et luftgab bør se ud, for at reducere kortslutningsmulighederne.

På billedet til venstre er mulighederne store for at anbringe f.eks. en slange på enden af vandværksledningen, hvorimod konstruktionen på højre side, gør dette meget sværere. Til gengæld har konstruktionen på højre side en studs placeret højere oppe på ledningen, hvilket igen muliggør en kortslutning.



Til vestre ses luftgabet etableret på regnvandsanlægget i et kontorhus. Til højre ses et mere gennemtækt luftgabet.

Manglende filterfunktion

Manglende filterfunktion kan medføre forstoppelse i det dykkede filter med indsugning til pumpen. Hvis dette sker er forbrugsstederne afskåret for at modtage både regnvand og vandværksvand, hermed bliver incitamentet for at finde alternative veje for at få vand i wc'et større, og flere kortslutninger kan finde sted med fare for forurening af store mængder vandværksvand. Betragtes Figur 8.14 ses et billede af et dykket indsugning med filter til pumpe. Som det fremgår af figuren, er netmaskerne meget fine i det dykkede filter, og hvis der ikke eksisterer en ordentlig filtrering inden regnvandet ledes til tanken, kan denne let stoppe til.

Som eksempel kan et regnvandsanlæg etableret i et kontorhus nævnes. Her er der ikke etableret filter, således at regnvandet ledes ufiltreret ned til tanken. Der er i denne forbindelse observeret hyppige forstoppelser i systemet.



Figur 8.14

Billede af et dykket indsugning med filter til pumpe.

Sikring mod tilbagestuvning

Manglende sikring mod tilbagestuvning kan medføre alvorlige og måske katastrofale konsekvenser, idet der opstår en mulighed for, at spildevand kan ledes ind i det lokale system. Hele problematikken omkring sikring mod tilbageløb er beskrevet detaljeret tidligere i rapporten, og der henvises til dette afsnit.

Manglende mærkning af ledninger

Manglende mærkning af ledninger kan ligeledes medføre problemer. Man kan forestille sig, at der bliver etableret et regnvandsanlæg i et hus, og familien så flytter nogle år senere. Den nye ejer skal have foretaget lidt VVS-arbejde og forbinder enkelte rørsystemer i den tro, at det er vandværksvand, der løber i begge. Hermed er fejlen gjort og konsekvensen kan være katastrofal. På Figur 8.15 er vist, hvorledes mærkningen kan se ud.



Figur 8.15

Mærkning af ledninger, således at det tydeligt fremgår, hvilke rør der fører vandværksvand, og hvilke der fører regnvand.

Ikke autoriserede håndværkere

For at spare penge, når regnvandsanlægget skal etableres, vælges der ikke autoriseret håndværker, hvilket bevirker, at der er fare for, at anlægget ikke bliver etableret korrekt med de rigtige komponenter.

Hjemmebyggeri

Et andet incitament er at spare penge. Nogle vil etablere regnvandsanlæg hjemme, og er i den overbevisning, at dette kan man da selv gøre. For det første benyttes tagflader, der ikke er acceptable til formålet, og arbejdet bliver ikke udført af autoriseret arbejdskraft. Valg af tank er ikke noget problem, da den gamle olietank stadig ikke er blevet smidt væk. Sikring mod tilbagestuvning tænkes der ikke på, så overløbet bliver koblet direkte på afløbsledningen. For at have mulighed for at benytte regnvandet til at vande blomster med, etableres der ligeledes en tapventil på regnvandstanken. Disse er det værst tænkelige eksempler på, hvor galt det kan gå.

På Figur 8.16 ses en installation af et styresystem, som er hjemmelavet. Styreenheden er installeret under køkkenvasken, hvor pumpe ligeledes er placeret. Problemer med denne slags installationer er, at der næsten altid vil opstå risikomomenter, da sikkerheden ikke er stor.



Figur 8.16

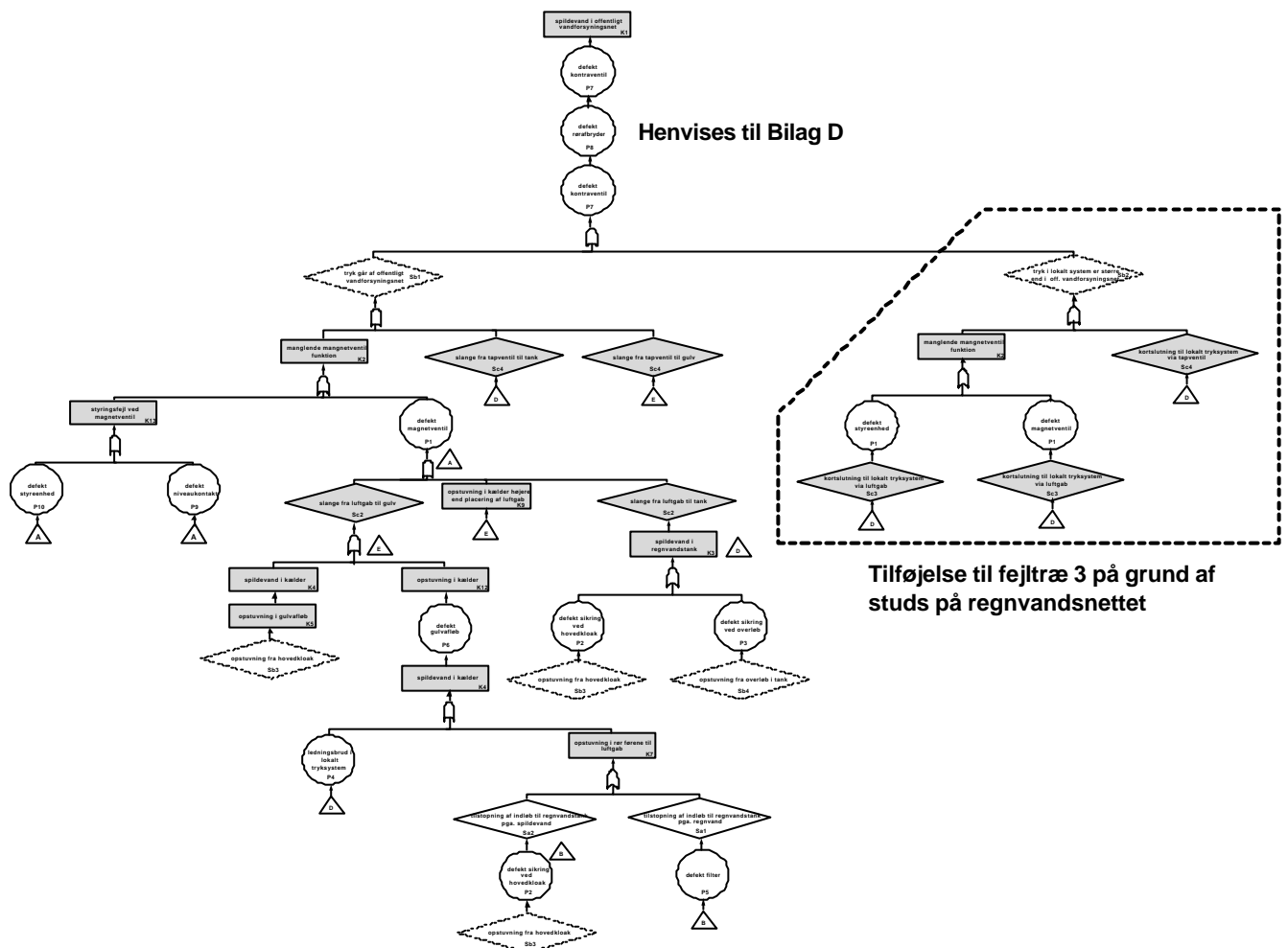
En styreenhed, der er installeret under køkkenvasken, af en ikke autoriseret VVS-installatør.

Studs på regnvandsnet

Som det sidste punkt under listet fejl i starten af afsnit 8.4, er studs på lokalt regnvandsnet medtaget. Det er ulovligt at anbringe en tapventil på det lokale regnvandsnet, men en studs er der ingen regler om, derfor er denne medtaget under projekterings/udførelsesfejl. Når der anbringes en studs på regnvandsledningen øger dette risici for kortslutning mellem det offentlige vandforsyningsnet og det lokale regnvandsnet. Denne studs vil i så fald være anbragt opstrøms pumpen. Hvis indsugningsfilteret stopper til i regnvandstanken, eller der opstår en eller anden fejl, som medfører, at der ikke kan komme vand til wc'et, så vil det være naturligt at finde en eller anden måde, hvorpå man atter kan få vand i wc'et. Derfor vil det være oplagt at foretage en kortslutning via denne studs på regnvandsnettet til enten tapventilen eller luftgabet på vandværksledningen. Hvis anvisningen fra Teknologisk Institut efterfølges, vil det ikke være muligt at få vand i wc'et, før den opstående fejl er udbedret.

Sammenligning af fejltræ med og uden studs

Foretages en sammenligning af fejltræet for spildevand i det offentlige vandforsyningsnet med og uden en studs på regnvandsnettet, er denne forskel betydelig. Sammenholdes dette med, at sandsynligheden er stor for at en sådan studs indbygges i anlæggene, er det en vigtig faktor at forholde sig til.



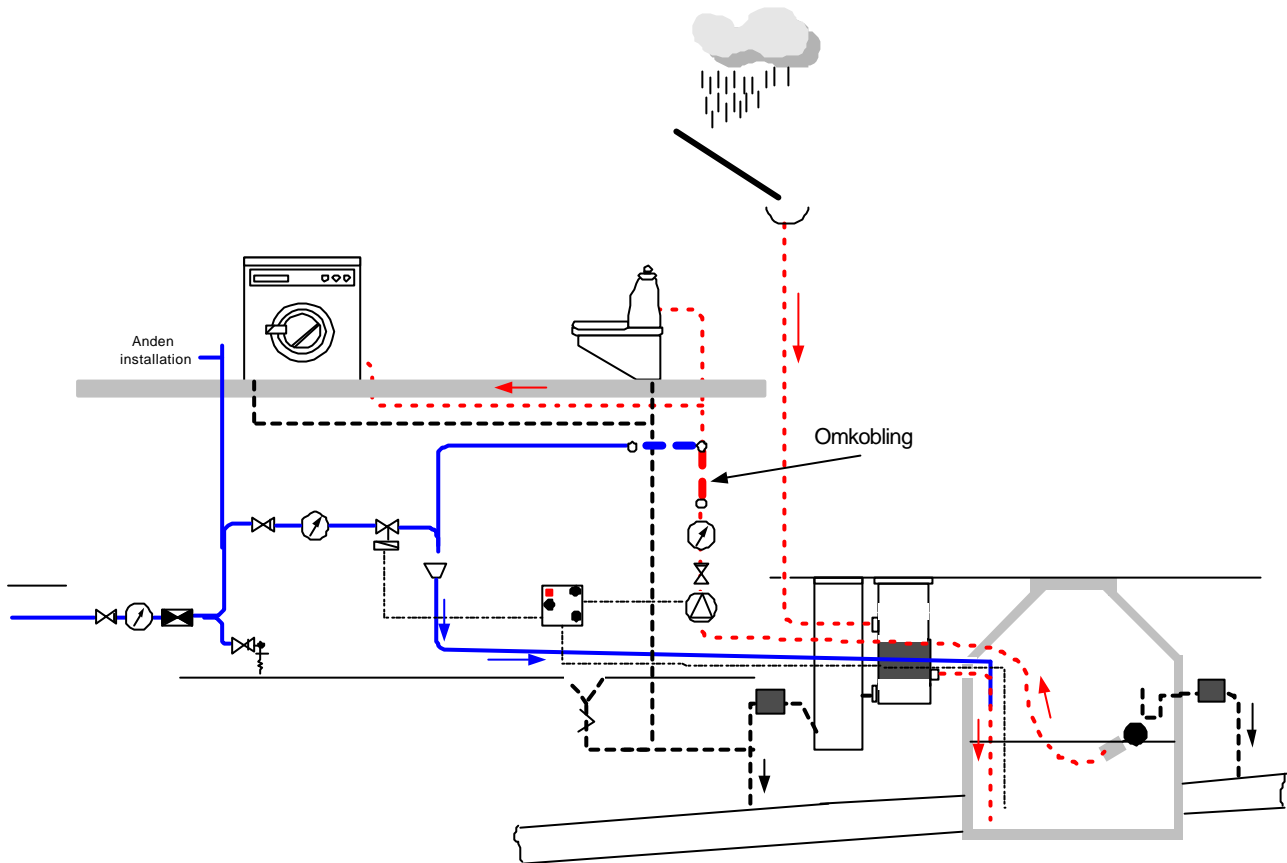
Figur 8.17: Fejltræet for spildevand i det offentlige vandforsyningsnet (fejltræ4). Fejltræet beskriver alle tænkelige muligheder for, at spildevand kan trænge ind i det offentlige vandforsyningsnet i forbindelse med etablering og drift af de anbefalede regnvandsanlæg med en studs på regnvandsnettet. I Bilag D ses fejltræet i større skala.

Betragtes fejltræet på Figur 8.17 ses det, at dette er blevet udvidet sammenlignet med fejltræet vist på Figur 8.12. Fejltræet vist på Figur 8.17 kan ses i større skala i Bilag D.

Ny gren tilføres fejltræet
 Som det fremgår, er der kommet en helt ny gren, som hedder ”tryk i lokalt system er større end tryk i offentligt vandforsyningsnet”. Denne del er forårsaget af, at der nu er mulighed for en kortslutning mellem det offentlige vandforsyningsnet og det lokale tryksystem. Denne kortslutning kan enten ske via tapventilen på vandværksledningen og studsen på regnvandsnettet eller via enden af vandværksledningen (luftgabet) og studsen på regnvandsnettet. Det er forudsat, at der ikke er placeret andre studse på hverken vandværksledningen eller regnvandsnettet foruden den før omtalte. I et sådant tilfælde kan der opstå en situation, hvor trykket i det lokale net er større end trykket i det offentlige net, og hvis en række

fejl indtræffer, kan det ske, at spildevandet ledes ud i vandværksledningerne.

For at udgå den forøgede risiko, der er i forbindelse med en studs på regnvandsledningen, kan det overvejes at indbygge en mulighed for at få vand i Wc'et, selvom der er et tilstoppet filter eller en anden fejl, der bevirker, at der ikke kan komme regnvand til Wc'et.



Figur 8.18: Principskitse af regnvandsanlæg med den ændring, der gør det muligt at få vand til henholdsvis wc og vaskemaskine, selvom der er tilstopning/fejl i regnvandsanlægget.

Alternativ anlægsopbygning

Betragtes Figur 8.18 ses anlægget vist på Figur 8.1 med den ændring, at det nu er muligt at foretage en omkobling af et ledningsstykke, således at regnvandsanlægget kan afskæres fra wc'et og vaskemaskinen. Omkoblingen er vist med de fremhævede stiplede linier på figuren. Lovmæssigt foreligger der nogle regler, som skal følges, når en sådan omkobling skal gennemføres f.eks. er det ikke lovligt, at det er et slangestykke, som skal omkobles.

Ved at indføre systemet vist på Figur 8.18, vil incitamentet til at foretage kortslutninger blive reduceret meget. Når fejlen indtræffer, hvor der ikke kan komme vand i wc'et, er muligheden for at omkoble systemet tilstede. Dette bevirker, at man ikke selv begynder at lede efter alternative måde at gå uden om regnvandsanlægget på.

8.5 Resultater fra risikoanalyse af regnvandsanlæg

Formålet med risikoanalysen

Formålet med en risikoanalyse er dels at give en beskrivelse af risici i forbindelse med et anlæg, og dels at danne grundlag for at kunne foreslå ændringer i design, som vil kunne reducere de beskrevne risici.

Ved at gennemføre risikoanalysen efter disse to retningslinier, er det muligt at lokalisere de største risici i forbindelse med drift og vedligeholdelse af et teknisk anlæg. Ved lokalisering af de største risici er det vigtigt at huske, at det ikke nødvendigvis er den fejlsekvens med det mindste antal fejl, der er den farligste. Det afhænger af sandsynligheden for, at de enkelte fejl indtræffer og konsekvensen af disse fejl. Ved at betragte fejlsekvenser, der fører til den samme konsekvens, kan betragtningerne reduceres til kun at koncentrere sig om sandsynlighederne for de enkelte fejl.

Sandsynligheder for de enkelte komponenter

At fastlægge sandsynlighederne for fejl ved de enkelte komponenter er en kompliceret affære, og vil kræve en grundig undersøgelse af data fra tidligere anlæg, hvor komponenterne har været benyttet. På basis af disse oplysninger og erfaringer kan der måske dannes et billede af sandsynligheden for hver enkel komponentfejl. Dernæst står man med det problem, at enhederne for hver enkel komponent ikke er den samme. Nogle komponenter er afhængig af tiden, andre er afhængig af brugshyppigheden, hvilket igen komplicere problemstillingen. Det ligger ikke indenfor dette projekts rammer at fastsætte sandsynligheder for hver enkel komponentfejl.

Vægtning

Det ville dog være spændende at finde de fejlsekvenser med de største risici. Det er derfor valgt at vægte de kvalitative sandsynligheder introduceret i Kapitel 4. Disse var som følgende:

- Meget sandsynligt
- Sandsynligt
- Sjældent
- Meget sjældent

Disse fire kvalitative sandsynligheder har fået følgende vægte:

- -2
- -4
- -6
- -8

Hver enkel primær fejl, sekundær fejl af typen nabokomponentfejl, omgivelsesfejl og betjeningsfejl er blevet vægtet ved hjælp af ovenstående fire kvalitative vægte. Ved enkelte komponenter er vægtningen angivet ved et interval, da komponenttypen kan variere. F.eks. er der flere forskellige typer magnetventiler, hvor den ene type er mere sikker end den anden. For yderligere detaljer vedrørende komponentvalg henvises til Teknologisk Institut's anvisning /1/.

På Figur 8.19 er der angivet to fejlsekvenser for fejltræ 2 – regnvand i det offentlige vandforsyningsnet - med de skønnede vægte for de forskellige typer fejl. Vægtningen skal fortolkes således, at jo større negativt tal, der er angivet, jo mindre er risikoen for at netop denne fejlsekvens opstår.

Den første fejlsekvens, der er angivet på Figur 8.19, har en vægtning, der befinder sig i intervallet $[-32;-46]$, og er dermed den mindst sandsynlige fejlsekvens, der kan forefindes i fejltræ 2, når der tages udgangspunkt i de skønnede vægtninger.

Den anden fejlsekvens, der er angivet på Figur 8.19, er til gengæld den mest sandsynlige fejlsekvens, da den samlede vægtning er -22 .

Fejlsekvens 2A

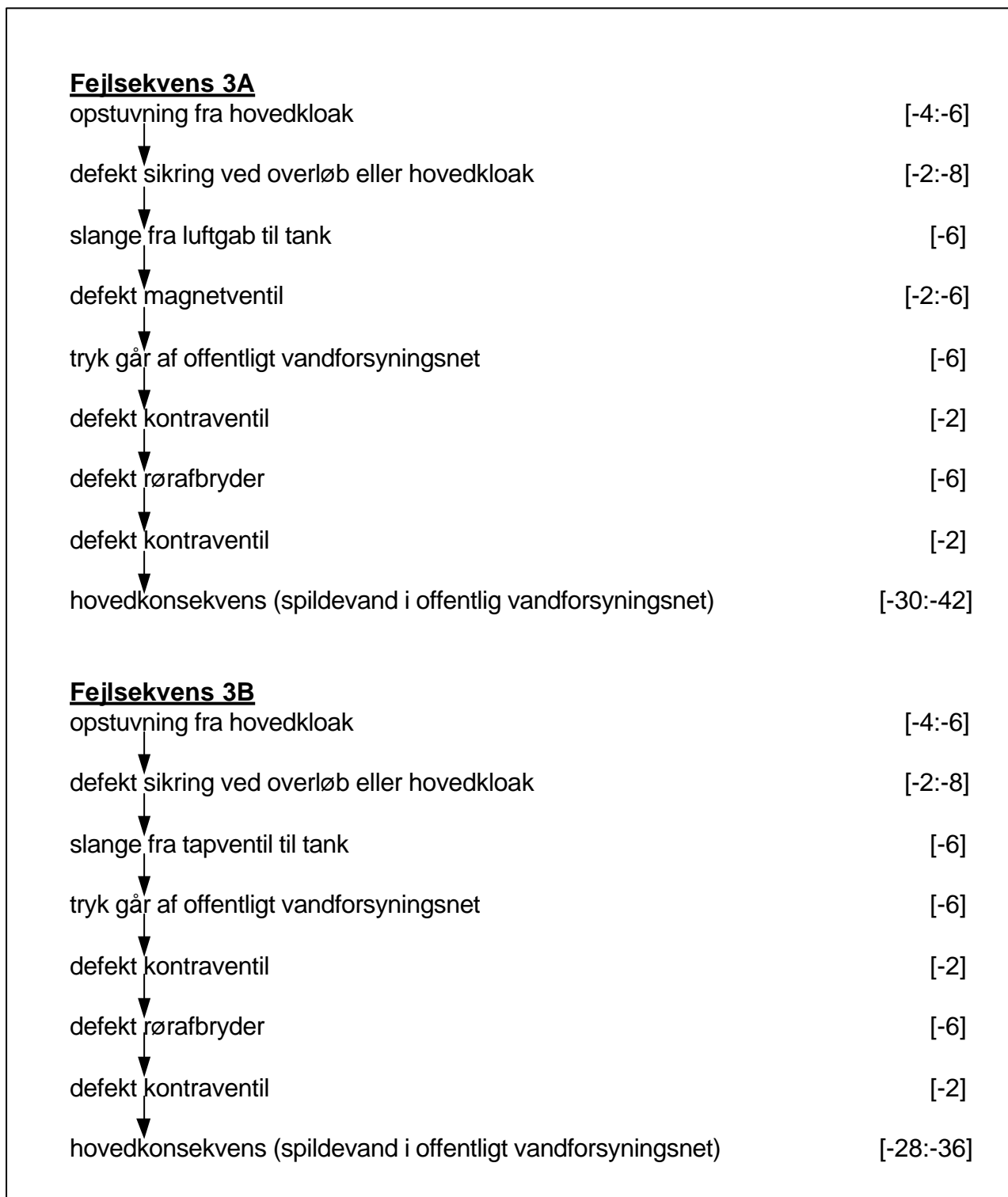
kraftigt regnvejr	[-4:-6]
↓	
defekt sikring ved overløb	[-2:-8]
↓	
defekt gulv afløb	[-4]
↓	
slange fra luftgab til gulv	[-6]
↓	
defekt magnetventil	[-2:-6]
↓	
tryk går af offentligt vandforsyningsnet	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
defekt rørfbryder	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
hovedkonsekvens (regnvand i offentligt vandforsyningsnet)	[-32:-46]

Fejlsekvens 2B

regnvand i regnvandstank	
↓	
slange fra tapventil til tank	[-6]
↓	
tryk går af offentligt vandforsyningsnet	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
defekt rørfbryder	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
hovedkonsekvens (regnvand i offentligt vandforsyningsnet)	[-22]

Figur 8.19

To fejlsekvenser fra fejltræ 2 – regnvand i det offentlige vandforsyningsnet. Den første fejlsekvens (fejlsekvens 2A) består af 9 fejl og har en samlet vægtning, der varierer mellem -32 og -46. Den anden fejlsekvens (fejlsekvens 2B) består af 6 fejl og har en samlede vægtning på -22.



Figur 8.20

To fejlsekvenser fra fejltræ 3 – spildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Den første fejlsekvens (fejlsekvens 3A) består af 8 fejl og har en samlet vægtning, der varierer mellem – 30 og –42. Den anden fejlsekvens (fejlsekvens 3B) består af 7 fejl og har en samlet vægtning, der varierer mellem – 28 og –36.

Betragtes nu Figur 8.20 ses to fejlsekvenser for fejltræ 3 – spildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Princippet er det samme som forklaret under Figur 8.19.

Fejlsekvens 3B, der er angivet på Figur 8.20, er den mest sandsynlige fejlsekvens, der kan forefindes på fejltræ 3 tilknyttet regnvandsanlægget med hensyn til spildevand i det offentlige vandforsyningsnet.

Den fejlsekvens med den største risiko

Sammenholdes nu den fejlsekvens fra både fejltræ 2 og fejltræ 3, hvor den samlede vægtning har været lavest, fremgår det, at det mest kritiske sted på regnvandsanlægget er ved tapventilen. Det at rense regnvandstanken med en slange monteret på tapventilen, og så glemme denne nede i tanken samtidig med, at to kontraventiler, en rørfbryder er defekte, og at trykket går af det offentlige vandforsyningsnet, er den fejlsekvens med størst risiko tilknyttet regnvandsanlægget. I tilfældet med spildevand i det offentlige vandforsyningsnet skal der ligeledes ske en opstuvning af spildevand i tanken.

Studs på regnvandsnettet

Det skal dog bemærkes, at hvis der anbringes en studs på regnvandsnettet, vil fejlsekvensen for en kortslutning mellem studsen og tapventilen ligeledes blive en af de mest kritiske fejlsekvenser, derfor vil det være en fordel at indføre foranstaltningen vist på Figur 8.18 - en mulig omkobling ved fejl på regnvandsanlægget.

Tank placeret i kælder

Regnvandsanlæg, hvor tanken er placeret i kælderen, er mere sikre anlæg end anlæg, hvor tanken er placeret i jorden. Dette skyldes, at opstuvningsknoten for, at spildevand kan trænge ind i tanken, skal være betydeligt større, når tanken er placeret i kælderen.

Regnvandsanlæg er generelt sikre

Ud fra ovenstående må det fremhæves, at et regnvandsanlæg opbygget efter Teknologisk Institut's anvisning er et relativt sikret anlæg, og risici for forurening af vandværksvand er ikke stor. Det vil altid være risici i forbindelse med konstruktion/drift/vedligeholdelse af et teknisk anlæg, men så længe risici er indenfor acceptable grænser, må dette accepteres.

Risiko almindelige anlæg

Det kan diskuteres, om nogle af disse sikkerhedsforanstaltninger kun burde gælde for husstande med regnvandsanlæg: F.eks. en rørfbryder, som skal forhindre forurenede vand i at trænge ud i den offentlige vandforsyning. Denne ville jo generelt nedsætte risici for tilbagesug i det offentlige vandforsyningsnet, uanset om der er etableret et regnvandsanlæg i den enkelte husstand eller ej. I alle husstande, hvor der findes en tapventil og et kloaksystem, som er koblet på fællessystemet, er der risiko af tilsvarende størrelse for, at der kan etableres en kortslutning mellem disse to systemer. Et regnvandsanlæg forøger denne sandsynlighed lidt, fordi der opstår ekstra kortslutningsmulighed via luftgabet og via regnvandstanken, som ikke eksisterer i andre husstande.

9 Fejltræ – Gråvandsanlæg

I dette kapitel beskrives først et ”typisk” gråvandsanlæg, som er udgangspunkt for risikoanalysen samt de enkelte fejltræer opbygget for det ”typiske” gråvandsanlæg.

9.1 Beskrivelse af et ”typisk” gråvandsanlæg

På Figur 9.1 ses en principskitse af et ”typisk” gråvandsanlæg /3/.

Sikkerhedsforanstaltninger overført fra regnvandsanlæg

Det skal bemærkes, at de ekstra sikkerhedsforanstaltninger, som blev fundet nødvendige og fordelagtige under risikoanalysen af regnvandsanlæg, er direkte overført til gråvandsanlæg. Selvom der ikke forefindes en anvisning for gråvandsanlæg, er det vigtigt, at anlæggene bliver så sikre som muligt. Dette er ligeledes ensbetydende med, at gråvandsanlægget er blevet lidt ændret set i forhold til tegningen angivet i /3/.

Generelt om gråvandsanlæg

Princippet i gråvandsanlæg er mere kompliceret end i regnvandsanlæg, da vandkvaliteten er forskellig. Det grå spildevand er det spildevand, der genereres fra bad og håndvask, bortset fra håndvasken i køkkenet, da dette spildevand indeholder for meget fedtstof. Det grå spildevand er primært forurenet med sæberester og små koncentrationer af organiske stoffer, bakterier m.v.. Når dette spildevand er rensset, kan det anvendes til wc-skyl i stedet for rent vandværksvand, og i enkelte tilfælde, hvor rensningen er god, kan det rensede grå spildevand ligeledes anvendes til tøjvask.

Gråtvand jævnt fordelt over året

I modsætning til regnvand som principielt anvendes til det samme, er det grå spildevand fordelt jævnt over hele året. Derfor vil forbruget af vandværksvand næsten helt kunne spares. Set samfundsmæssigt vil den samlede hydrauliske belastning på rensningsanlæggene blive mindre, mens den samlede næringsstofmængde totalt set vil være den samme.

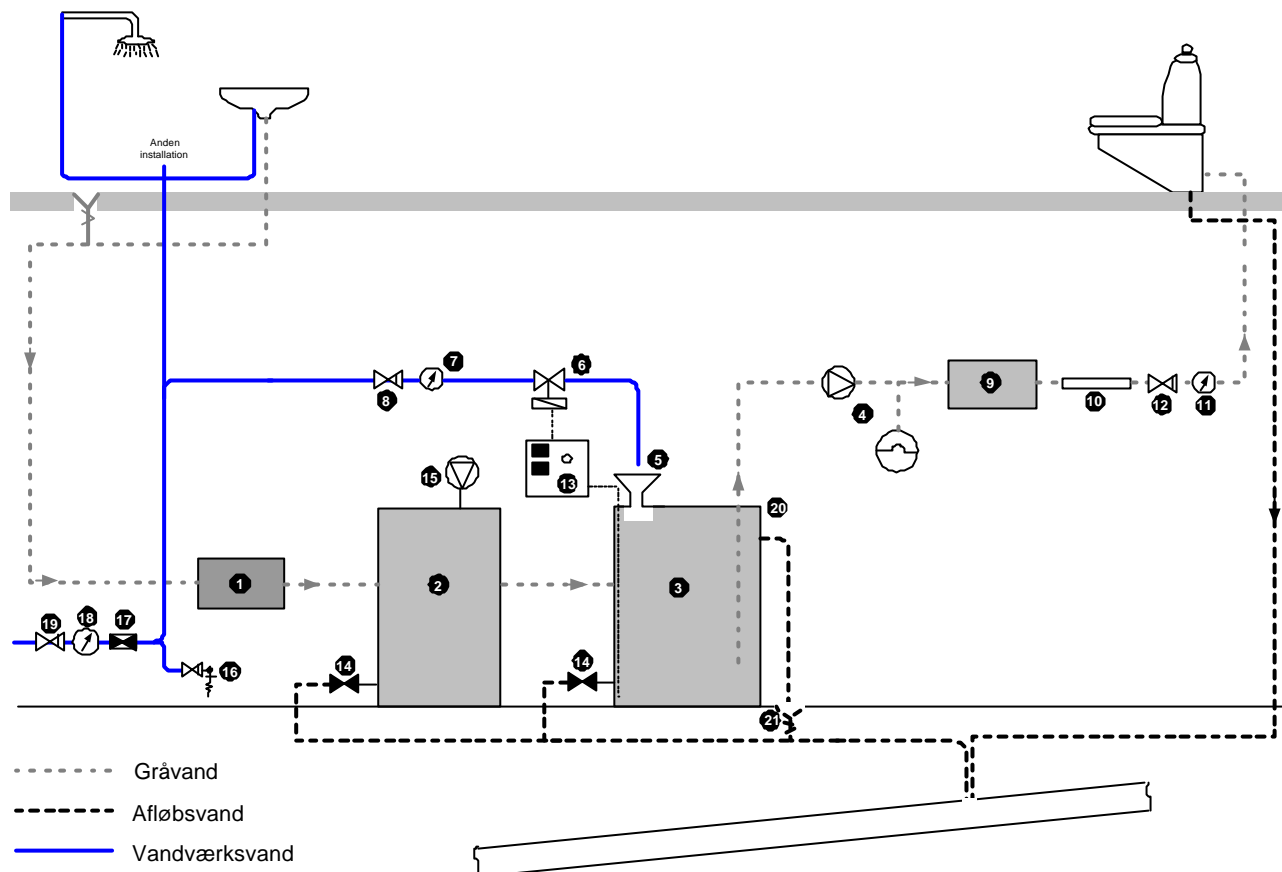
Forskellige rensningsteknikker

Et anlæg til håndtering af gråt spildevand kan konstrueres efter forskellige principper. I Danmark er den mest anvendte metode et recirkulationsanlæg, som består af nogle filtre, minirensningsanlæg og separate rørsystemer. Rensningsprocesserne kan være fældning, biologisk rensning, filtre og UV-desinfektion. De fleste anlæg benytter en kombination af disse metoder.

Fra bad og håndvask til forbrugsstederne

På Figur 9.1 er vist et ”typisk” gråvandsanlæg, hvor spildevand fra bad og håndvask først ledes gennem et grovfilter (1) i separate ledninger og dernæst til en biologisk tank (2). Den biologiske tank er et dykket biofilter, hvor sæberester og ammoniak bliver fjernet. Luftningen i filteret udføres af en luftpumpe (15). Efter den biologiske tank ledes det grå spildevand over i et opbevaringstank (3), hvorfra det pumpes (4) igennem et

finfilter (9) og et UV-anlæg (10) til forbrugsstederne. Efter UV-anlægget er der placeret en vandmåler (11), således at det samlede forbrug af vand-



1. Grovfilter
2. Biofilter
3. Tank
4. Pumpe i forbindelse med hydrofor
5. Luftgab
6. Magnetventil med niveauføler
7. Vandmåler på vandværksledning
8. Kontraventil i forbindelse med vandmåler
9. Finfilter
10. UV-desinfektion
11. Vandmåler på gråvandsledning
12. Kontraventil i forbindelse med vandmåler
13. Automatisk styreenhed
14. Aftapningshane
15. Luftpumpe
16. Tapventil
17. Rørafbryder
18. Vandmåler på stikledning
19. Kontraventil i forbindelse med vandmåler på stikledning
20. Overløb fra tank
21. Vandlås ved gulvafløb

Figur 9.1

Skitse af anlæg til håndtering af grå spildevand. Principskitsen er taget fra /3/.

vand og gråt spildevand kan registreres. Før vandmåleren er der placeret en kontraventil (12).

Overløb fra tank

I opbevaringstanken er der et overløb (20), hvis vandstanden i tanken skulle stige over en vis højde. Overløbet er koblet til kloak via et luftgab.

Efterfyldning af vandværksvand

I tilfælde af, at der ikke er nok gråt spildevand til at dække behovet, er der mulighed for at lede vandværksvand ned i tanken, som derefter pumpes ud til forbrugsstederne. Vandværksvandet tilledes via et luftgab (5) og aktiveres via en magnetventil (6), en niveauekontakt og den automatiske styreenhed (13). Når vandstanden i tanken når et vis minimumsniveau aktiveres magnetventilen (6), således at der kan tilledes vandværksvand. På vandværksledningen er der placeret en vandmåler (7), således at forbruget af vandværksvand kan registreres samt en kontraventil (8), således at risikoen for tilbagestuvning til det offentlige vandforsyningsnet reduceres.

Inde i kælderen er der ligeledes placeret en tapventil (16), og da lovgivningen i forbindelse med en tapventil, ligeledes kræver et gulvafløb (21), er dette ligeledes anført på tegningen.

Betragtes nu stikledningen til vandforsyningen, er der anbragt en rørafbryder (17) og en vandmåler (18) med en kontraventil (19). Rørafbryderen er for at øge sikkerheden mod tilbageløb fra gråvandsanlægget.

9.2 Beskrivelse af fejltræer for et ”typisk” gråvandsanlæg

Definition af fejltræ for gråvandsanlæg

I dette underafsnit beskrives de fejltræer, som er opstillet for et ”typisk” gråvandsanlæg. Beskrivelse er opdelt i fire afsnit:

- Beskrivelse af fejltræ 5 – spildevand i off. vandforsyningsnet
- Beskrivelse af fejltræ 6 – gråt spildevand i off. vandforsyningsnet
- Beskrivelse af fejltræ 7 – spildevand i cisterner
- Beskrivelse af fejltræ 8 – urensset gråt spildevand i cisterner

Inden de fire fejltræer beskrives, fremlægges kort forudsætningerne for beskrivelsen og for principskitsen, som er udgangspunktet for fejltræerne.

9.2.1 Forudsætninger for opbygning af fejltræ for et ”typisk” gråvandsanlæg

Udgangspunktet for fejltræerne

Principskitsen på Figur 9.1 viser et typisk gråvandsanlæg. Enkelte komponenter kan variere fra anlæg til anlæg afhængig af hvilken rensningsmetoder, der vælges. Selve placeringen af tanke varierer ikke lige så meget, som tilfældet var for et regnvandsanlæg, da et gråvandsanlæg kræver meget tilsyn. Processerne i et gråvandsanlæg er mere følsomme for ydre påvirkninger og for ikke at simulere bakterievæksten i tanken, er det nødvendigt, at tanken er placeret i et koldt rum. Nedgravning er ikke optimalt, da anlægget kræver meget tilsyn.

Tilsluttet fælleskloak

Det er desuden antaget, at kloakken, hvor overløbet fra tanken er tilsluttet, er fælleskloakeret og ikke separat, og at der ikke foregår nogen anden form for lokal rensning med efterfølgende nedsivning.

9.2.2 Beskrivelse af fejltræ 5 – spildevand i off. vandforsyningsnet

Hovedkonsekvensen for fejltræ 5

Udgangspunktet for dette fejltræ er, at der ikke må komme spildevand i det offentlige vandforsyningsnet, da dette ville have en katastrofal konsekvens. Situationen er den samme som under beskrivelse af regnvandsanlæg, at decentrale alternative installationer, som et gråvandsanlæg, vil være meget svære at spore ved bakteriel forurening i distributionssystemet, fordi distribuerede, evt. lejlighedsvis kilder er vanskelige at identificere.

Dette fejltræ dækker alle tænkelige måder, hvorpå spildevand fra et gråvandsanlæg, opbygget efter principskitsen på Figur 9.1, kan komme i forbindelse med det offentlige vandforsyningsnet. Det skal igen bemærkes, at nogle af de beskrevne fejlmuligheder forudsætter, at der er foretaget ulovlige eller fejlagtige kortslutninger (sekundær betjeningsfejl).

På Figur 9.2 ses i lille skala fejltræet og i Bilag E findes fejltræet i stor skala.

I det følgende beskrives fejltræet. Tekst i citationstegn henviser til de enkelte komponentfejl angivet i fejltræet. Beskrivelsen starter øverst i fejltræet.

Beskrivelse af fejltræet

Øverst i fejltræet er placeret hovedkonsekvensen ”spildevand i off. vandforsyningsnet”. Dernæst er ”defekt kontraventil”, ”defekt rørfbryder” og igen ”defekt kontraventil” angivet. Den første kontraventil er den på stikledningen. Rørfbryderen er ligeledes placeret på stikledningen. Den næste kontraventil er enten den, der sidder i forbindelse med vandmåleren, der måler vandforbruget til efterfyldning i tanken, eller den kontraventil, der er placeret før tapventilen. Derefter følger ”tryk går af offentligt vandforsyningsnet”.

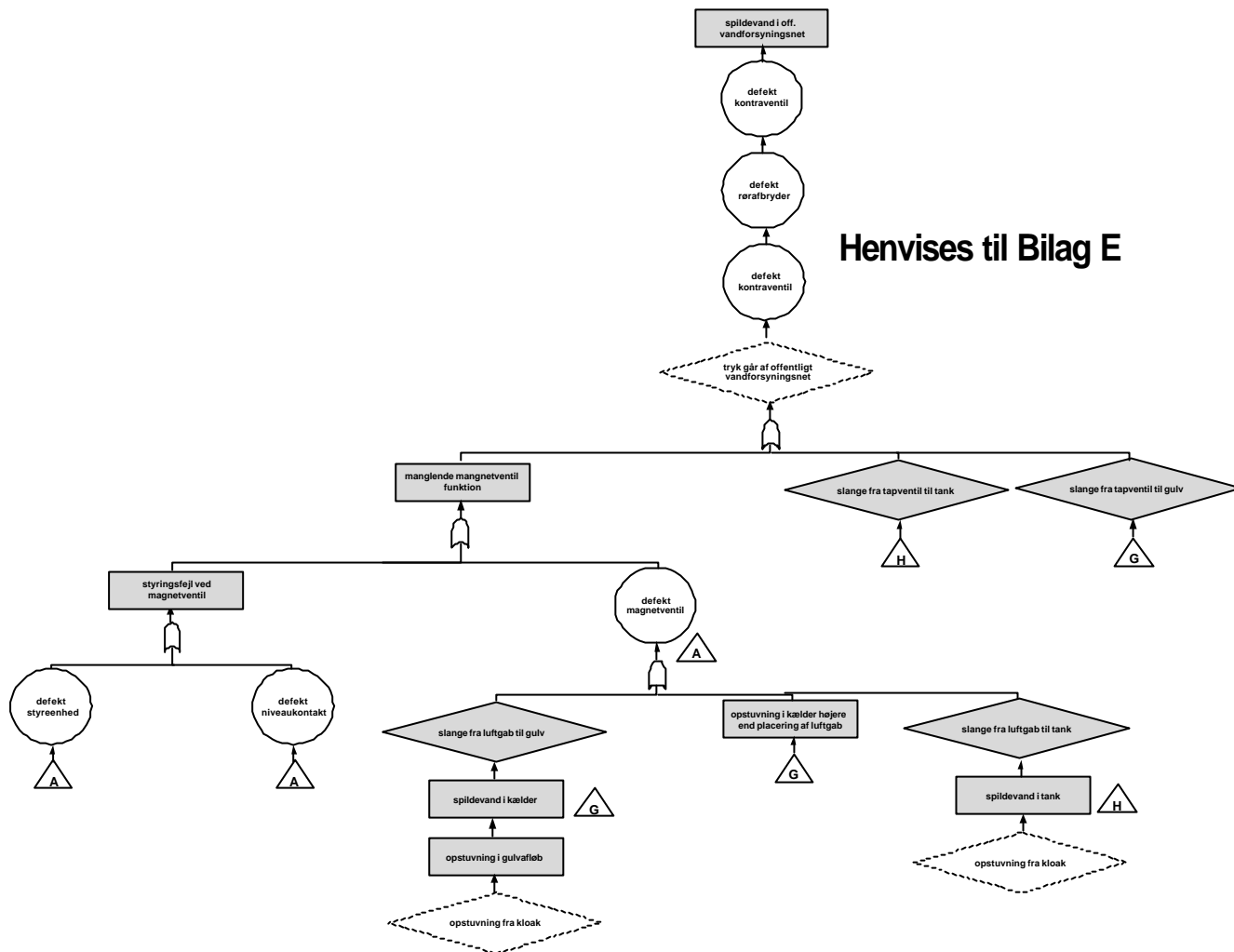
Fejltræet opdeles derefter i tre grene ”manglende magnetventil funktion”, ”slange fra tapventil til tank” og ”slange fra tapventil til gulv”.

Manglende magnetventil funktion

Forfølges først grenen ”manglende magnetventil funktion”, kan denne opdeles i ”defekt magnetventil” og ”styringsfejl ved magnetventil”. Under ”styringsfejl opdeles træet igen i to grene, hvor den ene er ”defekt styreenhed” og den anden er ”defekt niveauekontakt”. Enten kan niveauekontakten være defekt og sender dermed et forkert signal til den automatiske styreenhed, hvormed magnetventilen aktiveres forkert. Eller også kan den automatiske styreenhed være defekt og dermed sender et forkert signal til magnetventilen. Fejltræet under henholdsvis ”defekt magnetventil”, ”defekt styreenhed” og ”defekt niveauekontakt” er identiske. Derfor gennemgås kun den ene, hvilket er symboliseret med bogstavet ”A”.

Fejltræet opdeles igen

For at hovedkonsekvensen skal opstå er det nødvendigt, at der enten sker en kortslutning til luftgab – enten ved ”slange fra luftgab til gulv” eller ved ”slange fra luftgab til tank” eller, at der sker ”opstuvning i kælder højere end placering af luftgab”. Forfølges først den sidste gren henvises til bogstavet ”G”.



Figur 9.2

Fejltræ 5 – spildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Fejltræet beskriver alle tænkelige muligheder for, at spildevand kan trænge ind i det offentlige vandforsyningsnet i forbindelse med etablering og drift af et ”typisk” grøvandsanlæg. I Bilag E findes fejltræet i stor skala.

Forfølges dernæst ”slange fra luftgab til tank” er det nødvendigt, at der er trængt spildevand ind i tanken.

Spildevand i tank

”Spildevand i tank” kan ske ved, at der sker opstuvning fra kloakken. Opstuvningen skal dog være helt ekstrem.

Forfølges til sidst ”slange fra luftgab til gulv” er det en forudsætning, at der er spildevand i kælderen.

Spildevand i kælder

”Spildevand i kælder” forårsages af opstuvning fra kloakken.

Vendes tilbage til ”slange fra tapventil til tank” og ”slange fra tapventil til gulv” henvises henholdsvis med bogstavet ”H” og ”G” til et andet sted i fejltræet.

Forstiller man sig, at man har tilkøbt en slange til tapventilen, da tanken f.eks. skal renses, og man ved et tilfælde glemmer denne i tanken eller, at slangen ligger løs i kælderen, så opstår der mulighed for kortslutning mellem spildevand og vandværksvandet, såfremt de ovennævnte fejl ligeledes er indtruffet.

9.2.3 Beskrivelse af fejltræ 6 – gråt spildevand i off. vandforsyningsnet

Hovedkonsekvens for fejltræ 6

Udgangspunktet for dette fejltræ er, at der ikke må komme gråt spildevand ud i det offentlige vandforsyningsnet, da dette ville være kritisk. Denne konsekvens er sat lavere end, hvis spildevand trængte ud i det offentlige vandforsyningsnet, da bakteriekoncentrationerne er forskellige. Spildevand er klart det farligste tilfælde. Det kan her diskuteres, om det ikke var fordelagtigt at indføre en ekstra konsekvens, der var beliggende mellem katastrofal og kritisk. Bakteriekoncentrationen er højere i gråt spildevand end i regnvand, og er derved farligere at få ud i det offentlige vandforsyningsnet.

Fejltræet ses på Figur 9.3 i lille skala og findes i Bilag E i stor skala. For at følge opbygningen af fejltræet henvises til Figur 9.1, hvor principskitset af et gråvandsanlæg er angivet.

Hovedkonsekvensen

Øverst i fejltræet er hovedkonsekvensen ”gråt spildevand i off. vandforsyningsnet” placeret. Dernæst er ”defekt kontraventil”, ”defekt rørafbryder” og igen ”defekt kontraventil” angivet. Den første kontraventil er den på stikledningen til den enkelte husstand. Rørafbryderen er ligeledes placeret på stikledningen. Den næste kontraventil er enten den, der sidder i forbindelse med vandmåleren, der måler vandforbruget til efterfyldningen i tanken, eller den kontraventil, der er placeret før tapventilen. Derefter følger ”tryk går af offentligt vandforsyningsnet”.

Fejltræet opdeles derefter i tre grene ”manglende magnetventil funktion”, ”slange fra tapventil til tank” og ”slange fra tapventil til gulv”.

Forfølges først grenen med ”manglende magnetventil funktion”, kan denne opdeles i ”defekt magnetventil” og ”styringsfejl ved magnetventil”. Under ”styringsfejl ved magnetventil” opdeles træet igen i to grene, hvor den ene er ”defekt styreenhed” og den anden er ”defekt niveauekontakt”. Enten kan niveauekontakten være defekt og sender dermed et forkert signal til den automatiske styreenhed, hvormed magnetventilen aktiveres forkert. Eller også kan den automatiske styreenhed være defekt og dermed sender et forkert signal til magnetventilen. Fejltræet under henholdsvis ”defekt magnetventil”, ”defekt styreenhed” og ”defekt niveauekontakt” er identiske. Derfor gennemgås kun den ene, hvilket er symboliseret med bogstavet ”A”. Fejltræet under disse to grene er identiske, derfor beskrives kun den ene del, symboliseret ved bogstavet ”A”.

For at hovedkonsekvensen skal opstå er det nødvendigt, at der enten sker en kortslutning til luftgab (”slange fra luftgab til gulv” eller ”slange fra luftgab til tank”) eller, at der sker ”opstuvning i kælder højere end placering af luftgab”. Ved den sidste gren henvises til bogstavet ”C”.

Kortslutning til luftgab

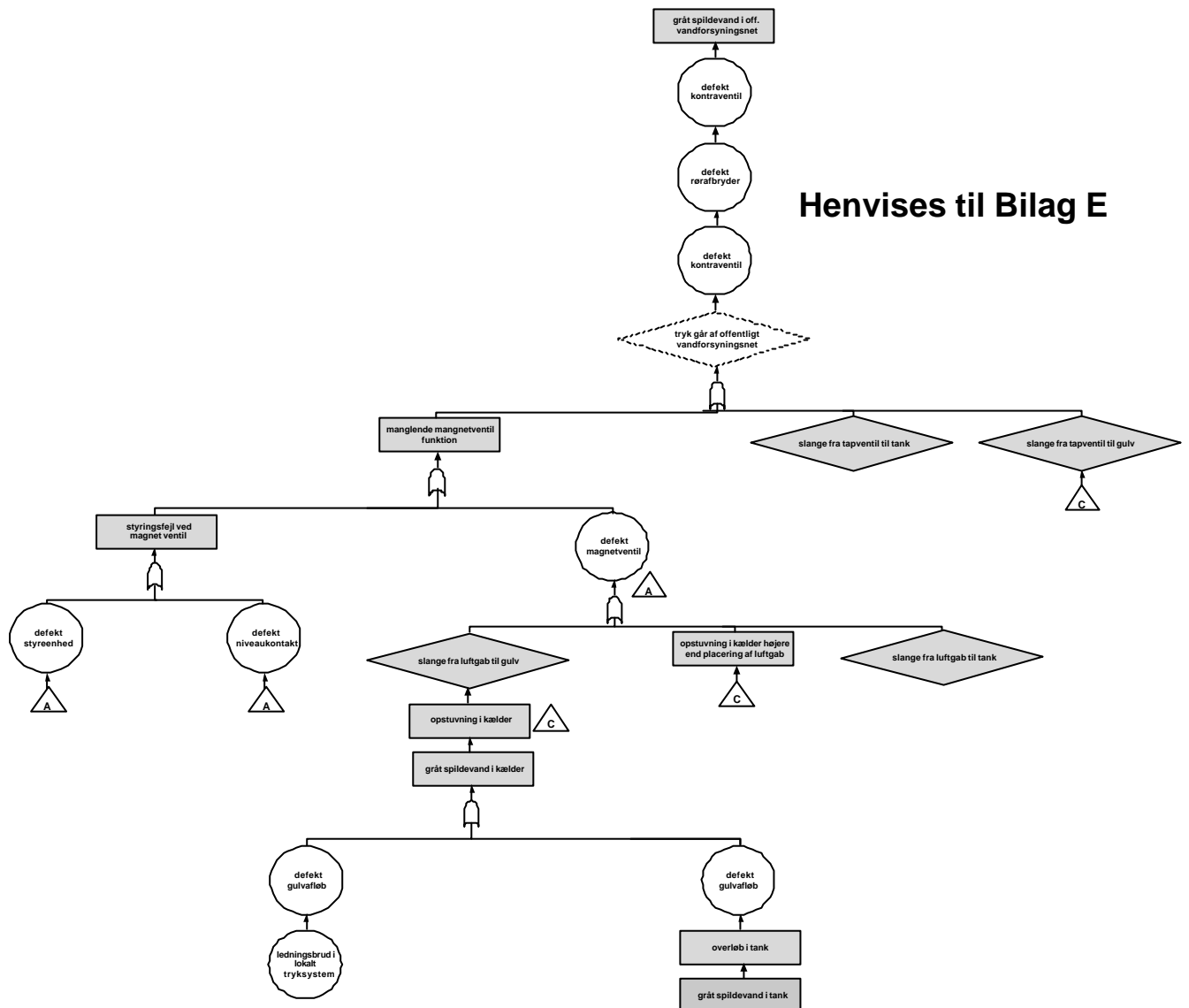
Forfølges grenen ”slange fra luftgab til gulv” er det en forudsætning, at der sker opstuvning i kælder.

Opstuvning i kælder

For at ”opstuvning i kælder” kan ske, er det nødvendigt, at der kommer gråt spildevand ud i kælderen. Det kan enten ske ved et ledningsbrud på

det lokale system samtidig med, at gulvafløbet er defekt, eller der kan ske en opstuvning i tanken, hvorved gråt spildevand via overløbet fra tanken ledes til gulvafløbet samtidig med, at dette er defekt.

Forfølges grenen ”slange fra luftgab til tank” er forbindelsen mellem vandværksvandet og det grå spildevand allerede skabt.



Figur 9.3

Fejltræ6 – grå spildevand i off. vandforsyningsnet. Fejltræet beskriver alle tænkelige muligheder for, at regnvand kan trænge ind i det offentlige vandforsyningsnet i forbindelse med etablering og drift af et gråvandsanlæg. Fejltræet kan ses i stor skala i Bilag E.

Vendes tilbage til henholdsvis ”slange fra tapventil til tank” og ”slange fra tapventil til gulv”, er forbindelsen allerede skabt ved ”slange fra tapventil til tank” og ved ”slange fra tapventil til gulv” henvises via bogstavet ”C” til et andet sted i fejltræet.

Forstiller man sig, at man har tilkoblet en slange til tapventilen, da tanken f.eks. skal renses, og man ved et tilfælde glemmer denne i tanken eller, at slangen ligge løs i kælderen, så opstår der mulighed for kortslutning mellem det grå spildevand og vandværksvandet, såfremt de ovennævnte fejl ligeledes er indtruffet.

9.2.4 Beskrivelse af fejltræ 7 – spildevand i cisternerne

Hovedkonsekvensen for fejltræ 7

Udgangspunktet for fejltræ 7 er, at der ikke må forefindes spildevand i det lokale system og dermed spildevand i cisternerne. Denne konsekvens er sat til alvorlig, da der kun er tale om, at spildevandet kommer i cisternerne i den enkelte husstand, og den eneste reelle forurening er i form af aerosoler.

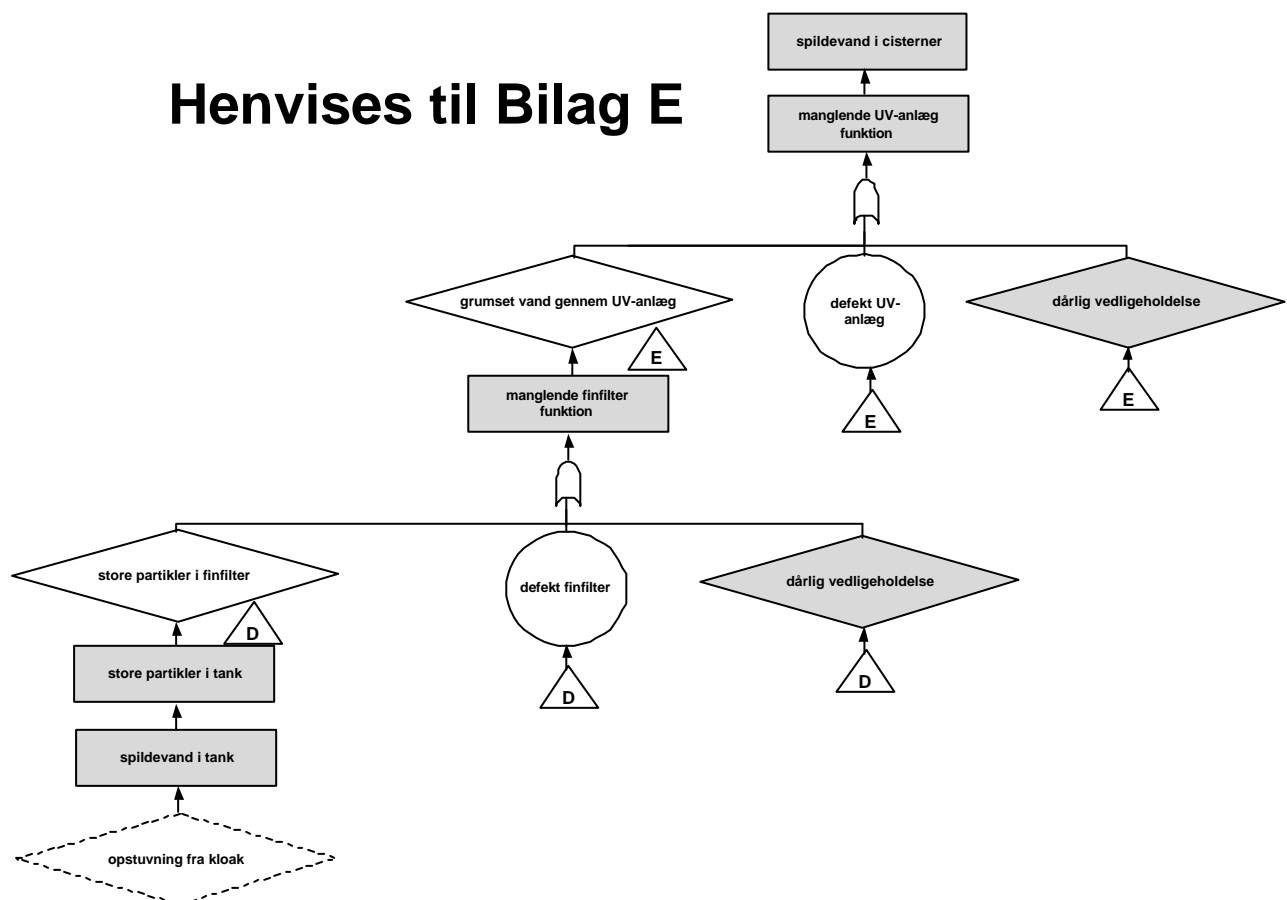
På Figur 9.4 se i lille skala fejltræet, som dækker alle tænkelige måder, hvorpå spildevand kan komme i cisterner og dermed ind i det lokale tryk-system. I Bilag E ses fejltræet i stor skala.

Hovedkonsekvensen

Øverst er hovedkonsekvensen for dette fejltræ ”spildevand i cisterner”. For at dette kan ske, er det en forudsætning, at der er ”manglende UV-anlæg funktion”.

Manglende UV-anlæg funktion

”Manglende UV-anlæg funktion” kan ske på tre måder, hvor fejltræet er identiske under disse tre måder, derfor beskrives kun den ene (symboliseret ved bogstavet ”E”). De er måder er: ”grumset vand gennem UV-anlæg”, ”defekt UV-anlæg” og ”dårlig vedligeholdelse”.



Figur 9.4

Fejltræ 7 – spildevand i cisternerne. Fejltræet beskriver alle tænkelige muligheder for, at spildevand kan komme ind i det lokale tryk-system og dermed i cisterner. Fejltræet er vist i stor skala i Bilag E.

Grumset vand gennem UV-anlæg

Den første måde referer til, at UV-anlægget er velfungerende, men andre komponenter bevirker, at UV-anlægget ikke kan rense vandet. Den manglende UV-anlæg funktion skyldes altså en nabokomponent. F.eks. kræves det, at vandet ikke indeholder for meget suspenderet stof, for at UV-anlægget er effektivt. Hvis et filter tidligere i rensningen er defekt, vil dette medføre grumset vand gennem UV-anlæg funktionen.

Defekt UV-anlæg

Den anden måde ("defekt UV-anlæg") angiver, at UV-anlægget er defekt. Om UV-anlægget består bl.a. af en lampe og en glasplade, hvis en af disse dele går i stykker, er UV-desinfektionen ikke eksisterende.

Dårlig vedligeholdelse

Den tredje måde angiver, at vedligeholdelsen af UV-anlægget ikke har været i orden. Lampen eller glaspladen renses ikke løbende og dermed nedsættes effektiviteten af UV-desinfektionen.

Manglende finfilter funktion

Forfølges "grumset vand gennem UV-anlæg" er den næste konsekvens "manglende finfilter funktion". Dette kan igen ske på tre måder – "store partikler gennem finfilter", "defekt finfilter" og "dårlig vedligeholdelse".

Store partikler i gennem finfilter

Forfølges "store partikler gennem finfilter" følger en konsekvens, der hedder "store partikler i tank", som stammer fra spildevandet i tank. Spildevand kan trænge ind tanken via overløbet i tanken samtidig med, at der er opstuvning fra kloakken. Risikoen for dette er dog meget lille.

De to andre muligheder har identisk samme fejltræ, som er symboliseret ved bogstavet "D".

9.2.5 **Beskrivelse af fejltræ 8 – dårligt rensset gråt spildevand i cisternerne**

Hovedkonsekvens for fejltræ 8

Udgangspunktet for dette fejltræ er, at der ikke må komme dårligt rensset gråt spildevand i cisternerne. For at dette giver nogen mening, er det nødvendigt at definere følgende:

Definition af rensset gråvand

Så snart det grå spildevand har passeret UV-anlægget, definerer vi, at det grå spildevand er blevet rensset og ikke før, da UV-desinfektionen er den vigtigste del af rensningen. Det vil sige efter UV-anlægget, hedder det grå spildevand "renset gråvand".

Konsekvensen, hvis der kommer urensset gråvand til cisternerne er defineret som alvorlig.

Dette fejltræ dækker alle tænkelige måder, hvorpå urensset gråvand kan komme i cisternerne i det lokale system. På Figur 9.5 ses fejltræet i lille skala, mens det er angivet i stor skala i Bilag E. For at følge med i beskrivelse af fejltræet henvises til Figur 9.1, som illustrerer opbygningen af et "typisk" gråvandsanlæg.

Hovedkonsekvens

Øverst i fejltræet er den uønskede hovedkonsekvens anført ”dårligt rensset gråt spildevand i cisterner”.

Manglende UV-anlæg funktion

For at dette kan ske er det en forudsætning, at der er ”manglende UV-anlæg funktion”. Herunder opdeles fejltræet i tre grene – ”grumset vand gennem UV-anlæg”, ”defekt UV-anlæg” og ”dårlig vedligeholdelse”.

Definition af UV-anlæg

Et UV-anlæg består af en lampe og en glasplade, som belyser det gennemstrømmende vand. Hvis lampen eller glaspladen ikke renses jævnlige, virker UV-anlægget ikke (”dårlig vedligeholdelse”). Hvis denne lampe eller glasplade er defekt, virker UV-anlægget ikke (”defekt UV-anlæg”). Den sidste mulighed er en nabokomponent fejl, som går på, at UV-anlægget er velfungerende, men der kommer for grumset vand gennem UV-anlægget, således at dette ikke fungerer optimalt. Fejltræet under disse tre muligheder er identiske symboliseret ved bogstavet ”A”.

Manglende finfilter funktion

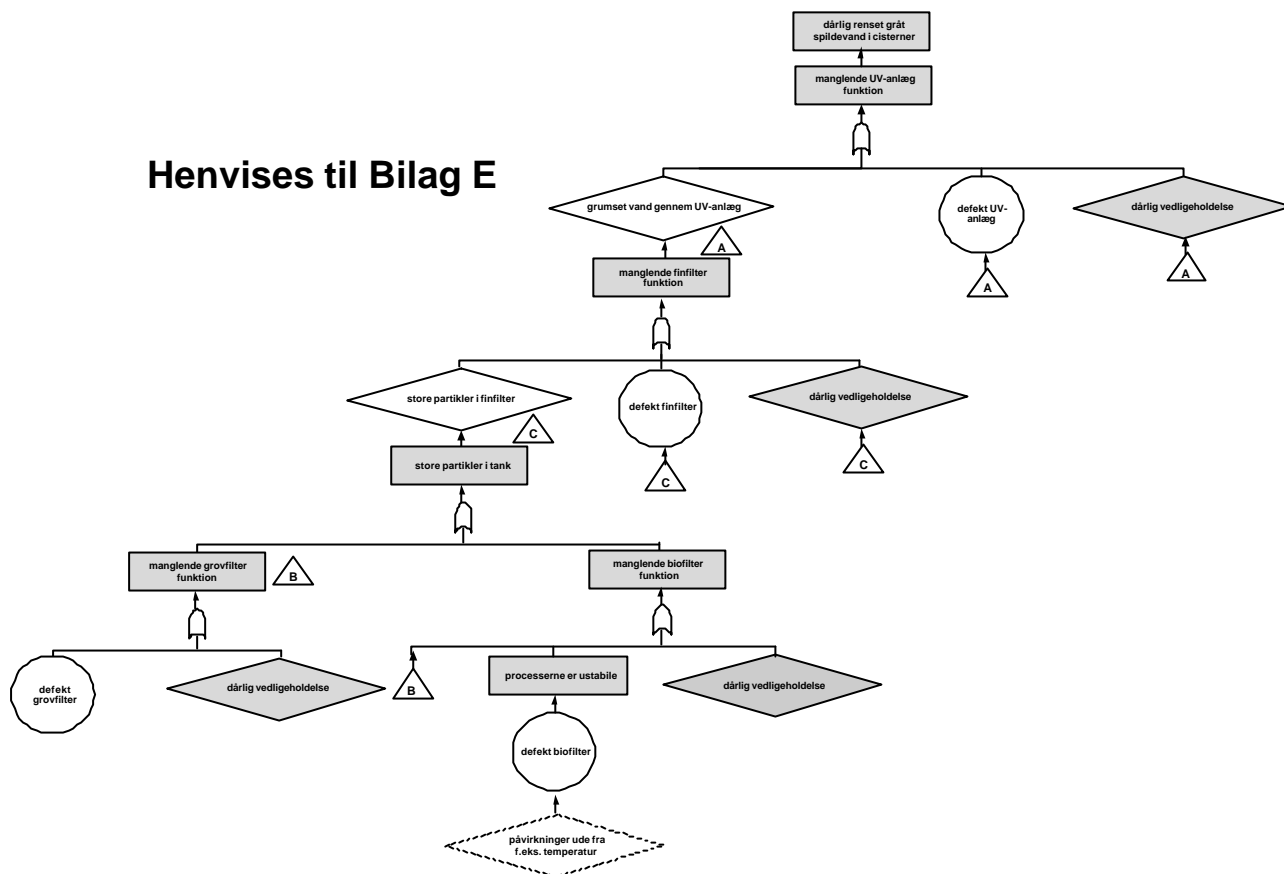
Forfølges grenen ”manglende finfilter funktion” opdeles denne ligeledes i tre grene – ”store partikler i finfilter”, ”defekt finfilter” og ”dårlig vedligeholdelse”. Et finfilter skal jævnlige renses, således at det ikke stopper til, hvis dette ikke bliver gjort, er filteret ikke fungerende (”dårlig vedligeholdelse”). Finfilteret kan ligeledes være defekt, f.eks. kan der være kommet et hul i filteret (”defekt finfilter”). Den sidste mulighed er, at finfilteret er velfungerende, men der sker en nabokomponent fejl, således at finfilteret ikke har optimale betingelser at fungere under, hvorved filtreringen bliver dårlig. Fejltræet under disse tre grene er ligeledes identisk symboliseret med bogstavet ”C”.

Store partikler i finfilter

Forfølges grenen ”store partikler i finfilter” er det en forudsætning, at der er store partikler i tanken. Dette kan ske på to måder – ”manglende grovfilter funktion” og ”manglende biofilter funktion”.

Manglende grovfilter funktion

Forfølges først ”manglende grovfilter funktion” opdeles denne atter i to grene, hvor den ene er ”defekt grovfilter”, mens den anden er ”dårlig vedligeholdelse”.



Figur 9.5

Fejltræ 7- urensset gråvand (grå spildevand) i cisternerne. Fejltræet dækker alle tænkelige muligheder for, at urensset gråvand kan komme op i cisternerne i det lokale system. Fejltræet kan ligeledes ses i Bilag E.

Hvis grovfilteret ikke fungerer optimalt, og så det ikke fjerner de store partikler, kan dette påvirke andre processer senere i forløbet, som ikke er bygget til håndtering af store partikler.

Mangelnde biofilter funktion

Forfølges den anden gren "mangelnde biofilter funktion" opdeles denne i tre grene. Den ene gren henviser via bogstavet "B" til et ikke fungerende grovfilter. Den anden gren henviser til et "defekt biofilter", hvor processer er blevet ustabile. Den sidste gren "dårlig vedligeholdelse" beskriver situationen, hvor biofilteret ikke er blevet vedligeholdt ordentligt. Et biofilter er en meget følsom rensningsproces, som let kan forstyrres af påvirkninger fra omgivelserne f.eks. temperatur.

9.3 Beskrivelse af projekteringsfejl/udførelsesfejl

I forbindelse med projektering/konstruktion/drift/vedligeholdelse af et gråvandsanlæg findes der ikke etableret retningslinier, ligesom tilfældet var for regnvandsanlæg. Derfor vil projekteringsfejl/udførelsesfejl ikke blive gennemgået for gråvandsanlæg.

Selvfølgelig gælder nogle af de samme retningslinier og forhold, som blev beskrevet under regnvandsanlæg. F.eks. gælder de samme retningslinier i forbindelse med etablering af efterfyldning af vandværksvand.

Betragtningerne omkring en studs på det lokale system (systemet der transporterer gråvand til genbrugsstederne) er de samme for gråvandsanlæg som for regnvandsanlæg. Desuden er der betragtningerne omkring den faste kortslutning, som ligeledes direkte kan overføres til gråvandsanlæg.

Generelt må det siges, at der ikke er store erfaringer med gråvandsanlæg herhjemme. Der er dog bygget enkelte anlæg, som er mere eller mindre velfungerende og kun opført på forsøgsbasis.

9.4 Resultater fra risikoanalysen af gråvandsanlæg

Formålet med risikoanalyse

Formålet med risikoanalysen for gråvandsanlæg er ligesom under regnvandsanlæg dels at give en beskrivelse af risici i forbindelse med konstruktion/udførelse/drift/vedligeholdelse af et gråvandsanlæg, og dels at danne grundlag for at kunne foreslå ændringer i design, som vil kunne reducere de beskrevne risici.

Ved at gennemføre risikoanalysen for gråvandsanlæg efter disse to retningslinier, er det muligt at identificere de største risici i forbindelse med drift og vedligeholdelse af et gråvandsanlæg.

Det er valgt ligesom for regnvandsanlæg ikke at tillægge de enkelte fejl, der er lokaliseret i et gråvandsanlæg en kvantitativ sandsynlighed, da erfaringsmaterialet for gråvandsanlæg er meget beskedent. For at kvantificere sandsynlighederne er det nødvendigt at foretage en meget grundig undersøgelse vedr. oplysninger om de enkelte komponenter, således at et fejlmønster kan estimeres.

Vægtning

Samme princip som beskrevet under regnvandsanlæg benyttes i stedet, hvor hver enkel fejl tillægges en vægtning. Der benyttes igen de samme vægtninger, som beskrevet under regnvandsanlæg.

- Meget sandsynligt -2
- Sandsynligt -4
- Sjældent -6
- Meget sjældent -8

Ved enkelte komponenter er vægtningen angivet som et interval, da komponenttypen kan variere. For de komponenter, som indgår i regnvandsanlæg, kan det bedste komponentvalg findes i Teknologisk Institut's anvisning /1/, det skal dog bemærkes, at komponenterne ikke udsættes for den samme belastning i de to typer anlæg. Derfor skal komponenterne vælges med omhu.

Fremhæve fejlsekvenser

Det er valgt at fremhæve nogle enkelte fejlsekvenser for de to fejltræ, som omfatter forureningsfare af det offentlige vandforsyningsnet, altså fejltræ 5 og fejltræ 6. Dette er gjort ud fra den tanke, at forureningsfaren er størst i disse tilfælde.

På Figur 9.6 ses to fejlsekvenser fra fejltræ 5 – spildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Fejlsekvens 5A er en af de mest sikre fejlsekvenser i dette fejltræ, mens fejlsekvens 5B er fejlsekvensen med den største risiko.

På Figur 9.10 ses to fejlsekvenser fra fejltræ 6 – gråtspildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Fejlsekvens 6A er igen en af de mest sikre fejlsekvenser i dette fejltræ, mens fejlsekvens 6B igen er fejlsekvensen med den største risiko.

Fejlsekvens 5A

opstuvning fra hovedkloak	[-4:-6]
↓	
slange fra luftgab til tank	[-6]
↓	
defekt magnetventil	[-2:-6]
↓	
tryk går af offentligt vandforsyningsnet	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
defekt rørfbryder	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
hovedkonsekvens (spildevand i offentlig vandforsyningsnet)	[-30:-34]

Fejlsekvens 5B

opstuvning fra hovedkloak	[-4:-6]
↓	
slange fra tapventil til tank	[-6]
↓	
tryk går af offentligt vandforsyningsnet	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
defekt rørfbryder	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
hovedkonsekvens (spildevand i offentlig vandforsyningsnet)	[-26:-28]

Figur 9.6

To fejlsekvenser fra fejltræ5 – spildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Den første fejlsekvens (fejlsekvens 5A) består af 7 fejl og har en samlede vægtning, der varierer mellem -30 og -34. Den anden fejlsekvens (fejlsekvens 5B) består af 6 fejl og har en samlede vægtning, der varierer mellem -26 og -28.

Fejlsekvens 6A

ledningsbrud i lokalt trykssystem	[-6]
↓	
defekt gulv afløb	[-4]
↓	
slange fra luftgab til tank	[-6]
↓	
defekt magnetventil	[-2:-6]
↓	
tryk går af offentligt vandforsyningsnet	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
defekt rørfbryder	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
hovedkonsekvens (gråt spildevand i offentligt vandforsyningsnet)	[-34:-38]

Fejlsekvens 6B

gråt spildevand i tank	
↓	
slange fra tapventil til tank	[-6]
↓	
tryk går af offentligt vandforsyningsnet	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
defekt rørfbryder	[-6]
↓	
defekt kontraventil	[-2]
↓	
hovedkonsekvens (gråt spildevand i offentligt vandforsyningsnet)	[-22]

Figur 9.10

To fejlsekvenser fra fejltræ 6 – gråt spildevand i det offentlige vandforsyningsnet. Den første fejlsekvens (fejlsekvens 6A) består af 8 fejl og har en samlede vægtning mellem -34 og -38. Den anden fejlsekvens (fejlsekvens 6B) består af 6 fejl og har en samlede vægtning på -22.

Lokalisering af farligste sted

Sammenholdes nu den fejlsekvens fra både fejltræ 5 og fejltræ 6, hvor den samlede vægtning har været lavest, fremgår det, at det mest kritiske sted på gråvandsanlægget er ved tapventilen. Det er det samme sted, som blev identificeret ved regnvandsanlægget. Det at rense tanken via en slange tilkoblet tapventilen, og så glemme denne i tanken samtidig med, at trykket går af det offentlige vandforsyningsnet, at to kontraventiler og en rørafbryder er defekte, er den fejlsekvens med størst risiko. For at få spildevand i den offentlige vandforsyning er det ligeledes en forudsætning, at der sker opstuvning til overløbskant af tanken.

Lille risici for spildevand i det offentlige vandforsyningsnet

Det skal dog bemærkes, at et gråvandsanlæg er rimeligt sikre mod forurening af det offentlige vandforsyningsnet med spildevand, da dette vil kræve opstuvning af spildevand til overløb af tank eller til luftgab. Og der vil dermed stå over en meter vandsøjle i kælderen.

Gråvandsanlæg rimelig sikre

Ud fra ovenstående må det fremhæves, at et gråvandsanlæg opbygget efter principskitsen på Figur 9.1 er et relativt sikkert anlæg, hvad angår risici for forurening af det offentlige vandforsyningsnet.

Vedligeholdelse er vigtig

Betragtes gråvandsanlæggets risici for at lede enten urensset gråt spildevand eller spildevand ind i det lokale systems wc cisterner, afhænger dette meget af vedligeholdelsen af anlægget. Hvilke ting, der kan gå galt fremgår af fejltræ 7 – spildevand i cisterner og fejltræ 8 – dårligt rensset gråt spildevand i cisterner. Ud fra erfaringer fra allerede opførte gråvandsanlæg, er det en veldokumenteret viden, at gråvandsanlæg kræver meget tilsyn, og den biologiske del er meget følsom over for ydre påvirkninger. Det skal dog igen bemærkes, at risikoen for at få spildevand i cisternerne er meget lille, da dette vil kræve opstuvning til kant af overløb i tank.

10 Konklusion og anbefalinger

På grundlag af metoder til teknisk risikoanalyse er der foretaget en systematisk gennemgang af regnvandsanlæg og gråvandsanlæg, på hvilket grundlag det kan konkluderes:

Metoden

Risikoanalyse

Teknisk risikoanalyse er en egnet metode til systematisk undersøgelse af hygiejniske risici ved anvendelse af vand fra regnafstrømning fra tage og rensed gråvand fra bad og vaskemaskine i husholdninger til toiletskyl og til vask. Metoden udgør et væsentligt supplement til risikovurderinger foretaget på grundlag af erfaring.

Regnvandsanlæg

Regnvandsanlæg

Spildevand i offentlig vandforsyning

Det kan konstateres, at de største risici ved de af Teknologisk Institut anbefalede udformninger af et regnvandsanlæg er forbundet med mulighederne for at foretage utilsigtede forbindelser mellem det ordinære rørsystem, som fører vandværksvand i husholdningen, og rørsystemet, som leder regnvandet til genanvendelse. Dette kan ske ved at en løs slange forbundet til det ordinære rørsystem efterlades i tanken under eller efter rensning, samtidig med at der sker opstuvning fra kloakken via defekt sikring, trykket går af vandforsyningen og to kontraventiler og en rørfbryder er defekt. Risikoen for at dette indtræffer anses for at være lille.

Regnvand i offentlig vandforsyning

Risikoen for regnvand i vandforsyningen er væsentligt større. Dette er forbundet med mulighederne for utilsigtet forbindelse mellem det ordinære rørsystem i husholdningen og rørsystemet, som leder regnvandet til genanvendelse. Dette kan ske ved at en løs slange forbundet til det ordinære rørsystem efterlades i tanken under eller efter rensning, samtidig med at trykket går af vandforsyningen, to kontraventiler og en rørfbryder er defekt. Risikoen for at dette indtræffer anses for at være lille.

Spildevand i lokalforsyningen

Risikoen for spildevand i den lokale vandforsyning er væsentligt større end risikoen for spildevand i den offentlige vandforsyning, fordi der kun skal ske indtrængning af spildevand ved opstuvning via defekt sikring. På grund af den meget mindre eksponering anses denne risiko for acceptabel.

Anlæg i kældre

Risikoen for spildevand i den offentlige vandforsyning eller i den lokale vandforsyning er væsentligt mindsket, såfremt anlægget er placeret i kældre. Dette skyldes, at spildevand skal opstuve til højde af overløb af tank eller til luftgab, hvilket er væsentligt mindre sandsynligt end opstuvning til nedgravet tank.

Projekteringsfejl/udførelsesfejl

Den største hygiejniske risiko ved afvigelse fra de af Teknologisk Institut anbefalede udformninger er, at der skabes fejltilslutning mellem det ordinære rørsystem i husholdningen og rørsystemet, som leder regnvandet til genanvendelse. Det anbefales at sørge

for omfattende og målrettet risikokommunikation til alle potentielle selvbyggere af regnvandsanlæg.

Gråvandsanlæg

Gråvandsanlæg

Der findes ikke en officielt "anbefalet" udformning af gråvandsanlæg. Det analyserede gråvandsanlæg er opbygget efter principper med hensyn til mindskelse af hygiejniske risici, som svarer til principperne for regnvandsanlæg.

Spildevand i offentlig vandforsyning

Risikoen for spildevand i den offentlige vandforsyning eller i den lokale vandforsyning er ringe, fordi anlægget er placeret i kælder. Dette skyldes, at spildevand skal opstuve til højde af overløb af tank eller til luftgab.

Gråvand i offentlig vandforsyning

Risikoen for gråvand i offentlig vandforsyning svarer til den ovenfor omtalte for regnvand i offentlig vandforsyning for regnvandsanlæg, men konsekvensen - og dermed risikoen - anses for større på grund af gråvandets større forurening. Risikoen øges ved ringe vedligeholdelse og tilsyn, da bakterierkoncentrationen dermed øges i gråvandet.

Dårligt rensset gråt spildevand

Ved ringe vedligeholdelse og tilsyn af gråvandsanlæg er risikoen for urensset gråvand i vaskemaskine og toilet stor.

Projekteringsfejl/udførelsesfejl

Den største hygiejniske risiko er, at der skabes fejltilslutning mellem det ordinære rørsystem i husholdningen med rørsystemet, som leder gråvandet til genanvendelse. Det anbefales at sørge for omfattende og målrettet risikokommunikation til alle potentielle selvbyggere af gråvandsanlæg.

Mærkning

Mærkning

Det anbefales at forlange klar og letlæselig mærkning af alle rør, som fører andet end ordinært vandforsyningsvand.

Sanktioner

Sanktioner

Fordi forurening af den offentlige vandforsyning berører mange mennesker, anbefales det, at der indføres sanktioner i tilfælde, hvor anlæg er udført forkert af ikke-autoriserede personer.

Risikovurdering

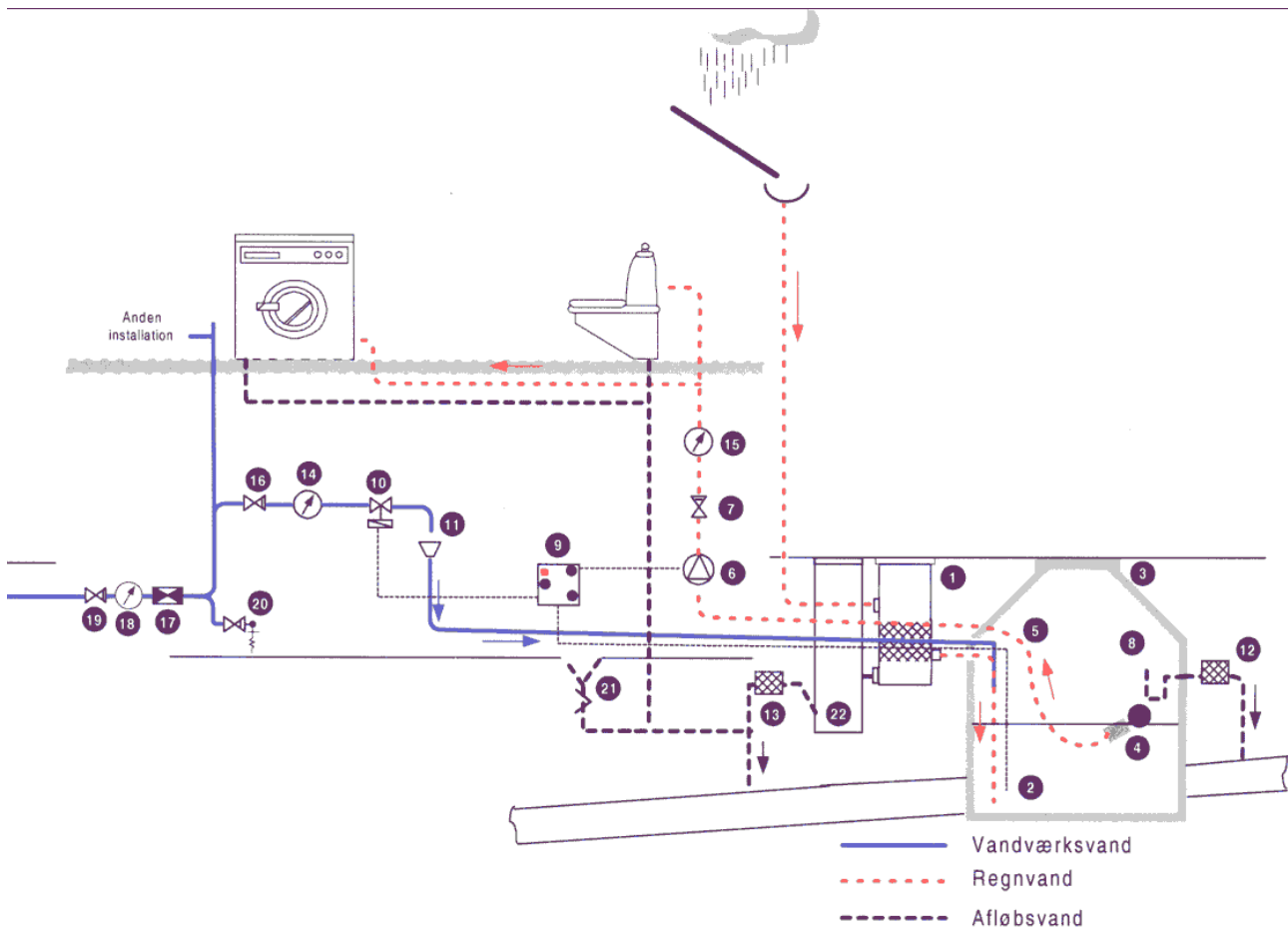
Risikovurdering

De analyserede risici ved et regnvandsanlæg opbygget efter Teknologisk Institut's anvisning er af styregruppen vurderet til at være acceptable. Det anbefales at lægge de analyserede risici for gråvandsanlæg til grund for endelig fastsættelse af acceptable risici og ved valg af velegnede anlægsudformninger for gråvandsanlæg. Forslag hertil er allerede udformet for så vidt angår regnvandsanlæg gennem det i projektperioden gennemførte samarbejde mellem Miljøstyrelsen, Teknologisk Institut og PH-Consult ApS ved de af Teknologisk Institut's anbefalede anlægsudformninger.

11 Litteraturliste

- /1/ "Brug af regnvand til wc-skyl og vaskemaskiner i boliger", 2000, Rørcenter-anvisning 003, Teknologisk Institut, Byggeri, Rørcentret. Udarbejdet for By- og Boligministeriet og Miljø- og Energiministeriet.
- /2/ "Microbiological contamination of drinking water", Laursen, E., Essay in Public Health, 1999.
- /3/ "Boligernes vandforbrug - Mikrobiologiske undersøgelser af regn- og gråvandsanlæg, Albrechten, H.-J., 1998. Udarbejdet for Miljøstyrelsen, Bolig og Byministeriet.
- /4/ "Reliability and Risk Assessment", Lektor Andrews, J.D. og Ingeniør Moss, T.R..
- /5/ "Probabilistic Risk Assessment – Reliability, Engineering, Design and Analysis", Henley, E.J. og Kumamoto, H.
- /6/ "SBI-anvisning 165, Vandinstallationer", Statens Byggeforskningsinstitut, 1990, Schmidt-Jørgensen, F., Nielsen V. og Ovesen, K.
- /7/ "Dansk Ingeniørforenings norm for vandinstallationer", 2.udgave maj 1989, Dansk Standard DS 439. Teknisk Forlag København, Normstyrelsens Publikationer.
- /8/ "Reliability, Maintainability and Risk", Smith, J., D., Fifth edition, 1997.

Bilag A - Beskrivelse af elementer til opbygning af fejltræ



Primære fejl

P1 – ”defekt magnetventil”

Magnetventilens funktion er at sikre, at der kun lejlighedsvis kan løbe vand fra vandværksledningen til regnvandstanken. Magnetventilen fungerer således, at den modtager et signal fra den automatiske styreenhed om, at der mangler vand i regnvandstanken. Dette bevirker, at der bliver åbnet for magnetventil og vandværksvand kan strømme ned i regnvandstanken. Er denne magnetventil defekt kan det medføre, at der er mulighed for, at spildevand/regnvand kan blive suget op i vandværksledningen, når der ikke er tryk på denne. Hvis magnetventilen bliver defekt, mens trykket er oppe i vandforsyningsledningen, ville der løbe vand fra luftgabet direkte i regnvandstanken.

P2 – defekt sikring mellem filter og hovedkloak

Sikringens funktion ved hovedkloakken er at sikre, at der ikke kan trænge spildevand fra kloakken op i regnvandsanlægget i de tilfælde, hvor der forefindes opstuvninger i kloakken. Hvis denne sikring er defekt, er der altså mulighed for, at spildevandet fra kloakken kan trænge ind i regnvandstanken og i yderste tilfælde ligeledes kan suges op i det offentlige vandforsyningssystem. Hele problematikken omkring sikringens udformning er forklaret i rapporten.

P3 – defekt sikring ved overløb fra tank

Sikringens funktion ved overløbet i regnvandstanken er at sikre, at der kun kan ledes regnvand væk fra tanken i de tilfælde, hvor det regner så meget, at alt regnvandet ikke kan opmagasineres. Afhængig af hvor overløbet ledes ud til, er det ligeledes sikringens funktion at forhindre enten spildevand eller grundvand i at trænge ind i regnvandstanken. Ledes overløbet ud til kloakken eller en faldstamme, er der mulighed for, at spildevand kan trænge ind i tanken, hvis sikringen er defekt, og der sker opstuvning. Hvis overløbet er koblet på et nedsivningsanlæg, er der mulighed for, at grundvand kan trænge ind i regnvandstanken. Der henvises ligeledes her til forklaringen omkring sikring i rapporten.

P4 – ledningsbrud i lokalt trykssystem

Denne primære fejl beskriver et almindeligt ledningsbrud på et rør, som transporterer regnvand i stedet for vandværksvand i boligen. I visse fejltilfælde kan dette rør ligeledes transportere spildevand, hvis der er trængt spildevand ind i regnvandstanken. Dette betyder, at der kan ske udledning af urent vand i kælderen.

P5 – defekt filter

Filterets funktion er at frasortere store partikler i regnvandet, således at blade og store fugleklatrer ikke ender i regnvandstanken. Dette filter kan være defekt pga. mange forskellige årsager afhængig af, hvilket filter der er benyttet til det enkelte anlæg. Hvis filteret stopper helt til, kan der ikke komme vand i regnvandstanken. Hvis dette sker kan der opstå en situation, hvor tilstopningen bliver et incitament til at fjerne filteret. Dette er egentlig en betjeningsfejl, men er medtaget under "defekt filter".

P6 – defekt gulvafløb

Ved defekt gulvafløb menes, at gulvafløbet er blevet tilstoppet, således at vand i kælderen ikke kan ledes til kloakken. Der kan være tale om et stykke stof eller blade, der har forårsaget tilstopningen.

P7 – defekt kontraventil

Kontraventilen i forbindelse med vandmåleren samt kontraventilen i forbindelse med tapventilen kan være defekt, således at denne ikke kan stoppe tilbagesugningen.

P8 – defekt rørfbryder

Rørfbryderen, som er placeret på stikledningen til den enkelte husstand, er rimelig sikker. Denne kan dog som alle andre komponenter fejle.

P9 – defekt niveauelement

I tanken er der placeret en niveauføler, som registrerer, hvornår vandstanden i tanken nå et minimum. Derved sendes et signal til den automatiske styreenhed og magnetventilen aktiveres. Hvis denne niveauføler er defekt, sendes der ikke noget signal videre.

P10 – defekt styreenhed

Den automatiske styreenhed skal modtage signal fra niveauføleren og sende et signal til magnetventilen. Hvis styreenheden er defekt sendes intet signal videre og dermed aktiveres magnetventilen ikke.

Sekundær fejl – nabokompoment

Sa1 – tilstopning af indløb til regnvandstank pga. regnvand

Hvis filteret f.eks. stopper til, og der dermed kommer ufiltreret regnvand ind i tanken, kan dette indeholde store partikler og urenheder, som tilstopper indløbet af tanken. Tilstopningen kan ligeledes skyldes bundslam i regnvandstanken.

Sa2 – tilstopning af indløb til regnvandstank pga. spildevand

Hvis sikringen fra hovedkloakken f.eks. er defekt og der dermed kan ledes spildevand ind i tanken, kan dette indeholde store partikler og urenheder, som tilstopper indløbet af tanken.

Sekundær fejl – omgivelser

Sb1 – tryk går af offentligt vandforsyningsnet

Det sker engang i mellem, at trykket går af det offentlige vandforsyningsnet. Det kan f.eks. skyldes ledningsbrud eller en defekt pumpe på vandværket. Dette betyder, at der ikke længere er tryk på vandværksledningen, og det kan føre til indsugning af urent vand, hvis en forbindelse forefindes.

Sb2 – tryk i lokalt system er større end i off. vandforsyningsnet

Betragtes det lokale tryksystem, hermed menes nedstrøms pumpen, der pumper regnvand rundt i ledningerne, der forsyner f.eks. vaskemaskine og toilet, er der mulighed for at opnå et tryk, der er større end trykket i det offentlige vandforsyningssystem afhængig af vandforbruget i området. Skabes der en forbindelse mellem det offentlige vandforsyningsnet og det lokale tryksystem (en betjeningsfejl), og trykket samtidig er større i det lokale vandforsyningsnet, vil der ske indsugning af urent vand i det offentlige vandforsyningsnet.

Sb3 – opstuvning fra hovedkloak

Opstuvning af spildevand fra kloakkerne er en ofte diskuteret begivenhed. Det er ikke alle steder, at vores kloaksystem er gearret til at klare de helt store regnskyl. Dette kan medføre opstuvninger i systemet. Hyppigheden afhænger af ledningsnettets udformning og regnintensiteten i en regnhændelse i oplandet. Det er ligeledes muligt, at enkelte strækninger i visse perioder bliver tilstoppet pga. urenheder i spildevandet. Det vil ligeledes medføre opstuvning. Derfor kan det ikke undgås, at der vil forekomme opstuvninger i kloakken på geografisk udsatte områder.

Sb4 – opstuvning fra overløb i tank

Hvis overløbet er tilsluttet kloakken, er der her tale om opstuvning af spildevand, og der henvises til beskrivelsen under Sb3.

Sb5 – kraftigt regnvejr

Dette er en omgivelsesfejl, som refererer til vejret. I tilfælde af kraftigt regn, kan tankvolumenet i visse tilfælde ikke opmagasinere hele vandmængden, hvilket resulterer i overløb fra tanken, såfremt dette fungerer optimalt. Denne fejl er geografisk afhængig, da regnen varierer meget set geografisk. Endda lokalt kan denne faktor have stor betydning, da der lokalt kan observeres store variationer i nedbørsmængden.

Sekundær fejl – betjening

Sc1 – kortslutning til lokalt trykssystem via forbindelse opstrøms magnetventil

Dette er en betjeningsfejl, da det ikke er en forbindelse, som er meningen. Der er her tale om en kortslutning mellem det lokale trykssystem og opstrøms magnetventilen på vandværksledningen (f.eks. via en hane). Forestiller man sig f.eks., at sugefilteret nede i regnvandstanken er defekt, og det dermed ikke er muligt at gå på toilettet eller vaske tøj, så finder man på den smarte ide at forbinde det lokale trykssystem med den offentlige vandværksledning. Hermed er der skabt en transportvej for det urene vand ind i det offentlige vandforsyningsnet. Det skal dog bemærkes, at der som et ekstra sikkerhedsniveau er placeret en kontraventil i forbindelse med vandmåleren.

Sc2 – kortslutning af luftgab (slange fra luftgab til enten gulv eller tank)

Hermed forstås en forbindelse mellem vandværksledningsenden ved luftgabet og enten regnvandstanken eller gulvet. F.eks. kan man forestille sig, at tanken skal spules, og man påhæfter en slange på vandværksledningen og åbner for magnetventilen. Efter spulingen fjernes slangen ikke, da det vil lette spulingen næste gang. Hermed er der skabt en transport vej for det urene vand ind i det offentlige vandforsyningsnet. En anden mulighed er, at slangen tages op fra tanken og efterlades hængende over gulvet.

Sc3 – kortslutning til lokalt trykssystem via luftgab

Dette er en kortslutningsfejl, der svarer til den beskrevet under Sc1. Forskellen er dog, at der her er tale om en kortslutning nedstrøms magnetventilen, således at magnetventil skal være defekt i dette tilfælde, for at en given uønsket konsekvens skal indtræffe i modsætning til tilfældet beskrevet under Sc1.

Sc4 – kortslutning mellem tapventil og tank

Dette er en kortslutningsfejl, som beskriver den situation, hvor tanken skal renses. Der bliver koblet en slange på tapventilen, hvorefter denne efterlades i tanken. Hvis situationen opstår, hvor trykket går af vandforsyningsnettet og en defekt rørafbryder samt to defekte kontraventiler, er der mulighed for tilbagesug.

Konsekvens-elementer

K1 - spildevand i offentligt vandforsyningsnet

Denne konsekvens henviser til, at der på en eller anden måde er trængt spildevand ind i det offentlige vandforsyningsnet.

K2 – manglende magnetventil funktion

Der henvises til, at magnetventilen på vandværksledningen ikke fungerer optimalt. Denne kan enten være defekt eller være påvirket af en nabokomponent, således at ventilen ikke virker hensigtsmæssigt.

K3 – spildevand i regnvandstank

Denne konsekvens betyder, at der er trængt spildevand ind i regnvandstanken. Dette kan enten ske ved opstuvning fra hovedkloakken eller opstuvning fra overløbet i regnvandstanken.

K4 - spildevand i kælder

Der tænkes her på, at spildevandet er trængt ind i kælderen. Dette kan ske ved opstuvning i gulv afløb, lokalt ledningsbrud såfremt ledningen transporterer spildevand, opstuvning i regnvandstank eller opstuvning i rør førende til luftgab. Ved de sidste to tilfælde forudsættes det, at spildevand er trængt ind i regnvandstanken.

K5 – opstuvning i gulv afløb

Sker der opstuvning i kloakken, og der eksisterer et gulv afløb i kælderen, er der mulighed for opstuvning i gulv afløb.

K6 – opstuvning i regntank

Der tænkes her på, at der sker opstuvning i regnvandstanken enten på grund af et kraftigt regnvejr eller på grund af opstuvning i kloakken, hvilket har medført indtrængning af spildevand i regnvandstanken (dette forudsætter dog en defekt sikring). Desuden er det nødvendigt, at sikringen ved overløbet i regnvandstanken er defekt, da dette ellers ville sætte begrænsning på opstuvningen i tanken.

K7 – opstuvning i rør førende til luftgab

I tilfælde af, at der ikke er nok regnvand i regnvandstanken til WC-skyl og vaskemaskine, er det nødvendigt at supplere med vandværksvand. Dette ledes via et rør ned til regnvandstanken. Hvis indløbet af dette rør til regnvandstanken bliver tilstoppet pga. spildevand eller regnvand, vil der ske opstuvning i røret.

K8 – regnvand i det offentlige vandforsyningsnet

Denne konsekvens henviser til, at der på en eller anden måde er trængt regnvand ind i det offentlige vandforsyningsnet.

K9 – opstuvning i kælder højere end placering af luftgab

Denne konsekvens henviser til, at der sker opstuvning i kælder af enten spildevand eller regnvand som når et niveau, der ligger højere end luftgabet. Hermed er der en direkte forbindelse til det offentlige vandforsyningsnet, hvis trykket skulle gå af nettet og magnetventilen være defekt.

K10 – regnvand i kælder

Der tænkes her på, at regnvandet er trængt ind i kælderen. Dette kan ske ved lokalt ledningsbrud, opstuvning i regnvandstank eller opstuvning i rør førende til luftgab.

K11 – spildevand i lokalt net

Der tænkes her på, at der er trængt spildevand ind i regnvandstanken, som hermed fordeles via pumpen til det lokale net bestående af toilet og vaskemaskine.

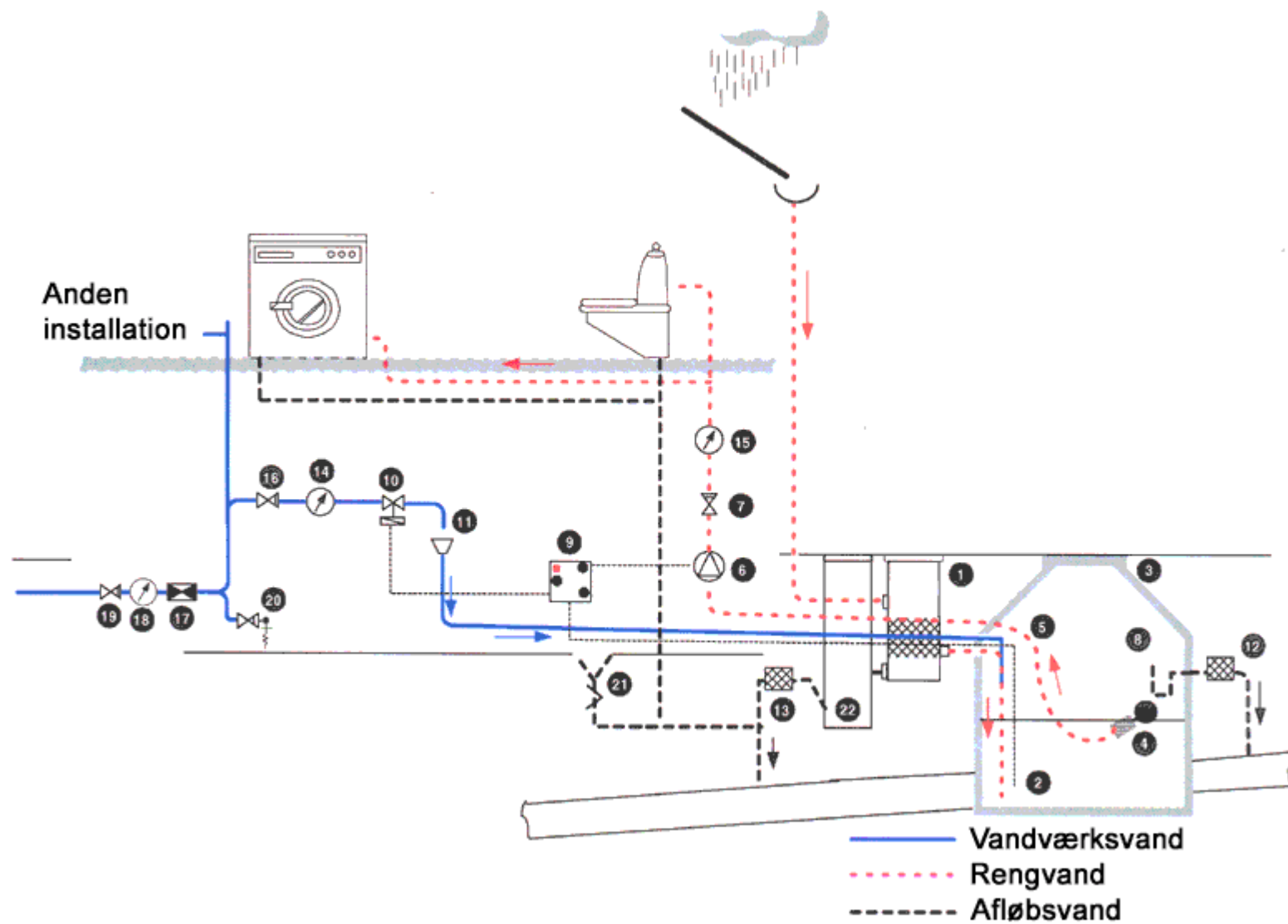
K12 – opstuvning i kælder

Der henvises i denne konsekvens til, at gulv afløbet i kælderen er defekt, hvorved der er mulighed for opstuvning af enten spildevand eller regnvand, hvis der f.eks. sker brud på det lokale trykssystem.

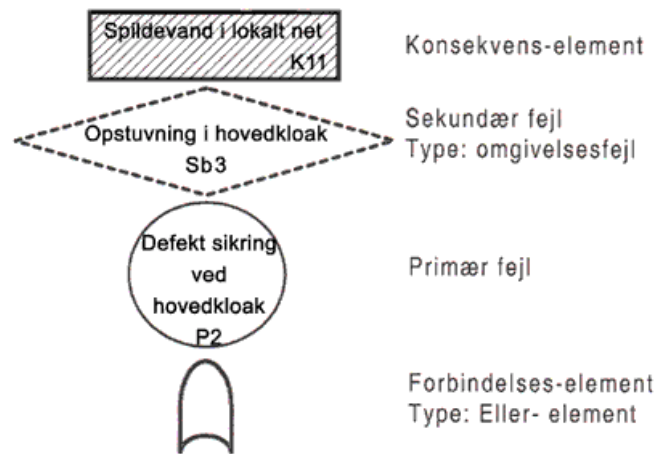
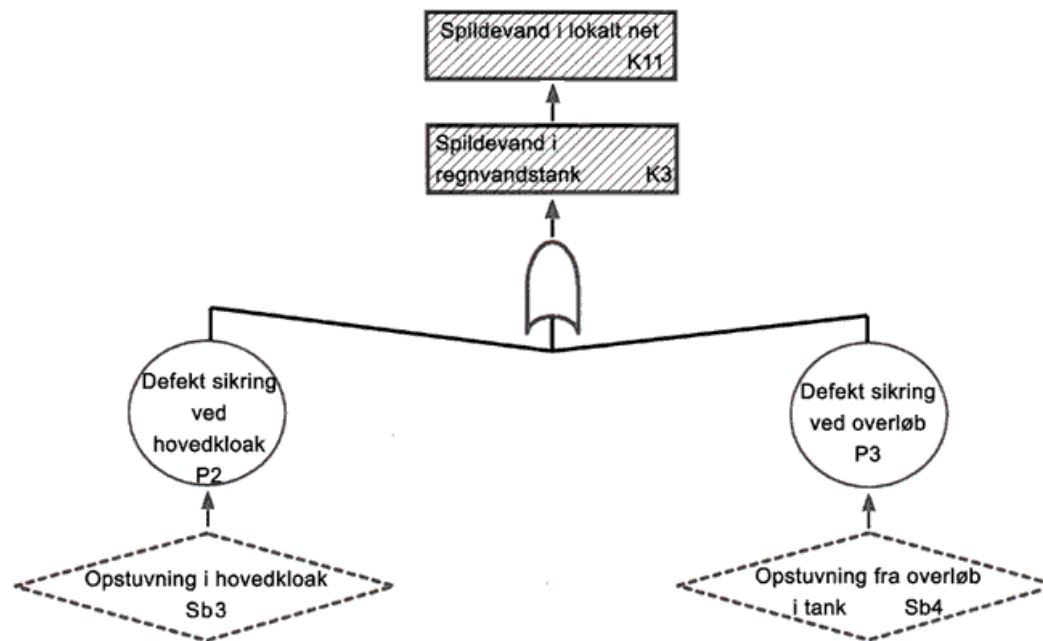
K13 – styringsfejl ved magnetventil

Enten en fejl i niveauelementet eller i styreenheden bevirker, at der opstår en styringsfejl i magnetventilen. Magnetventilen aktiveres ikke.

Bilag B

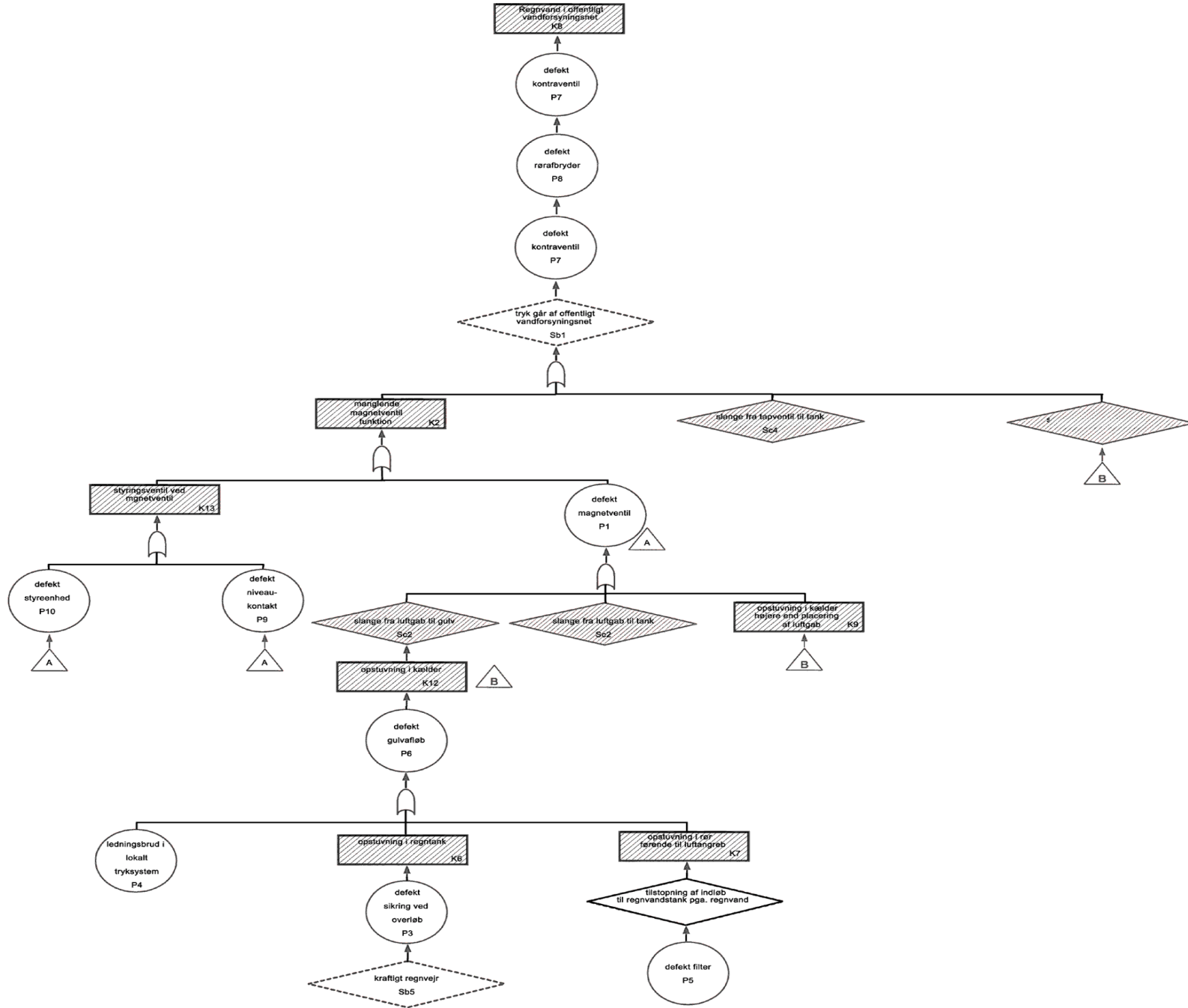


Fejltræ 1
Spildevand i det lokale net



Fejltræ 2

Regnvand i det offentlige vandforsyningsnet





Fejltræets del kaldt "B"
skal placeres her



Fejltræets under denne
trekant benævnes "B"



Tilstandsboks



Forbindelses-element
Type: Eller-element



Primær fejl. Uafhængig



Konsekvens-element



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: omgivelsesfejl



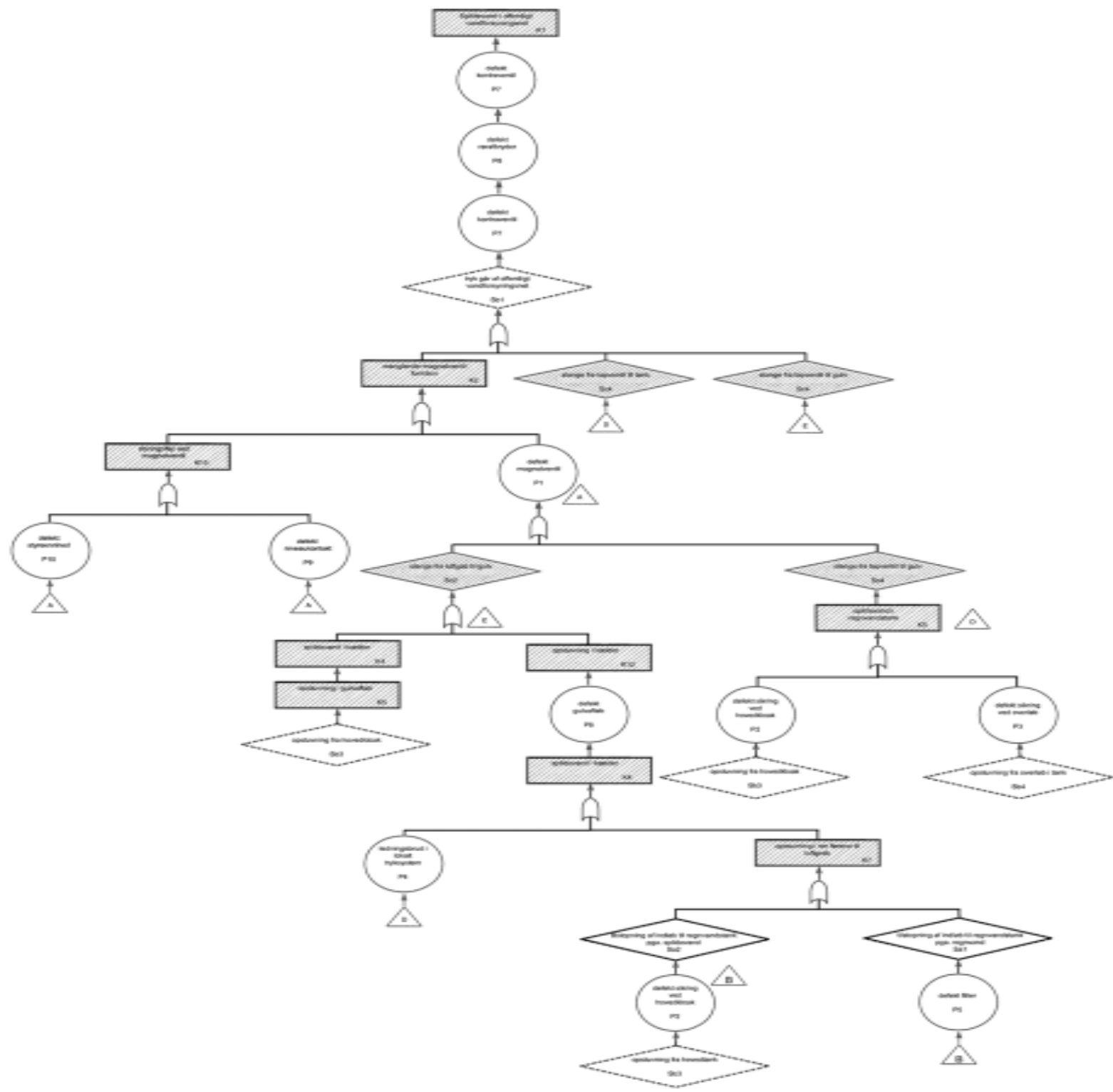
Sekundær fejl. Betinget
Type: nabokomponentfejl



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: betjeningsfejl

Fejltræ 3

Spildevand i det offentlige vandforsyningsnet





Fejltræets del kaldt "B" skal placeres her



Fejltræets under denne trekant benævnes "B"



Tilstandsboks



Forbindelses-element
Type: Eller-element



Primær fejl. Uafhængig



Konsekvens-element



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: omgivelsesfejl

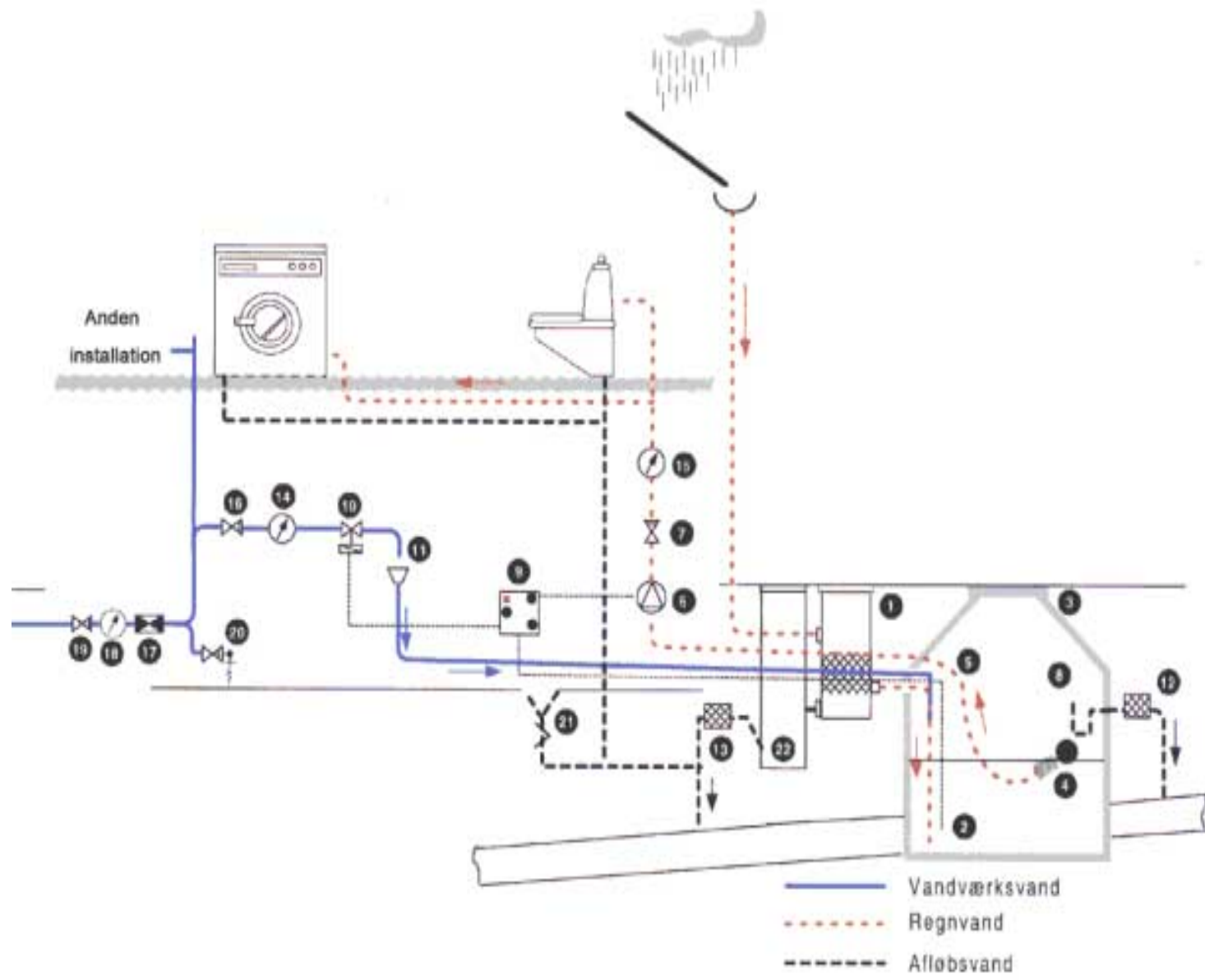


Sekundær fejl. Betinget
Type: nabokomponentfejl

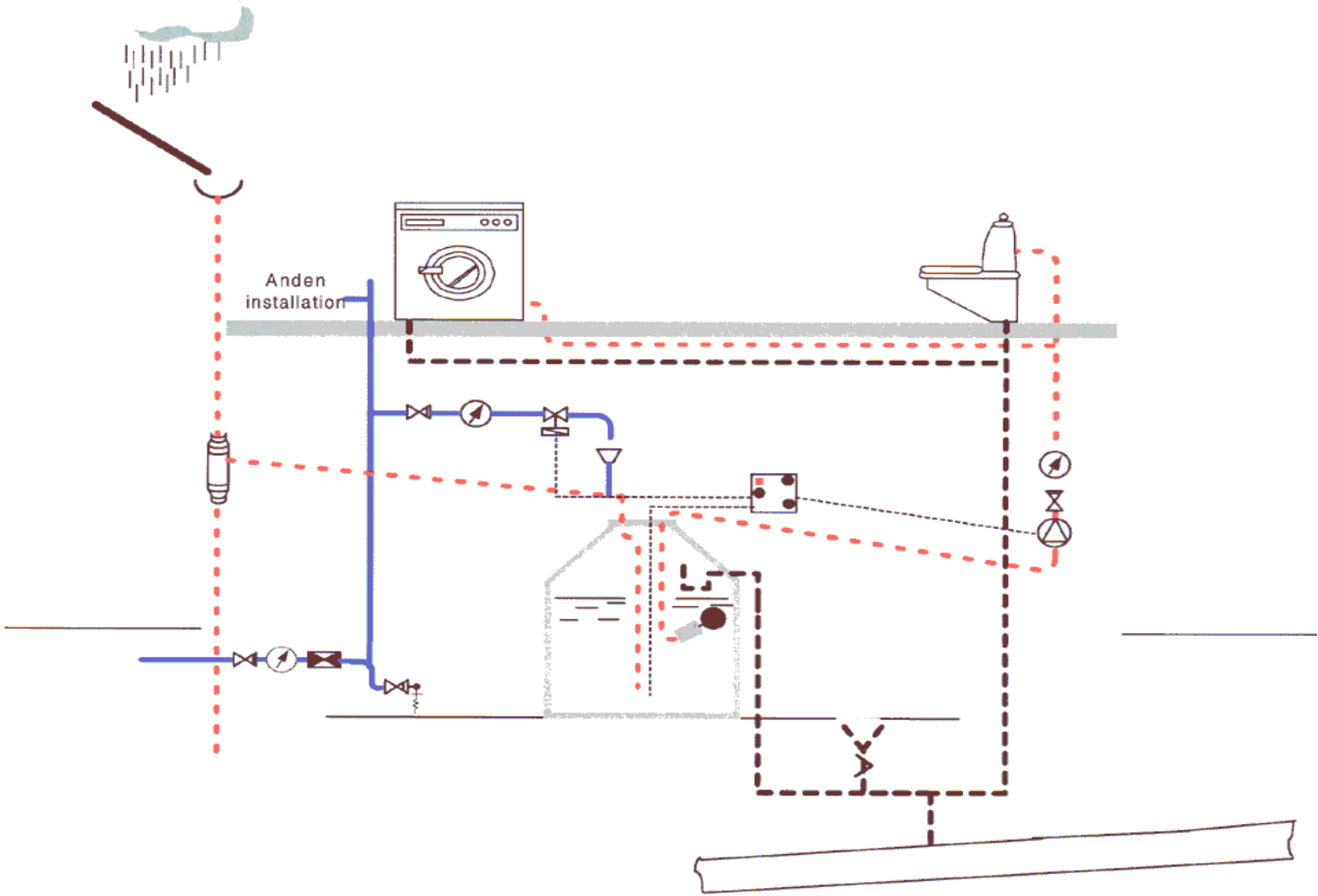


Sekundær fejl. Uafhængig
Type: betjeningsfejl

Bilag C Regnvandsanlæg i kældre

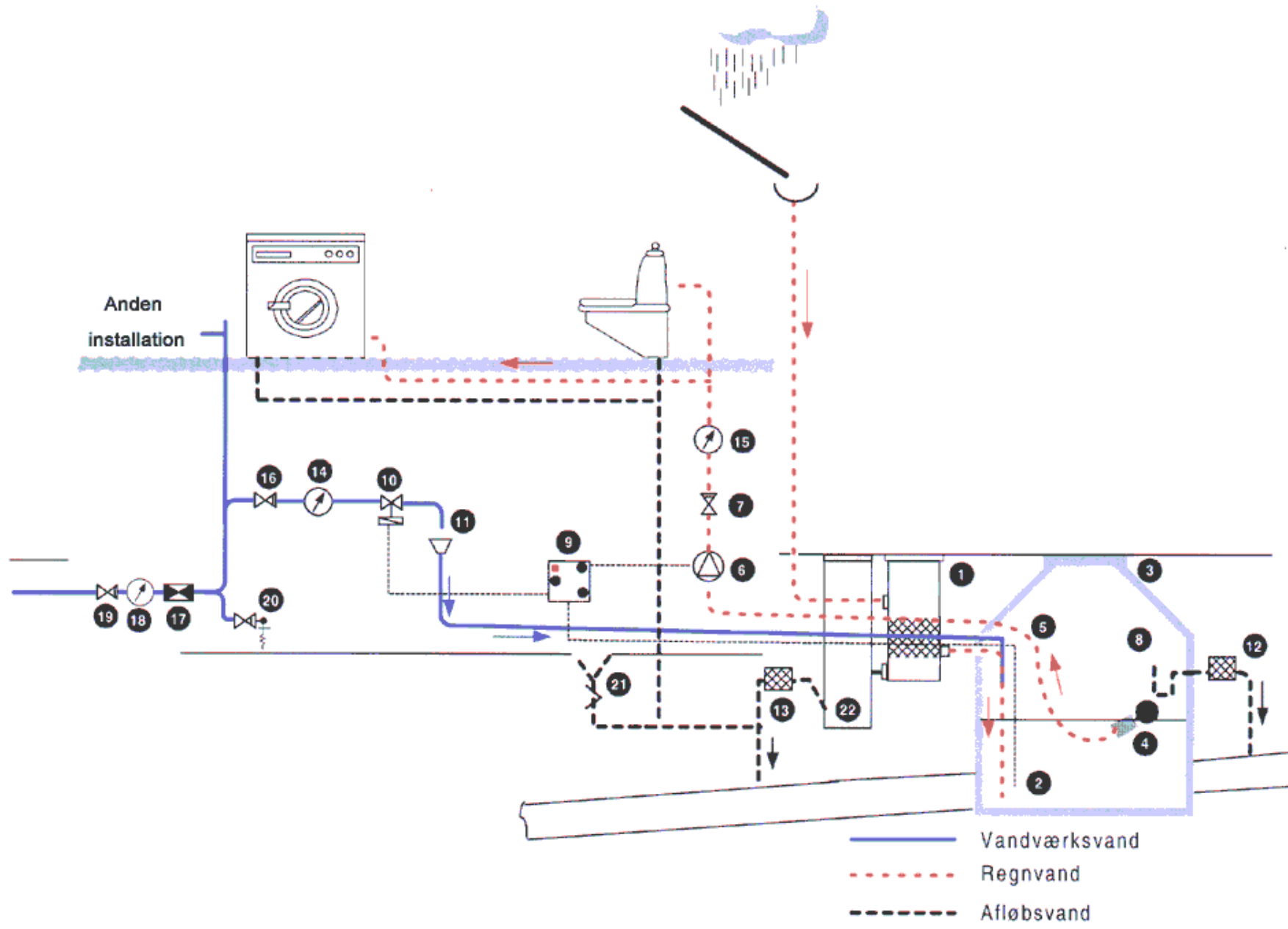


Regnvandsanlæg i kælder



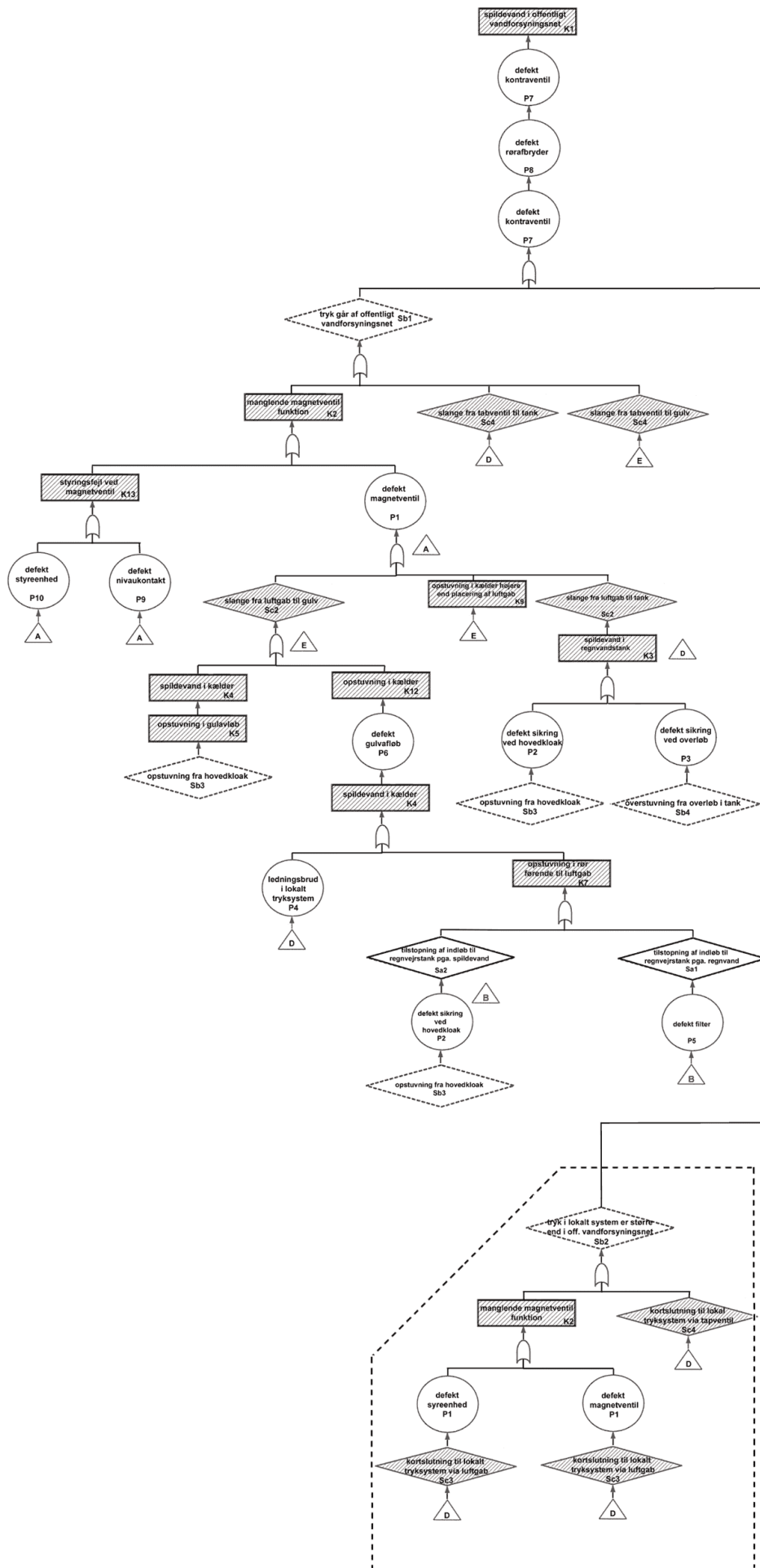
Bilag D

Fejltræ for studs på lokalt net

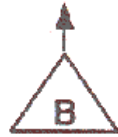


Fejltræ 4

Spildevand i det offentlige vandforsyningsnet - studs på lokalt net



Tilføjelse til fejltræ 3 på grund af studs på regnvandsnettet



Fejltræets del kaldt "B" skal placeres her



Fejltræets under denne trekant benævnes "B"



Tilstandsboks



Forbindelses-element
Type: Eller-element



Primær fejl. Uafhængig



Konsekvens-element



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: omgivelsesfejl

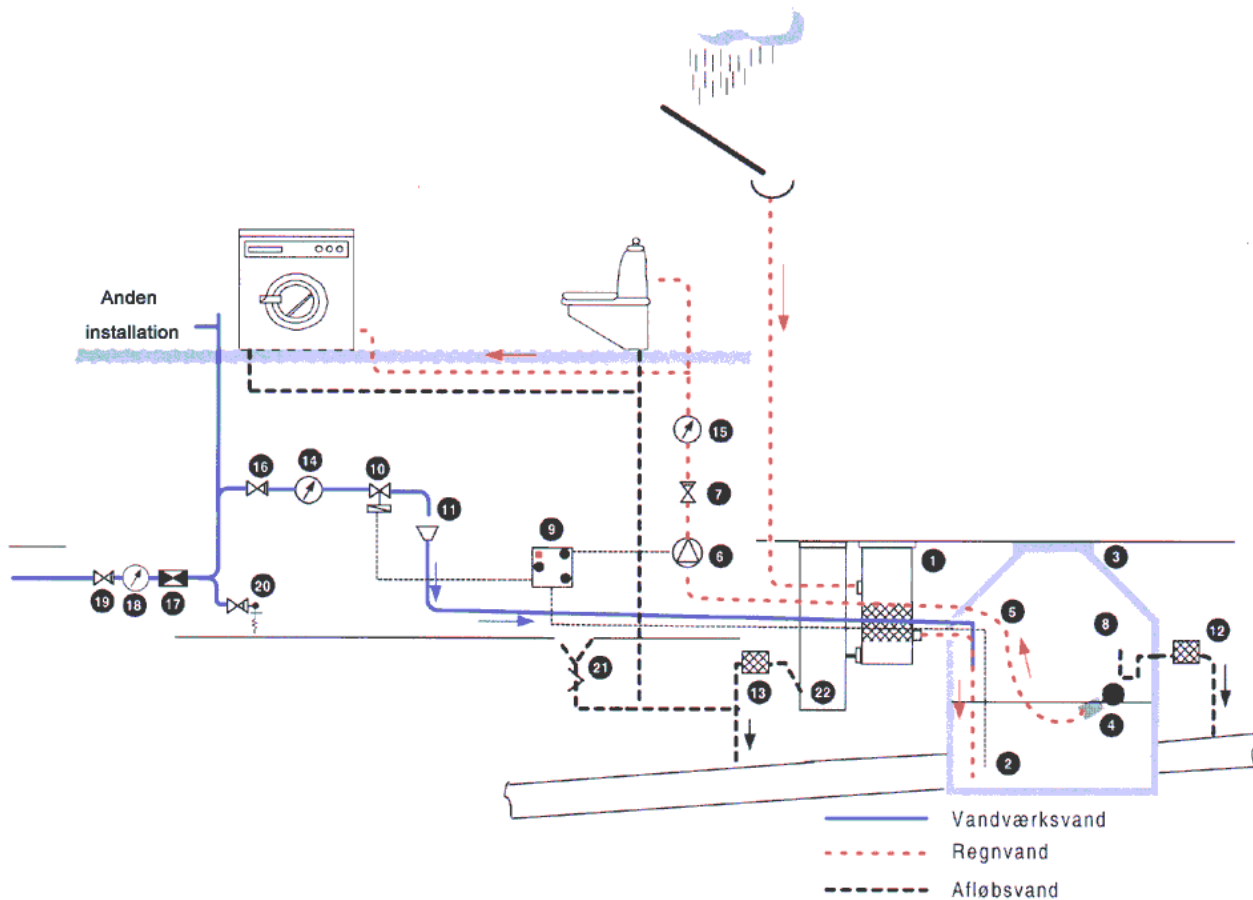


Sekundær fejl. Betinget
Type: nabokomponentfejl

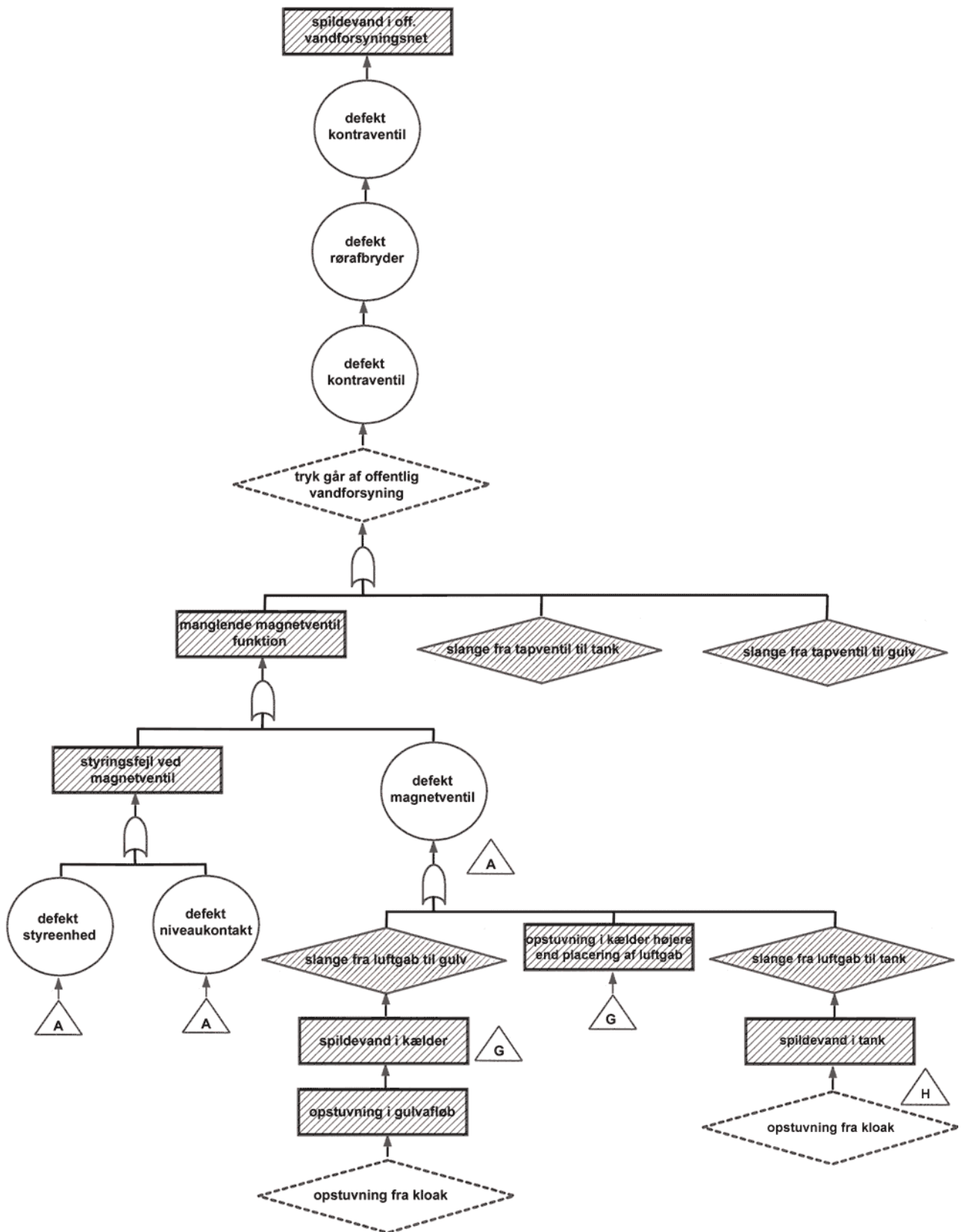


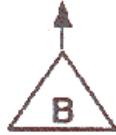
Sekundær fejl. Uafhængig
Type: betjeningsfejl

Bilag E Fejltræer for gråvandsanlæg



Fejltræ 5
 Spildevand i det offentlige vandforsyningsnet





Fejltræets del kaldt "B" skal placeres her



Fejltræets under denne trekant benævnes "B"



Tilstandsboks



Forbindelses-element
Type: Eller-element



Primær fejl. Uafhængig



Konsekvens-element



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: omgivelsesfejl

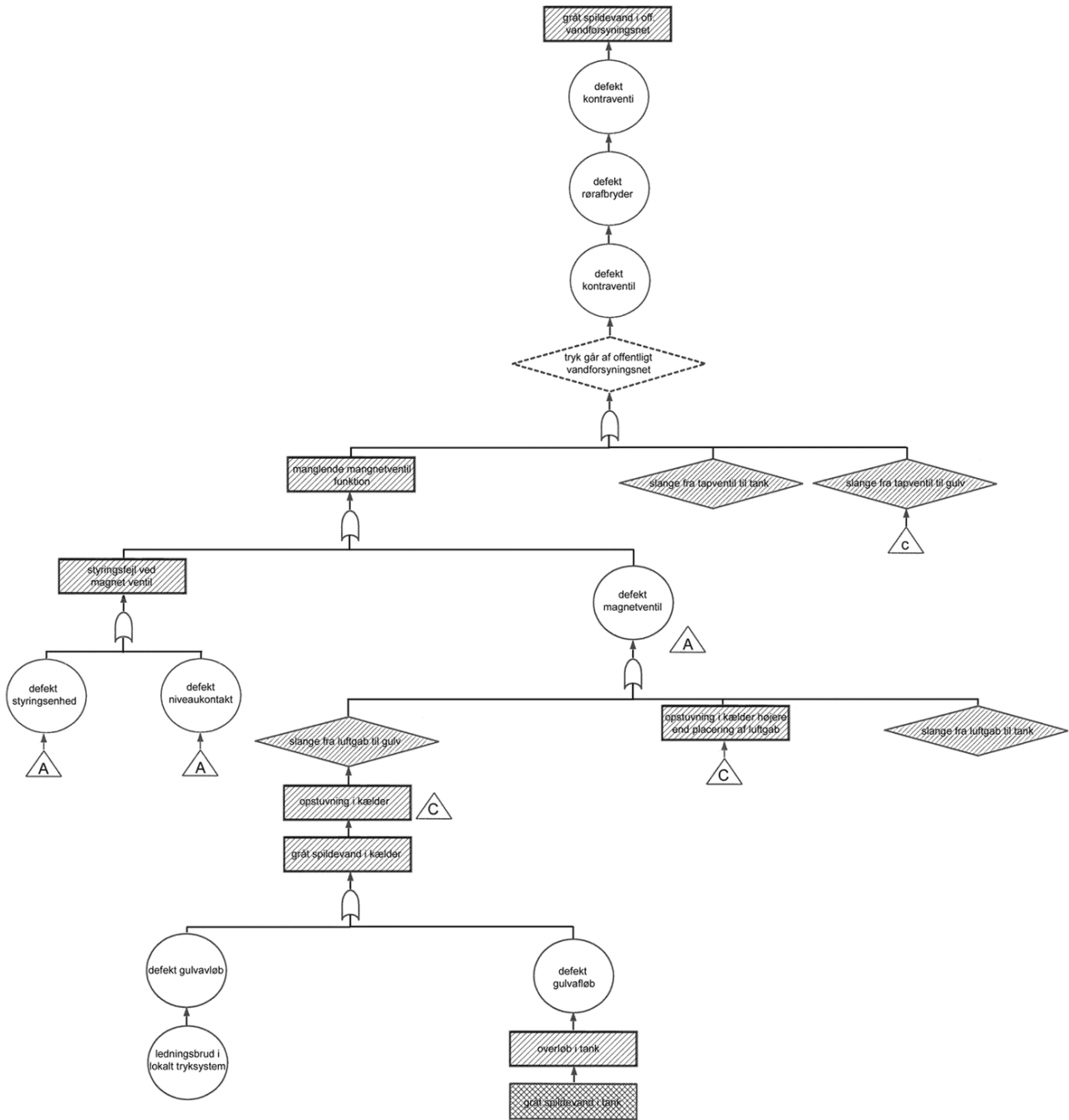


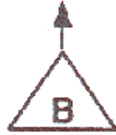
Sekundær fejl. Betinget
Type: nabokomponentfejl



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: betjeningsfejl

Fejltræ 6
 gråt spildevand i det offentlige vandforsyningsnet





Fejltræets del kaldt "B" skal placeres her



Fejltræets under denne trekant benævnes "B"



Tilstandsboks



Forbindelses-element
Type: Eller-element



Primær fejl. Uafhængig



Konsekvens-element



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: omgivelsesfejl

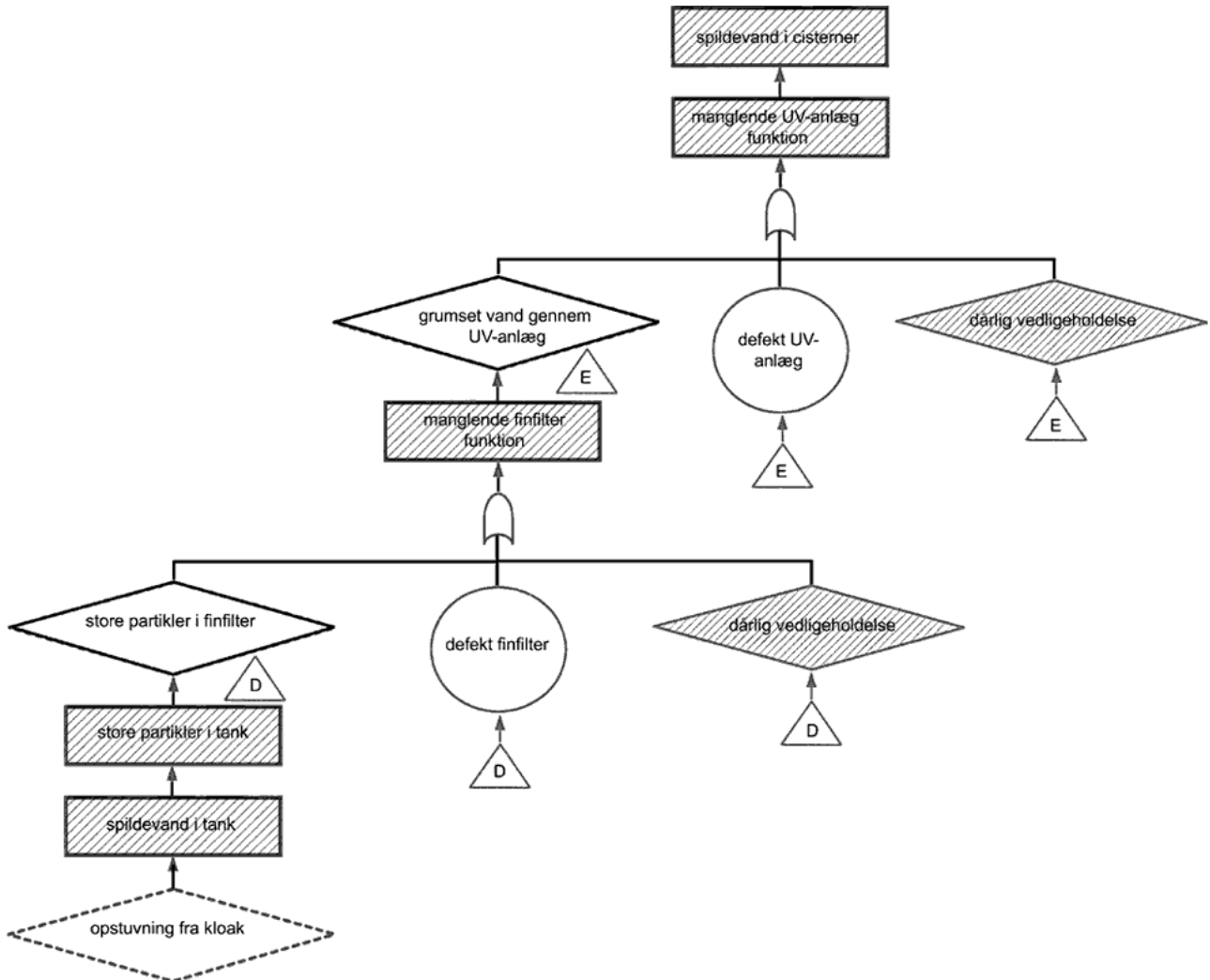


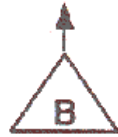
Sekundær fejl. Betinget
Type: nabokomponentfejl



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: betjeningsfejl

Fejltræ 7
Spildevand i cisternene





Fejltræets del kaldt "B" skal placeres her



Fejltræets under denne trekant benævnes "B"



Tilstandsboks



Forbindelses-element
Type: Eller-element



Primær fejl. Uafhængig



Konsekvens-element



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: omgivelsesfejl



Sekundær fejl. Betinget
Type: nabokomponentfejl



Sekundær fejl. Uafhængig
Type: betjeningsfejl

Fejltræ 8
 Gråt spildevand i cisternerne

