

SAFEN



SAFEN - Hva er de viktigste utfordringene fremover innen risiko og pålitelighet?

05.06.2024 Ingar Fossan

SAFEN 

 safetec

 proactima

 Vysus Group

GEXCON

 DNV

equinor 

 GASSCO

 origin

 vår energi

 Gen₂ Energy

 YARA



AKER HORIZONS

STOREGDA

 HYDS
Hydrogen Solutions

Swagelok
Swagelok Norway

 GREENH

 energy
institute

 Sjøfartsdirektoratet
Norwegian Maritime Authority

 dsb
Direktoratet for
samfunnsikkerhet
og beredskap

 RIVM
National Institute for Public Health
and the Environment
Ministry of Health, Welfare and Sport

Safety challenges in the hydrogen, ammonia and CCS value chain

Maritime

Need to prove that alternative solution is as safe as conventional technology



Alternative

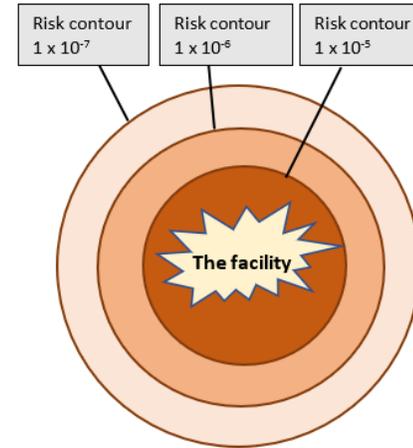


Conventional



Land based production facilities

Storage of large amounts of H₂, NH₃ and CO₂
What is the required safety distance?

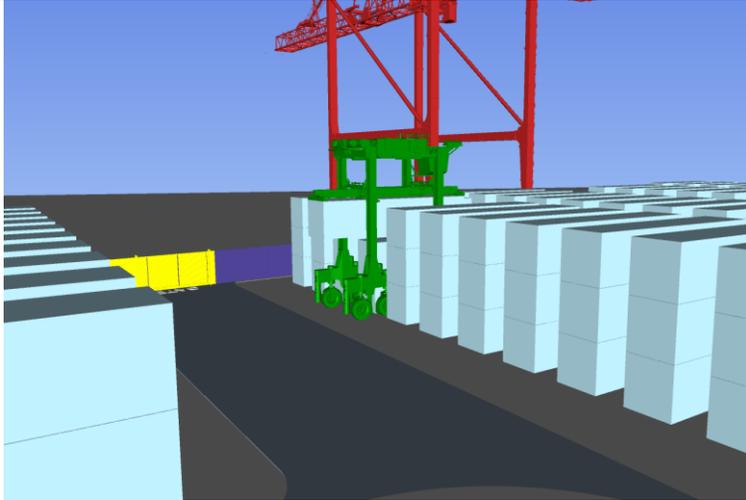


Loading, bunkering and refuelling operations

High transfer rates
Human operations



Loss of containment - large scale GH2 storage?



**Containerized storage solutions
(permanent or mobile)**

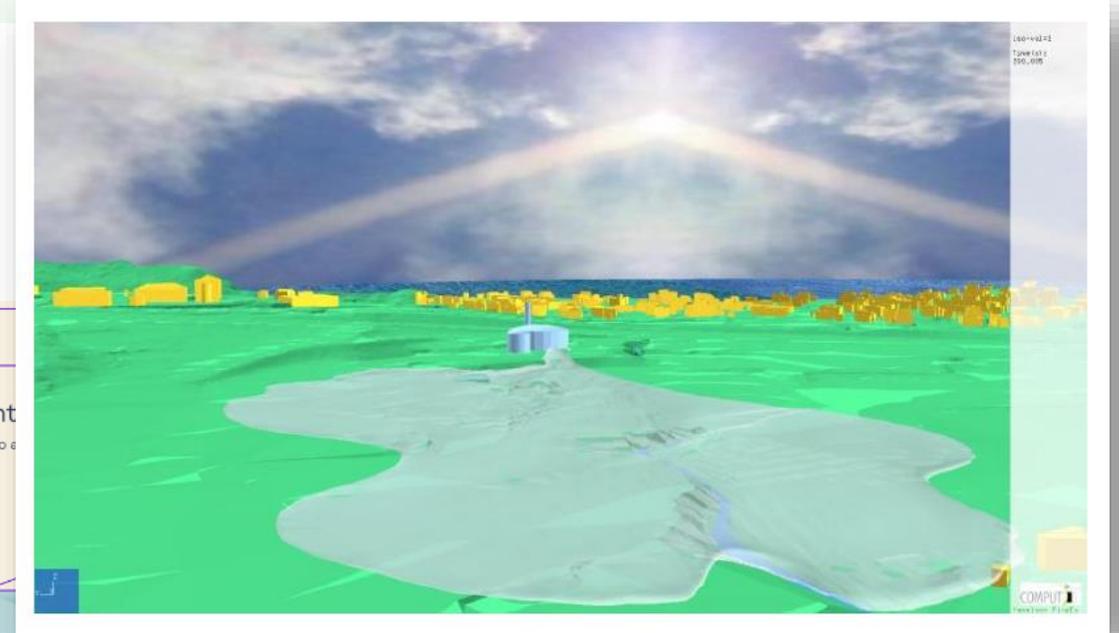
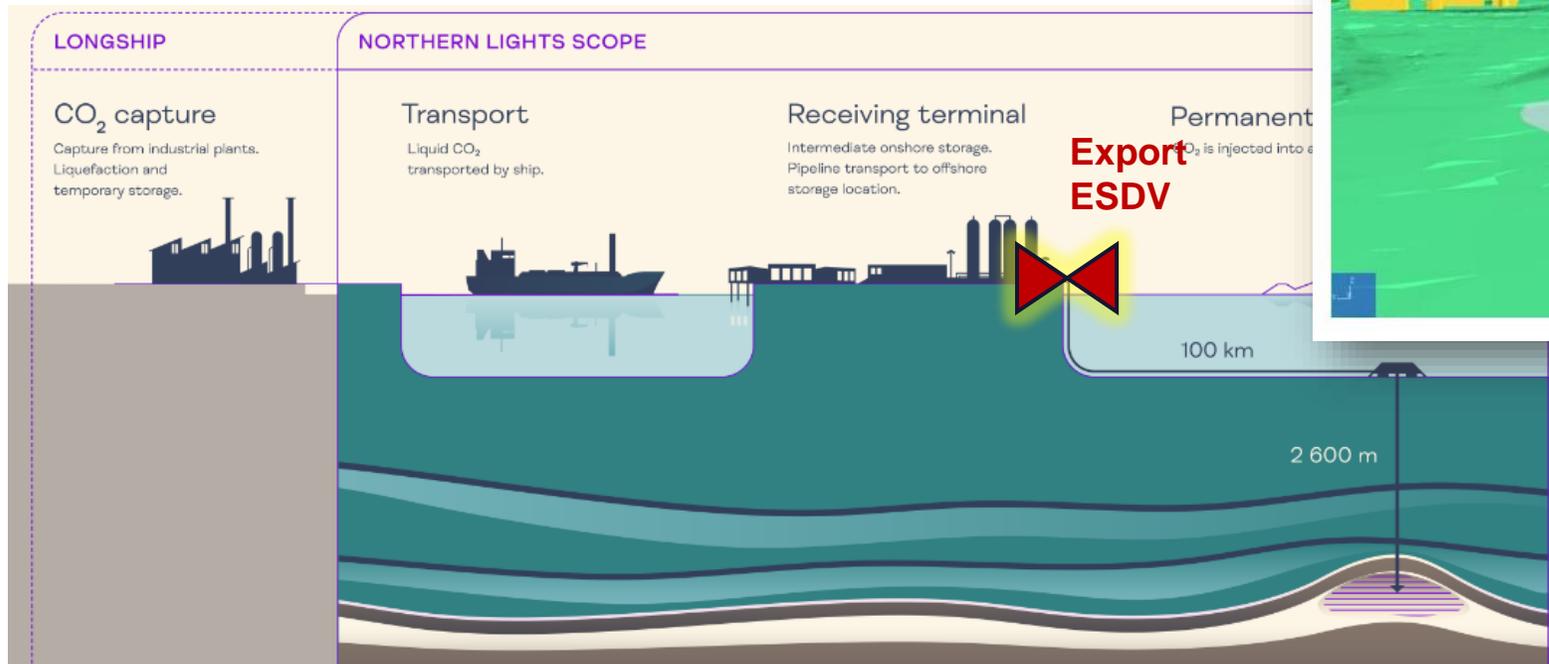


Transport modules

- 1) What is the frequency for leaks for such a design, can we extrapolate linearly from existing models; $63 \text{ tanks} \cdot x \cdot 10^{-y}$ ruptures per tank/year?
- 2) Better with few big tanks instead of many small tanks?
- 3) In societal perspective: better with several small sites with fewer tanks?

Loss of containment - CO2 export pipeline ESDV?

A large dense cloud develops upon large leaks from the EV or pipeline – the long duration implies high probability for asphyxiation of 3rd parties

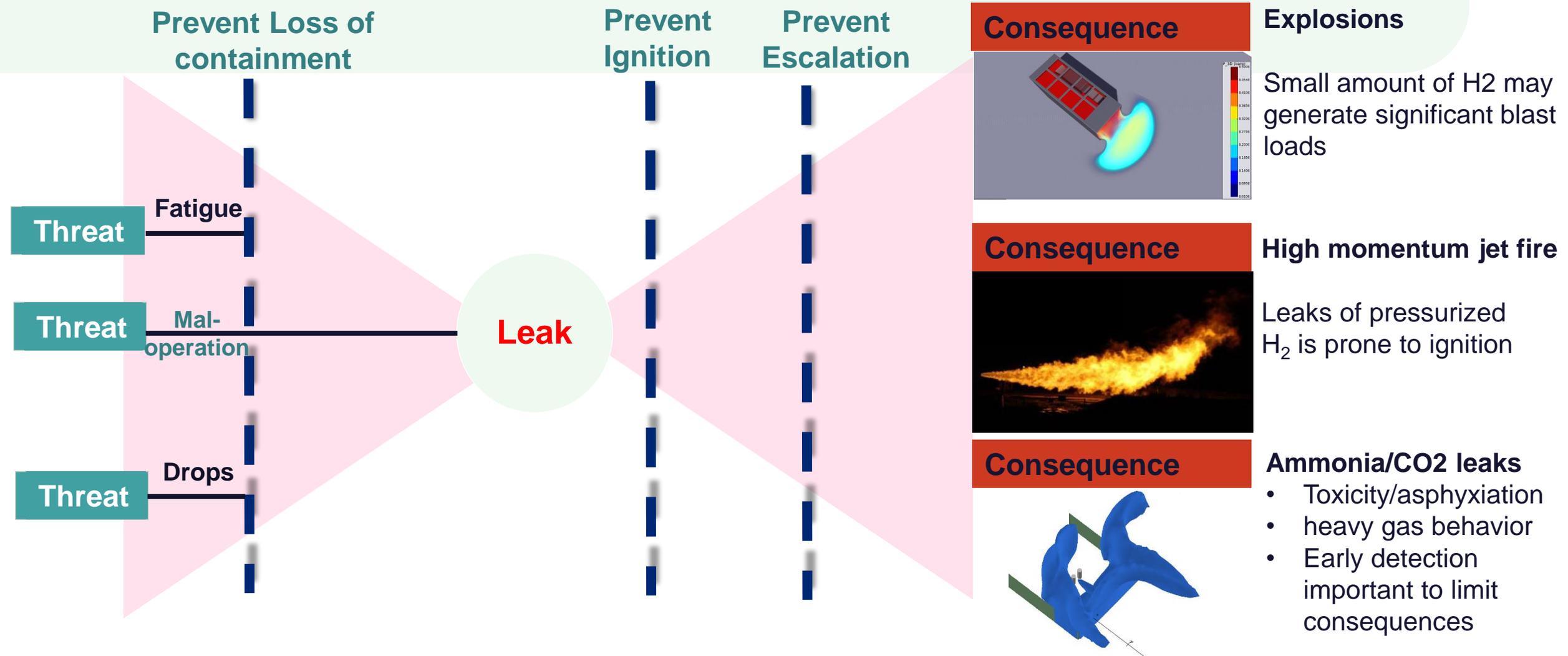


Rian, K.E, et.al., A, (2014), Advanced CO2 dispersion simulation technology for improved CCS safety, Energy Procedia 63 (2014) 2596-2609.

<https://norlights.com/>



The well-proven risk management principles apply also for hydrogen, ammonia and CCS facilities ..



... but avoiding leaks is even more important due severe consequences

SAFEN Safe Energy Carriers

Closing knowledge gaps, sharing learnings and developing risk-based methodologies for hydrogen, ammonia and CCS facilities

Status: JIP project started up in Q1 2022, Phase 2 started in Q3 2023

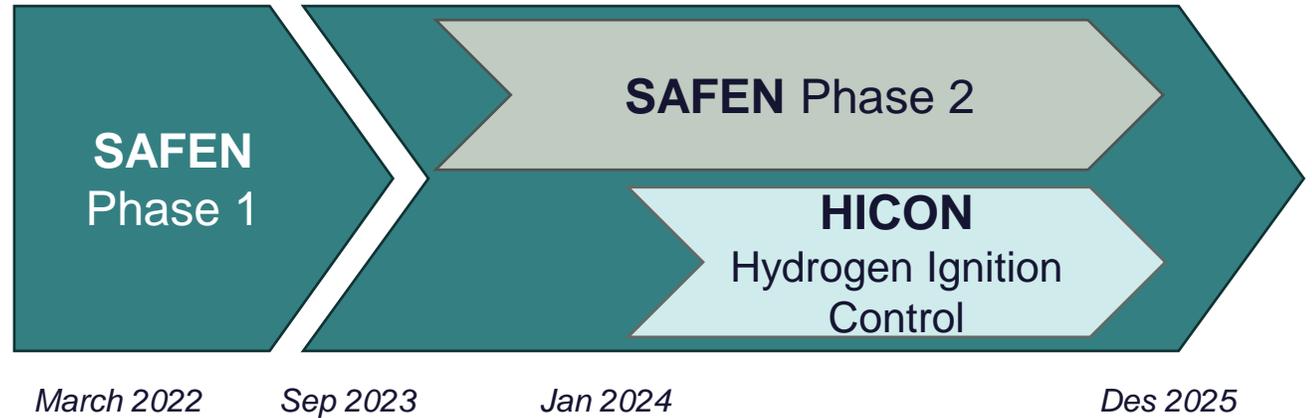
Schedule: Phase 1 (1,5 years) + Phase 2 (2,5 years)

Funding: Industry partners and consultancies (in-kind)

Budget: 10 MNOK for Phase 1
approx. 23 MNOK for Phase 2

Project owner: Safetec

Partners: Consultancies, Authorities, Energy companies /Asset owners



Knowledge	Models	Application
Incident data	Leak frequency process equipment	Recommendations for application of SAFEN results <ul style="list-style-type: none"> • Use cases • Design of facilities/ installations • Standards and guidelines
Failure analysis	Leak frequency transfer operations	
Task analysis	Leak frequency storage tanks	
Experiments	Ignition probability H2 and NH3	

SAFEN partners

Project owner



Partners
Contractors



Partners



Authorities and
associated members



Technology
provider



QRAs depend on leak frequencies

Spouge, J, (2023), A new model of the frequencies of leaks during the transfer of fuels between transport units and fixed installations, FABIG 106th Technical Meeting, London.

Table 19.6.1(b) Failure Rates for Transfer Devices

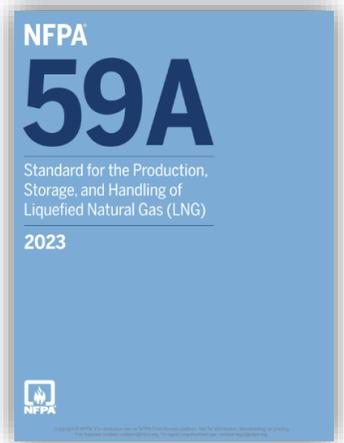
Transfer Type	Type of Failure	Failure Rate Per Hour of Operation Per Arm or Hose
Truck transfer	Rupture of transfer arm	3.00E-08
	Release from a hole in transfer arm with effective diameter of 10% of the transfer arm diameter with maximum of 2 in. (0.05 m)	3.00E-07
	Rupture of transfer hose	4.00E-06
	Release from a hole in transfer hose with effective diameter of 10% of the transfer hose diameter with maximum of 2 in. (0.05 m)	4.00E-05
Ship transfer	Rupture of transfer arm	2.00E-9*
	Release from a hole in transfer arm with effective diameter of 10% of the transfer arm diameter with maximum of 2 in. (0.05 m)	2.00E-8*

*Assumes ESD system with powered emergency release coupling (PERC) installed

	Frequency Loading/unloading arm (per hour)	Frequency Loading/unloading hose (per hour)
1. Rupture of loading/unloading arm or loading/unloading hose	3×10^{-8}	4×10^{-6}
2. Leak in loading/unloading arm or loading/unloading hose with an effective diameter of 10% of the nominal diameter, up to a maximum of 50 mm.	3×10^{-7}	4×10^{-5}

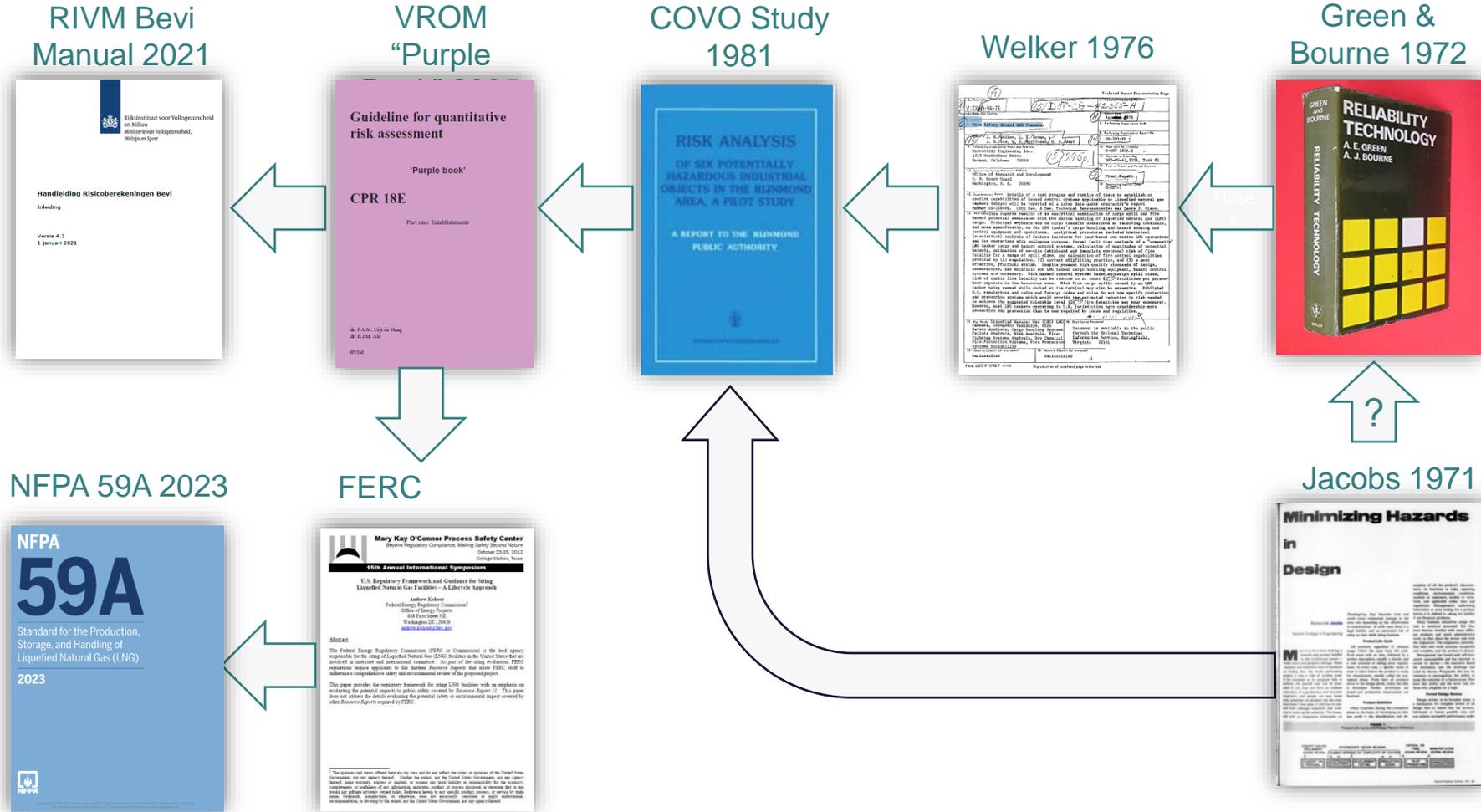
LNG Standard (NFPA 59A 2023)

Reference Manual Bevi (RIVM 2021)



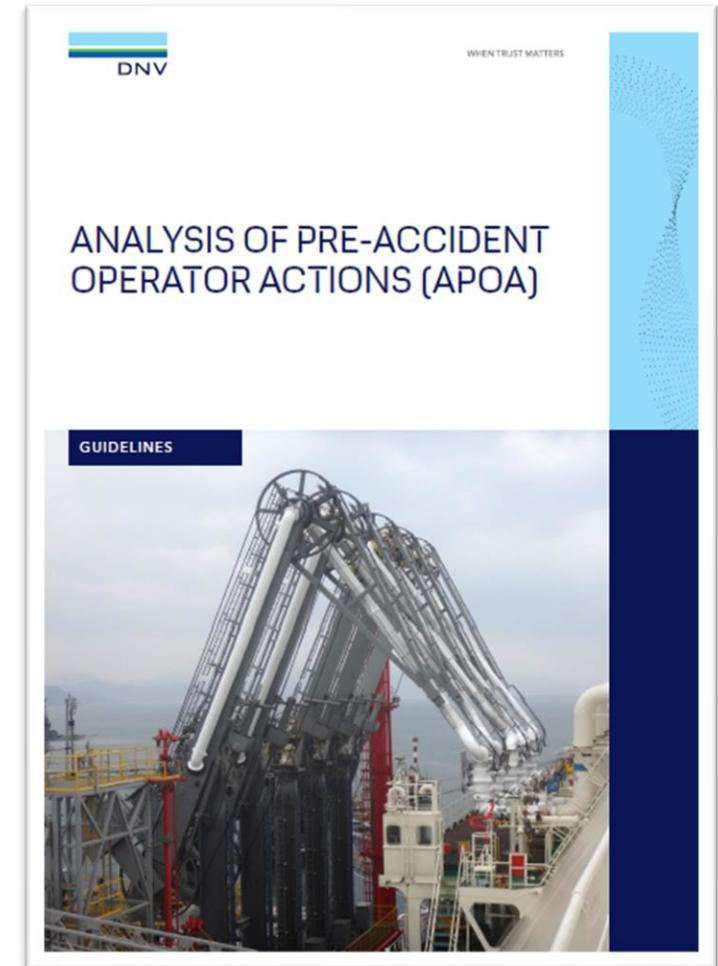
Their source is old and uncertain

Spouge, J, (2023), A new model of the frequencies of leaks during the transfer of fuels between transport units and fixed installations, FABIG 106th Technical Meeting, London.



Transfer operations

- Task analysis of procedures and technical systems have identified potential human errors that may either:
 - introduce latent conditions or;
 - directly initiate a loss of containment event
- Results show that performance shaping factors related to design and operation of equipment is expected to have significant effect on the expected leak frequency and should therefore be modelled
- By performing two studies it is evident that implementation of “error tolerance principles” can be very different between facilities
- Important aspects:
 - Routines for control of position of drain valves
 - Closed vs open drain
 - Connection point: clawy vs bolted connection
 - Design to control fluid hammer effects
 - Systems and procedures for control of overfilling
- We aim at reflecting these aspects in the model for transfer operations



Vi har ca. 10 millior utstyrsår i våre olje og gassdatabase – dvs. for alt utstyr som har vært i drift siden 70-tallet.

Det betyr at vi kunne besvart et nivå på 10^{-7} per år om dette hadde vært for en type komponent og vi hadde hatt 1 hendelse, men vi har jo mange hendelser og mange ulike komponenter...

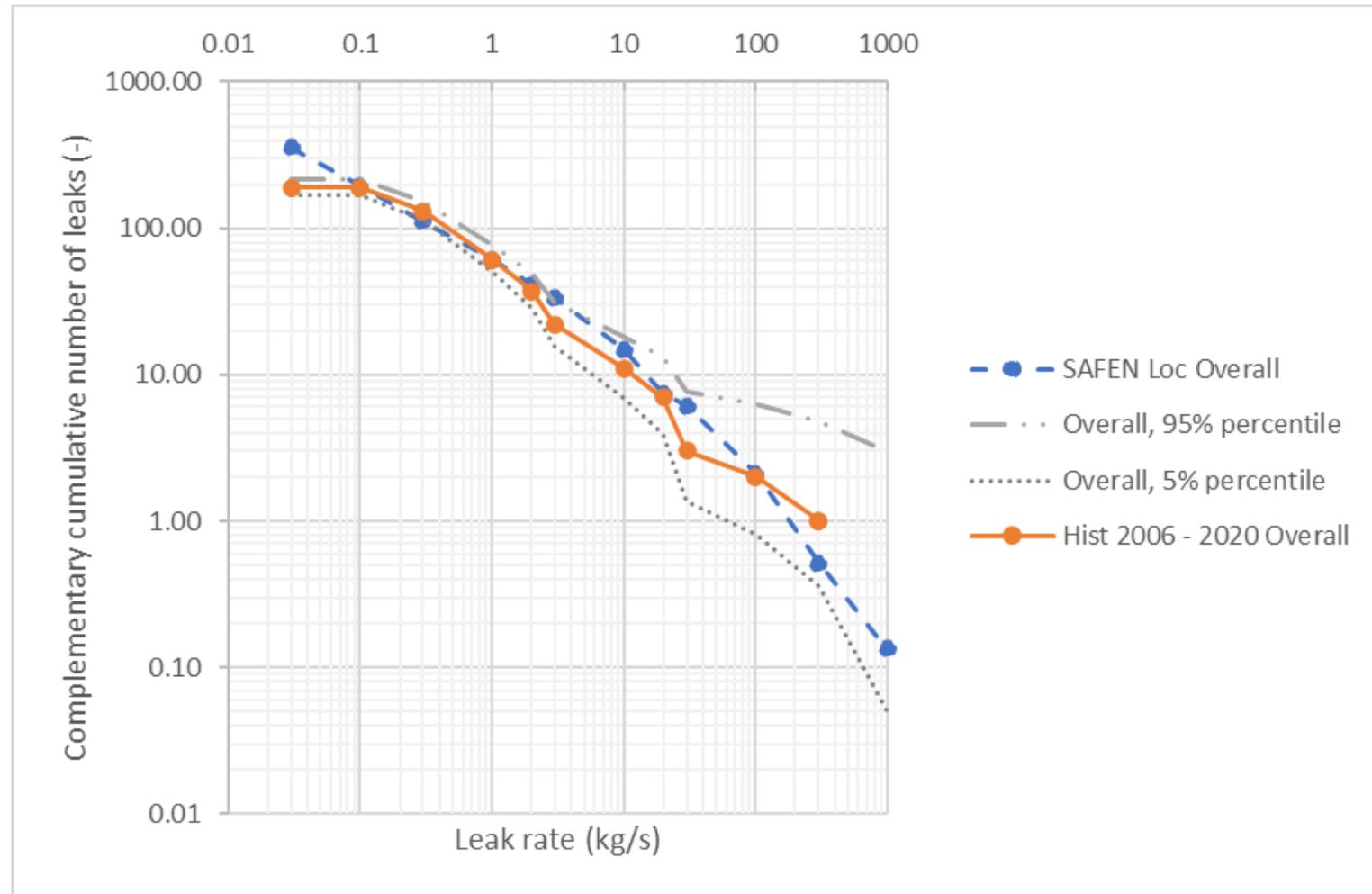
Datasettet tillatter oss å hevde at vi kan være temmelig trygge på hvilke scenarier som har returperiode omkring 10^{-3} år.

Omkring 10^{-4} er også usikkerheten begrenset.

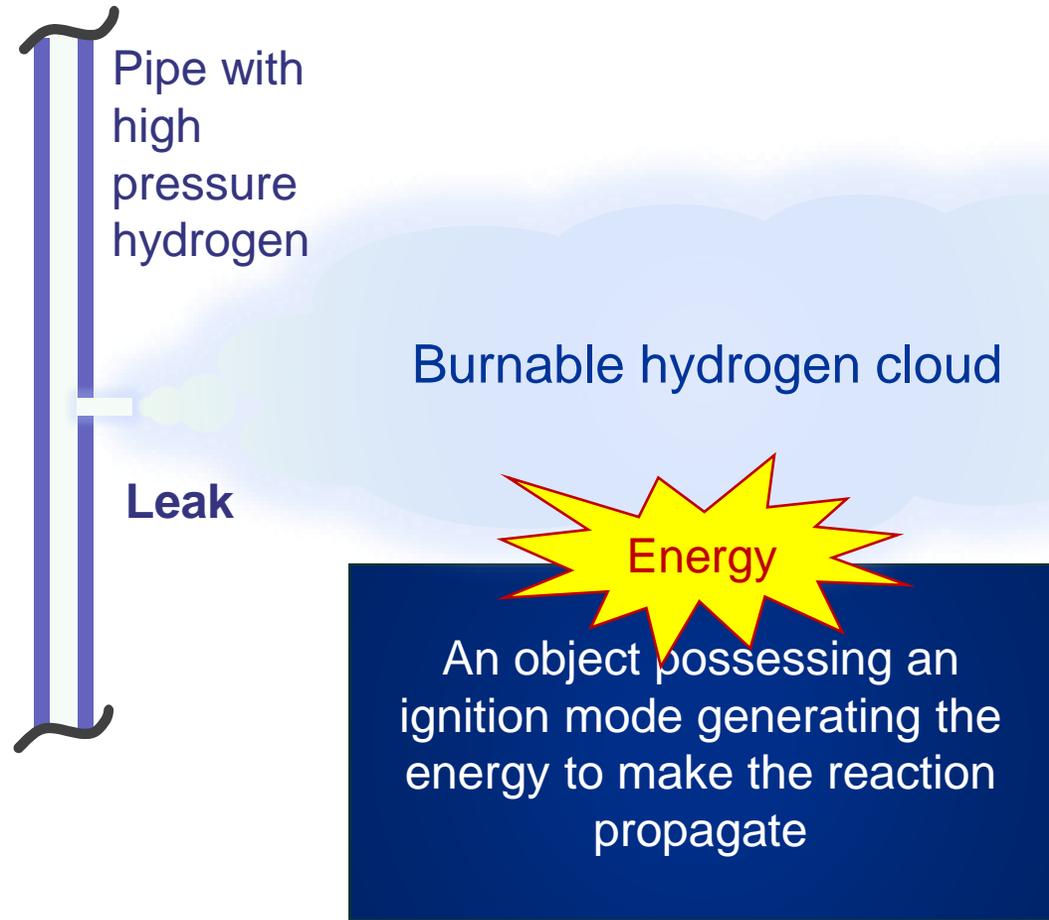
Beveger vi oss under 10^{-4} blir usikkerheten betydelig, som skyldes fåtall av store hendelser (heldigvis!)

Vi har derfor store utfordringer med å besvare en frekvensnivå under 10^{-4} per år. Hvor store utfordring er at det er dette området vi må besvare for å imøtekomme toleransekriterier.

Hvem har dataene som kan hjelpe oss?



Simple math, but hard work needed to find the numerator and denominator



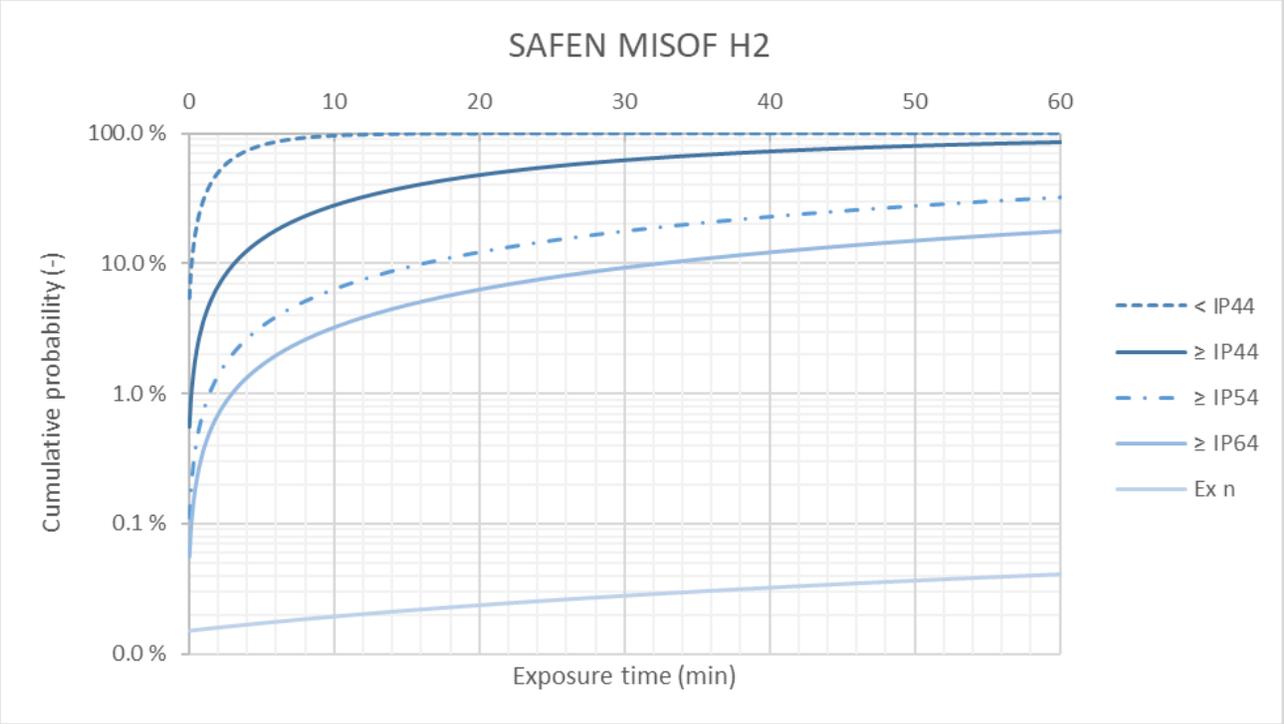
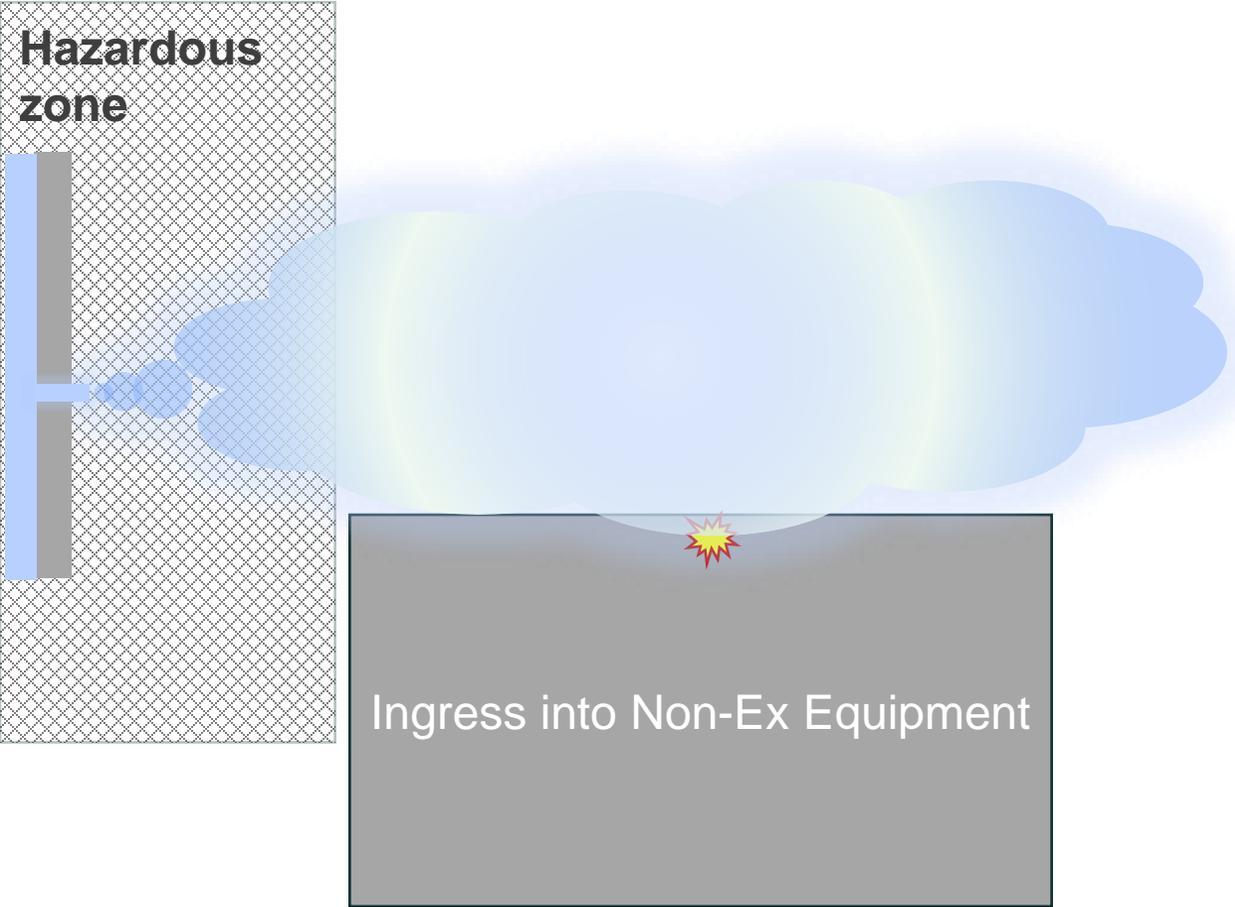
O&G
UKCS & NCS

$$\frac{3}{1200} = \frac{1}{4} \%$$

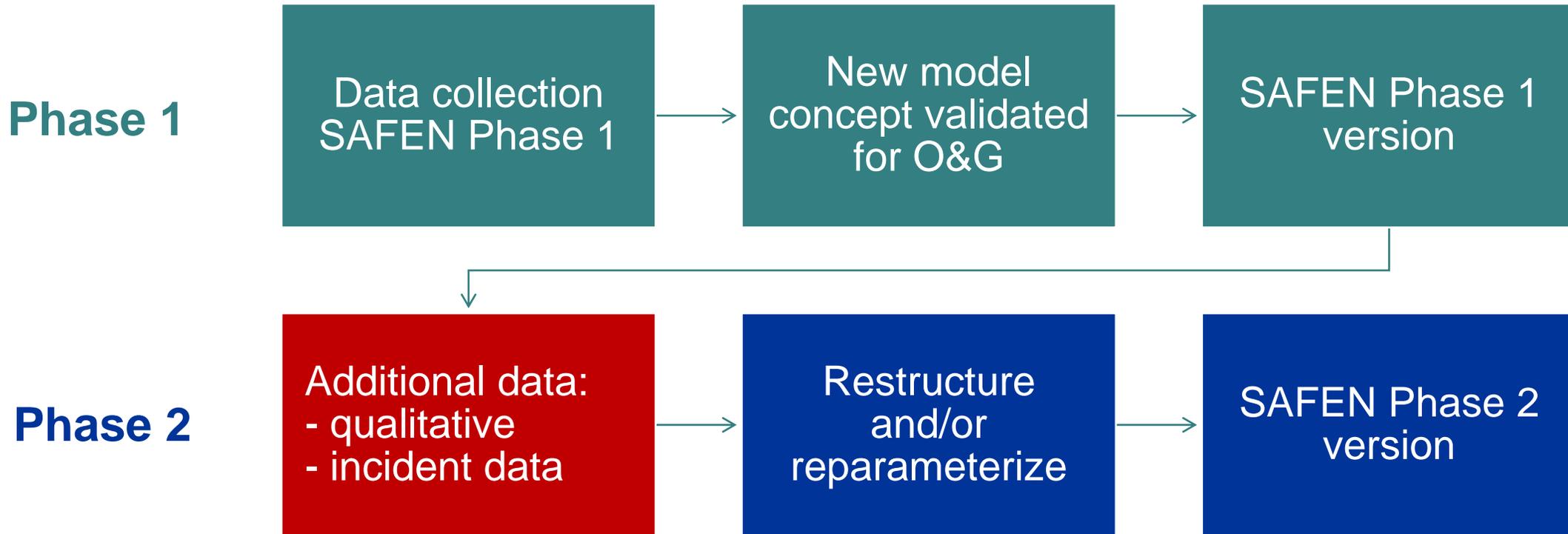
H₂

$$\frac{\text{Number of ignited incidents}}{\text{Number of leaks in a controlled population}} = ?$$

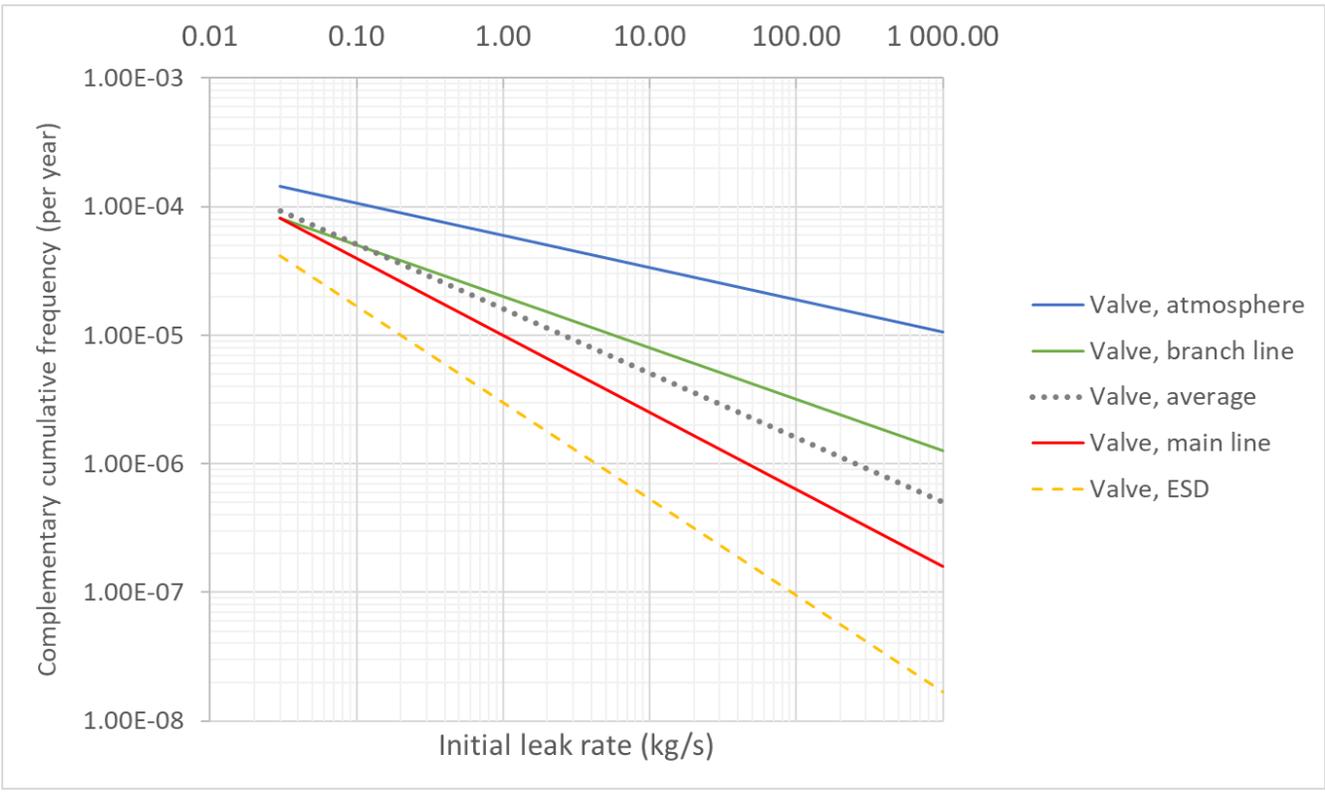
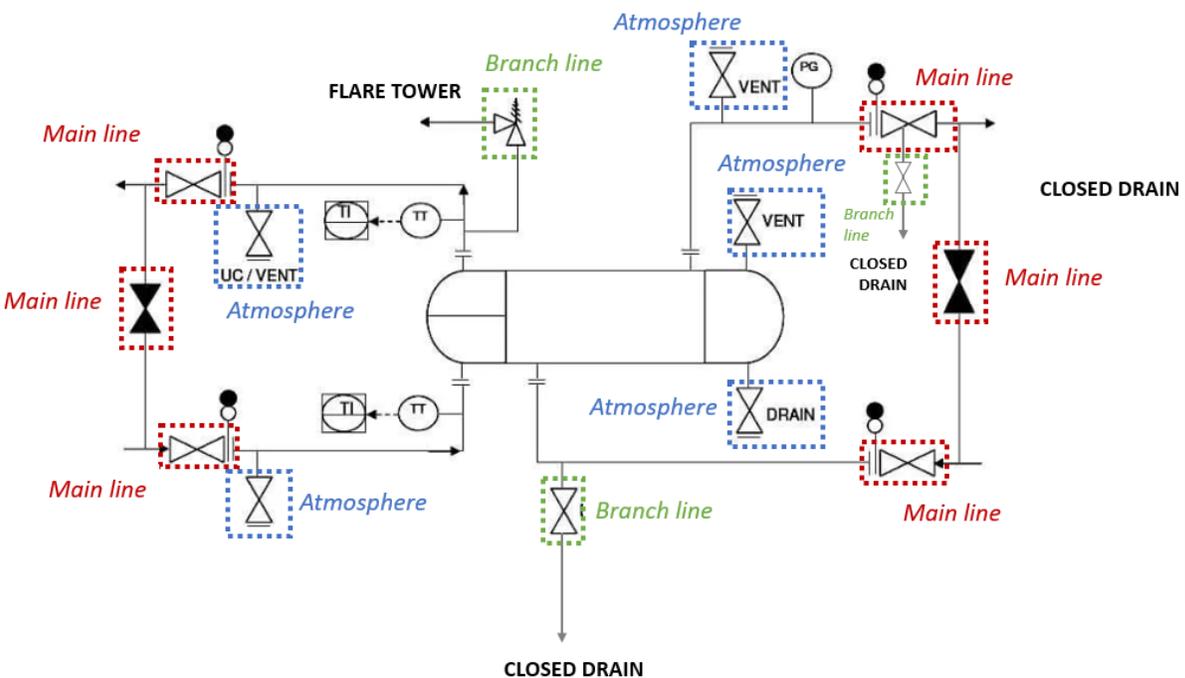
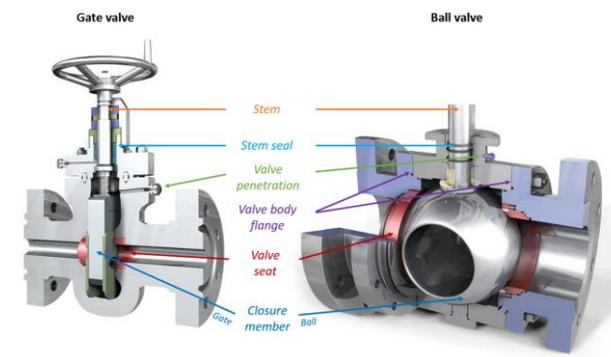
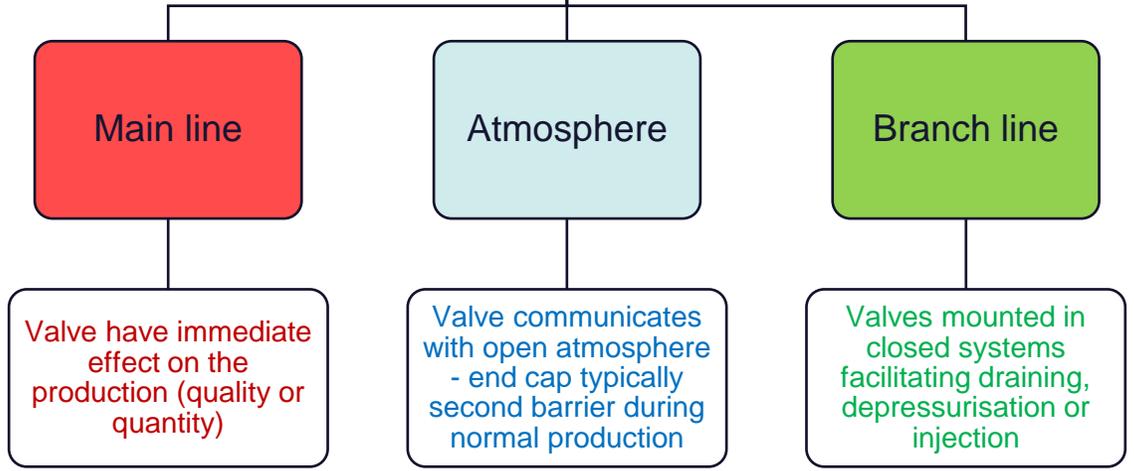
Non-Ex equipment!



SAFEN LoC Development process



Valves

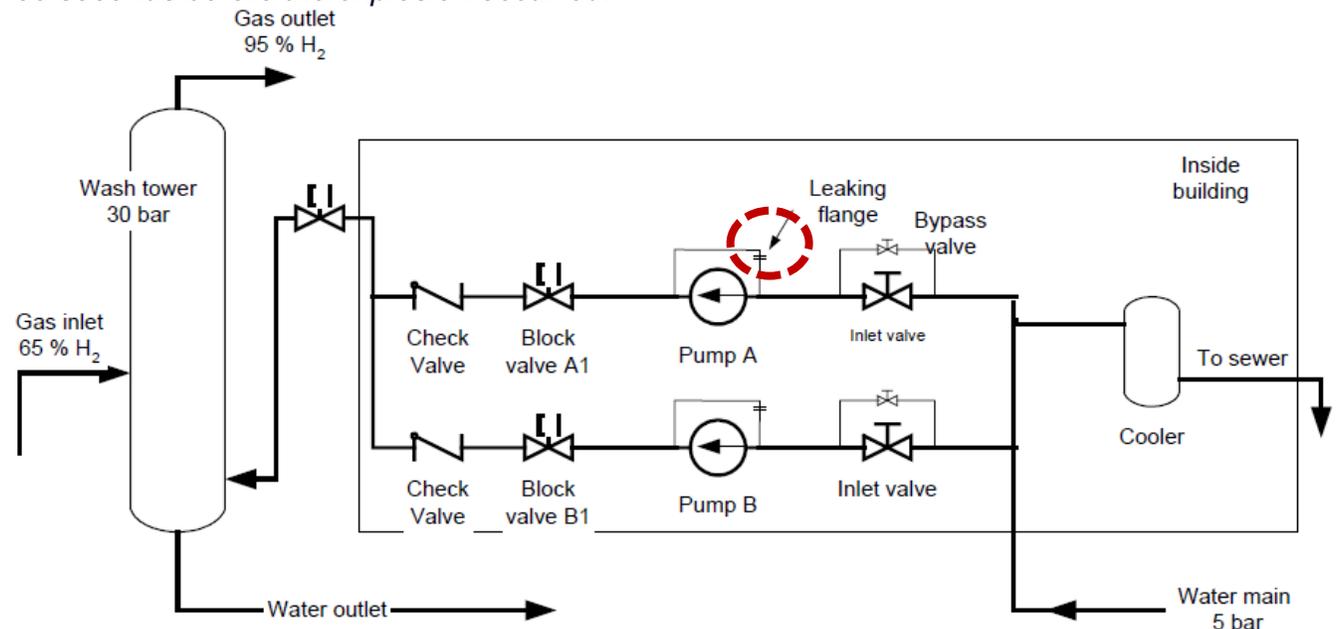


The role of the valve in the system

The incident at Herøya in 1985, causing window breakage 700 meters away from the scene of the explosion, indicates that maloperation of valves in a branch line represent a dominant cause for leaks in renewable industry technologies. The following are taken from ref. [1]:

“The accident occurred when operators were trying to change over from pump B to pump A (see Figure below). Unfortunately they did not observe that the inlet valve on the low-pressure side of pump A was closed. Only the small bypass valve was open. When pump B was stopped, the water supply from pump A was too low to maintain the water level in the absorption tower, resulting in an automatic shut down. A second attempt to start pump A resulted in a higher vibration level than normal for the pump. The operators discovered that the inlet valve was closed. They tried to open the valve, but failed because of the large pressure difference over the valve. Then bluish smoke was observed coming from the pump bearing, which had turned red-hot. At the same moment, water started to leak from a flange between the pump and the closed inlet valve. Pump A was then stopped. Normally the interlock system should then have closed valve block valve A1. However, this valve failed in 40% open position. Since the back flow was relatively low the check valve did not close. The water leak lasted for about 3 minutes before hydrogen gas from the tower reached the leaking gasket. Hydrogen was discharged into the building for 20 to 30 seconds before the explosion occurred.”

[1] Bjerketvedt, D and Mjaavatten, A, Faculty of Technology, Telemark University College, Kjolnes Ring 56, Porsgrunn, NO-3918, Norway.



Number of couplings?



Full bore fitting failure in a hydrogen storage container in Mariestad, Sweden 2020 (did not ignite)

- Flanges and fittings has proven to be a reliable technology over many years
- Incidents tell us that it is erroneous installation, maintenance and operation that cause leaks
- The contribution from flanges in oil and gas is about 10%
- For each flange or coupling there is underlying probability for an error leading to leak at a later safe (as for any other component). That cannot be denied!
- However, with rigorous procedures the risk is low, and in my personal view, the slight underlying generic risk should not be used as basis in risk assessments for deciding the exact number of flanges and couplings
- That may undermine effectiveness of safe operations and drive cost of installation without reducing risk significantly
- The operator should be more concerned about ensuring that (whatever number of couplings): that they are correctly installed and operated within specifications
- The QRA analyst should be more occupied with communicating the importance of safe installation and operation of the flanges and fittings for the validity of the executed QRA

SAFEN preliminary proposed approach | Catastrophic tank failures

Storage tank and pressure vessel failures

Defects developing in service

e.g. Fatigue, corrosion, design fault

Non-conformance with design specifications and operational procedures

e.g. overpressurization, overfilling.

External loads

e.g. collision, dropped object, fire





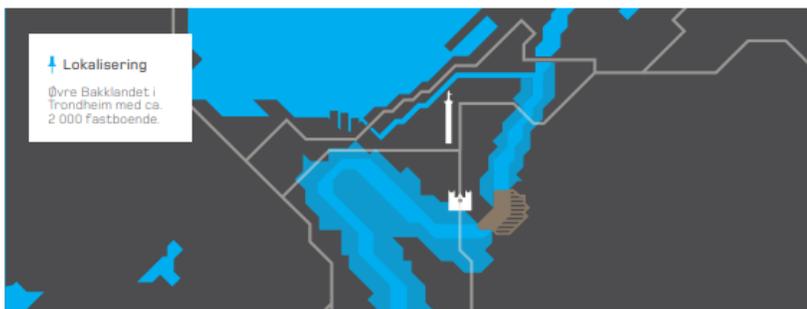
SCENARIO

04.2 Kvikkleireskred i by

Kvikkleireskred skjer relativt ofte i Norge siden det finnes mange områder med marin leire som tidligere lå under havnivå. Denne leiren blir helt flytende i et skred. De fleste kvikkleireskred skjer i ubebygde områder, men et alvorlig skred kan også skje i tettbygde byområder. Det analyserte scenarioet er lagt til en kjent kvikkleiresone i høyeste risikoklasse hvor det bor mange mennesker: Øvre Bakklundet i Trondheim med drøyt to tusen innbyggere.

Risikoanalysen ble gjennomført i 2013 og er oppdatert i 2018.

Hendelsesforløp		
Anleggsarbeid og erosjon utløser et stort skred på Øvre Bakklundet i Trondheim. Det går først et initiaalskred, hvor 10x100 meter glir ut i Nidelva en natt i oktober. Det iverksettes evakuering neste dag, og natta etter går hovedskredet. Hovedskredet fører umiddelbart til en flodbølge både oppstrøms og nedstrøms i Nidelva som rammer bebyggelsen langs elva. Leira fører til fullstendig oppdemming av elva, og vannstanden oppstrøms stiger raskt med 12 meter.		
Tidspunkt	Omfang	Lignende hendelser
To døgn i oktober.	3 mill. m ³ leire glir ut. Ca. 2 000 personer bor på det 0,5 km ² store leire-området. Et areal på 1,5 km ² med ca. 1 000 innbyggere blir oversvømt i Trondheim sentrum og på Øya.	<ul style="list-style-type: none"> Rissaskredet i 1978 hvor 5-6 mill m³ leire glid ut, 20 hus og gårder ble tatt, og en person omkom. Verdalskredet i 1893 er den største skredulykken i moderne tid i Norge. 116 mennesker mistet livet da 55 mill m³ leire eller tre km² av Verdal kommune forsvant med 105 gårder. Skredet på Sårum 2018 hvor 140 000 m³ leire glid ut og tre anleggsarbeidere omkom. Pågående oppfyllingsarbeid i området var sannsynligvis årsaken til skredet.



Vurdering av sårbarhet

Trondheim er spesielt utsatt for kvikkleireskred med flere store og tett bebygde kvikkleiresoner. Det er restriksjoner på gravearbeid i områdene, men det er vanskelig å overvåke og hindre utløsende faktorer som byggeaktivitet og erosjon. Kvikkleireskred skjer ofte uten forvarsel, og da er evakuering ikke mulig. Ved et initierende skred (forvarsel) tar en fullstendig evakuering av de ca. 2 000 innbyggerne på Øvre Bakklundet flere timer. Redningsarbeidet etter skredet er krevende på grunn av manglende tilgang til skredområdet og er avhengig av helikopter. Lokal infrastruktur som veier, jernbane, ekom- og strømtilførsel, blir ødelagt.

Vurdering av sannsynlighet

Estimatet for sannsynlighet bygger på følgende forutsetninger:

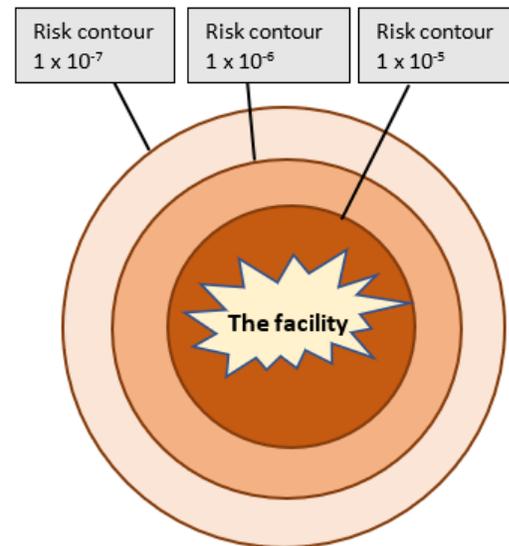
- At det historisk sett går ett større kvikkleireskred i Norge per år.
- At 80 prosent av disse skredene skjer i en av de kartlagte kvikkleiresonene.

Sannsynligheten for skred er vurdert å være noe lavere enn for en gjennomsnittlig sone på grunn av gjennomførte sikringstiltak mot erosjon i Nidelva og en viss kontroll med byggetiltak.

Et skred på Øvre Bakklundet er vurdert å kunne inntreffe i løpet av 2 000 til 3 000 år. Det gir en årlig sannsynlighet på rundt 0,04 prosent. Sannsynligheten for at hendelsen vil inntreffe i løpet av 100 år er 4 prosent. Det tilsvarer *svært lav* sannsynlighet på AKS-skalaen.

Dersom vi legger til grunn at det er ti områder i landet med en lignende skredrisiko som Øvre Bakklundet, blir sannsynligheten for et lignende scenario på landsbasis 35 prosent i løpet av hundre år. Dette faller i kategorien *lav sannsynlighet* i AKS.

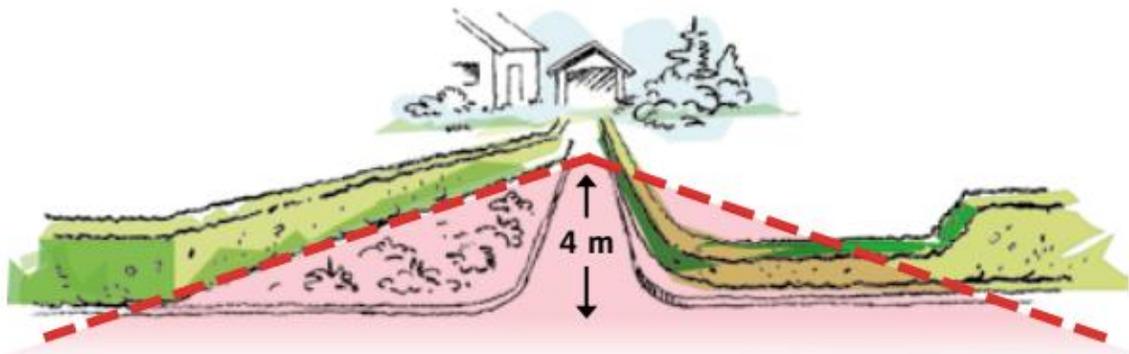
Usikkerheten knyttet til angivelsen av sannsynlighet, vurderes å være *moderat*. Kvikkleireskred er et kjent fenomen og kunnskapsgrunnlaget er godt. Angivelsen av sannsynlighet er imidlertid sensitiv for en rekke forutsetninger, som definert frekvens for *store skred*, faregraden i denne sonen i forhold til gjennomsnittet, og hvilken kontroll man har over anleggsarbeid i området.



Offentlig informasjon



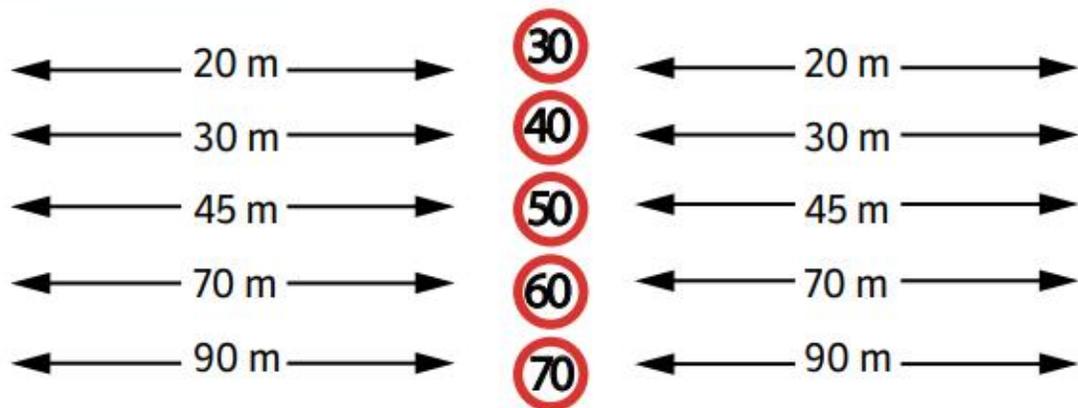
Statens vegvesen



Hvis avkjørselen din munner ut i vegen må høyde på hekk og gjerde ikke overstige 0,5 meter over gateplan.

Hekk og gjerde kan også flyttes utenfor frisiktsonen, merket med rødstiplet strek.

Det må være 4 meter fri sikt inn i avkjørselen. Det betyr at når du står 4 meter inn i avkjørselen din, skal du kunne se vegen 45 meter til hver side dersom fartsgrensen er 50 km/t, og videre øker avstandene med farten slik figuren illustrerer.



Temaanalyse av sykkelulykker

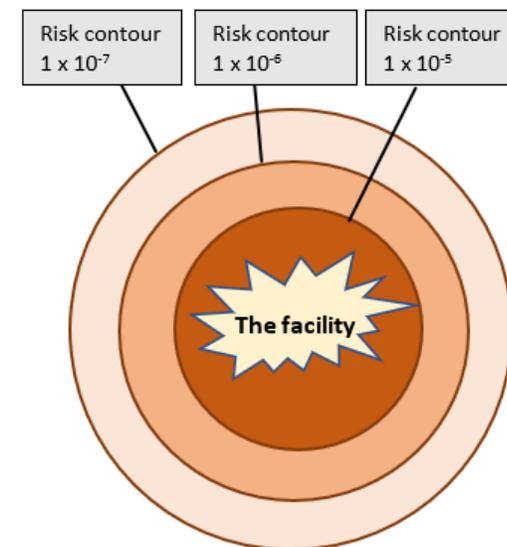
basert på data fra dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2005-2008

RAPPORT

Veg- og trafikkavdelingen



Region sør
Veg- og trafikkavdelingen
Dato: 2009-12-31



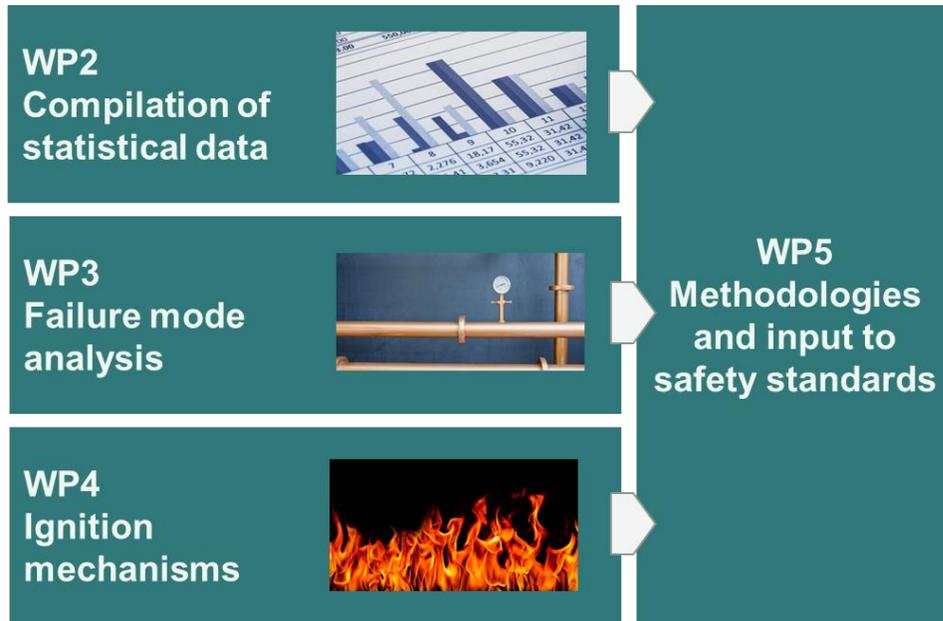
Oppsummering

- Som eiendomsmeglerne sier: det handler om beliggenhet, beliggenhet, beliggenhet
 - Da sier jeg, det handler om data, data, data
 - Vi har fått det til i Olje og Gass, men hvorfor får vi ikke skikkelig til ellers – og da særlig internasjonalt!
- Vi må ha modeller som bedre grad reflekterer det vi gjør, ikke bare de systemene og komponentene vi har
 - Det å anta at generiske frekvenser fra ett system gjelder for vårt system kan lede oss på feil vei
- Vi trenger risikoanalyser som i enda større grad forklarer hvordan modellen virker og hvilke beslutninger den kan bruke den til
- Vi trenger toleransekriterier som er harmonisert på tvers i samfunnet så vi bruker ressursene for å beskytte Ola Nordmann så godt som mulig med de ressursene vi har

SAFEN



Work packages Phase 1



Deliverables Phase 1

- Preliminary SAFEN database
- A report describing **failure mechanisms and causes** of loss of containment incidents
- A report describing **ignition mechanisms**
- Project description for **experimental campaign** in JIP Phase 2
- **Loss of containment models**
- **Ignition probability models**
- Recommendations for prevention of loss of containment and ignition control, *e.g.*
 - QRA modelling and risk-based methodology/approach
 - **Safe design and operation**