



European Train the Trainer Program for Responders

# Leksjon 10

## Håndtere hydrogeneksplosjoner

### NIVÅ I

## Brannkonstabel

Informasjonen i denne leksjonen er tilegnet **brannkonstabler (og tilsvarende)** og høyere nivåer.

Dette emnet er også tilgjengelig på nivå III og IV.

Denne leksjonen er en del av et opplæringsmaterieell med nivåer I–IV: Brannkonstabel, utrykningsleder, innsatsleder og spesialist. Les introduksjonen til leksjonen for forventet forkunnskap og læringsutbytte

Merk: Dette materiellet tilhører HyResponder Consortium og skal krediteres deretter, resultatene fra HyResponse har blitt brukt som grunnlag



## Leksjon 10: Håndtere hydrogeneksplosjoner

### Ansvarsfraskrivelse

Til tross for at dette dokumentet er nøye utarbeidet, gjelder følgende ansvarsfraskrivelse: Informasjonen i dette dokumentet er gitt som den er, og det gis ingen garanti om at informasjonen er egnet for et bestemt formål. Brukeren av den tar i bruk informasjonen på egen risiko og ansvar.

Dokumentet gjenspeiler bare forfatterens syn. FCH JU og EU er ikke ansvarlig for bruk av informasjonen i det.

### Takk

Prosjektet har fått finansiering fra Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) (now Clean Hydrogen Partnership) under bevilgningsavtale nr. 875089. JU mottar støtte fra EUs forsknings- og innovasjonsprogram Horizon 2020 samt fra Storbritannia, Frankrike, Østerrike, Belgia, Spania, Tyskland, Italia, Tsjekkia, Sveits og Norge.



## Sammendrag

Denne leksjonen ser på hovedtrekkene ved «kjemiske» eksplosjoner, det vil si deflagrasjoner og detonasjoner, og «fysiske eksplosjoner», det vil si tankbrudd.

## Nøkkelord

Deflagrasjon, detonasjon

## Leksjon 10: Håndtere hydrogeneksplosjoner

**Innhold**

Sammendrag.....	3
Nøkkelord .....	3
1. Målgruppe.....	5
1.1 Rollebeskrivelse: Brannkonstabel .....	5
1.2 Kompetansenivå: Brannkonstabel.....	5
1.3 Tidligere opplæring: Brannkonstabel.....	5
2. Innledning og mål .....	5
3. Nyttig terminologi.....	6
4. Effekten av trykkbølger på mennesker og bygninger .....	6
Takk.....	7
Referanser.....	7

## Leksjon 10: Håndtere hydrogeneksplosjoner

### 1. Målgruppe

Informasjonen i denne leksjonen er rettet mot NIVÅ 1: brannkonstabel. Leksjoner er også tilgjengelige på nivå III og IV: utrykningsleder, innsatsleder og spesialist.

Rollebeskrivelser, kompetansenivå og læringsutbytter for brannkonstabel er beskrevet nedenfor.

#### 1.1 Rollebeskrivelse: Brannkonstabel

En brannkonstabel er ansvarlig for og kompetent til å utføre oppgaver sikkert, iført korrekt bekledning inkludert pusteluft. Konstabelen kan anvende tilgjengelig utstyr som kjøretøy, stiger, slanger, slukkere, kommunikasjon og redningsverktøy under alle klimatiske forhold i områder og nødssituasjoner som krever respons.

#### 1.2 Kompetansenivå: Brannkonstabel

Nødetatene må ha støtte i riktig kunnskap og praksis og er opplært i sikker og korrekt bruk av personlig verneutstyr, pusteluftutstyr og annet utstyr som det forventes at de skal bruke. Atferd som holder dem og andre kolleger trygge, skal beskrives i en standardprosedyre (SOP). Øvet evne til dynamisk å vurdere risiko for seg selv og andre er påkrevd.

#### 1.3 Tidligere opplæring: Brannkonstabel

I henhold til det europeiske rammeverket for kvalifikasjon (EQF 2) er denne leksjonen tilegnet nivå 2 Faktabasert grunnkunnskap på et arbeids- eller studiefelt. Grunnleggende kognitive og praktiske ferdigheter som er nødvendig for å bruke relevant informasjon til å utføre oppgaver og løse rutinemessige problemer ved hjelp av enkle regler og verktøy. Arbeide eller studere under veiledning med noe autonomi.

## 2. Innledning og mål

Hydrogenøkonomien har blitt en del av hverdagen vår. Hydrogendrevne kjøretøyer er allerede på veiene våre. Mulige hydrogeneksplosjoner kan generere høye overtrykksnivåer og dermed utgjøre en trussel mot liv og eiendom. Sikkerheten til hydrogenbiler og tilhørende infrastruktur, inkludert garasjer, verksteder, parkering og tunneler er ett område av betydning.

Vi har allerede diskutert de spesifikke egenskapene og farene knyttet til forskjellige bruksområder for hydrogenbrenselceller i tidligere leksjoner. Denne leksjonen vil omhandle eksplosjoner drevet av kjemisk reaksjon (dvs. ved forbrenning) og «fysiske eksplosjoner» (dvs. uten forbrenning). Det er to typer «forbrenningseksplosjoner», det vil si deflagrasjoner og detonasjoner. Det finnes andre typer «eksplosjoner», f.eks. «fysiske eksplosjoner» av beholdere med overtrykk over den fastsatte grensen på grunn av overfylling (tanker som revner), som et resultat av runaway-reaksjoner osv. Ordet «eksplosjon» er mer som sjargong å regne, og vi vil unngå å bruke det denne leksjonen når det er mulig. Noen ganger kan bruk av termen «eksplosjon» føre til misforståelser. For eksempel innfører noen standarder feilaktig en

## Leksjon 10: Håndtere hydrogeneksplosjoner

såkalt «eksplosjonsgrense» [1]. Dette gjøres til tross for at det kan være en signifikant forskjell mellom «brennbarhetsgrense», som er relevant for deflagrasjoner, og «detonasjonsgrense» [1]. Denne leksjonen vil introdusere nødetatene for fenomenene knyttet til deflagrasjoner og detonasjoner, deres hovedtrekk og konsekvenser samt mulige midler til forebygging og demping [1]. Den mest kostnadseffektive og utbredte dempingsteknikken som ventilert deflagrasjon vil bli diskutert nærmere.

### 3. Nyttig terminologi

*Cellestørrelse* er parameteren som kjennetegner detonasjonsfølsomheten til en hydrogen-/luftblanding [2].

*Deflagrasjon* er spredning av forbrenningssoner med en hastighet under lydens hastighet (subsonisk) til en frisk, ubrent blanding [1].

*Detonasjon* er spredning av forbrenningssoner med en hastighet over lydens hastighet (supersonisk) i den ureagerte blandingen [1].

*Flammehastighet* er flammens hastighet i forhold til en fast observatør [2].

*Overtrykk* er trykket i en eksplosjonsbølge over atmosfæretrykket, eller trykket i en inneslutningsstruktur som er over atmosfærisk trykk[3].

### 4. Effekten av trykkbølger på mennesker og bygninger

Trykkbølger er skadelige på en rekke måter. De kan klassifiseres som primære, sekundære og tertiære effekter [4].

- Primære effekter:
  - Hørselsskade
  - Skader på lunger og andre indre organer
- Sekundære effekter:
  - Skader på grunn av flygende splinter (f.eks. glasskår)
  - Kollaps av bygninger over mennesker, noe som fører til alvorlige skader eller død
- Tertiære effekter:
  - Personer blir kastet bortover

Det er ikke bare overtrykk som forårsaker skade, men også impuls som overføres til en person eller gjenstand, hvor personen befinner seg og hva slags personlig utstyr han/hun bruker.

## Leksjon 10: Håndtere hydrogeneksplosjoner

Tabell 1. Grenseverdier for overtrykk for skade på mennesker (utendørs).

Effekt	Overtrykk, kPa
Midlertidig forskyvning av grenseverdi[5] : «ingen skade»-grenseverdi for fareavstand (evakueringsområde)	1,35
1 % sannsynlighet for skade på trommehinne (valgt som «skade»-grenseverdi) [6]	16,5
1 % sannsynlighet for dødelighet pga. lungeblødning (valgt som «dødelighet»-grenseverdi) [6]	100

Tabell 2. Grenseverdiene for overtrykk for bygningskader [6].

Skader	Overtrykk, kPa
Mindre skader på huset	4,8
Delvis ødeleggelse av huset – forblir beboelig	6,9
Nesten total ødeleggelse av huset	34,5–48,3

## Takk

HyResponse-prosjektet krediteres ettersom materialet som presenteres her, er utvidet basert på de originale HyResponse-leksjonene.

## Referanser

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering, Part I and Part II. Available from: [www.bookboon.com](http://www.bookboon.com), free download e-book.
2. Dorofeev, SB (2007). Evaluation of safety distances related to unconfined hydrogen explosions. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 32, s. 2118–2124.
3. NFPA, National Fire Protection Association (2009). Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel Systems Code, 52.
4. HyFacts Project. Chapter DM. Hydrogen deflagrations and detonations. Tilgjengelig fra: <http://hyfacts.eu/category/education-training/> [04.01.16].
5. Baker, WE, Cox, PA, Westine, PS, Kulesz, JJ og Strehlow, RA (1983). Explosion hazards and evaluation. Elsevier Scientific Publishing Company.
6. Mannan, S (2005). Lees' Loss Prevention in the Process Industries, 3. utg., vol. 1. Elsevier Butterworth-Heinemann.