



Hydrogenproduksjon ved småkraftverk: Case studie Rotnes Bruk (IFE/KR/E-2017/001)

Øystein Ulleberg, Forskningsleder

Institutt for energiteknikk

Jan Carsten Gjerløw

Småkraftdagene, 29. mars 2017, Stavanger

Innhold

1. Introduksjon
2. Distribusjon og anvendelse av hydrogen fra Rotnes Bruk
3. Potensial for H₂-produksjon fra Rotnes Bruk
4. Vurdering av potensialet for H₂-produksjon fra småkraft
5. Konklusjoner og forslag til videre arbeid

Rotnes Bruk, Nittedal

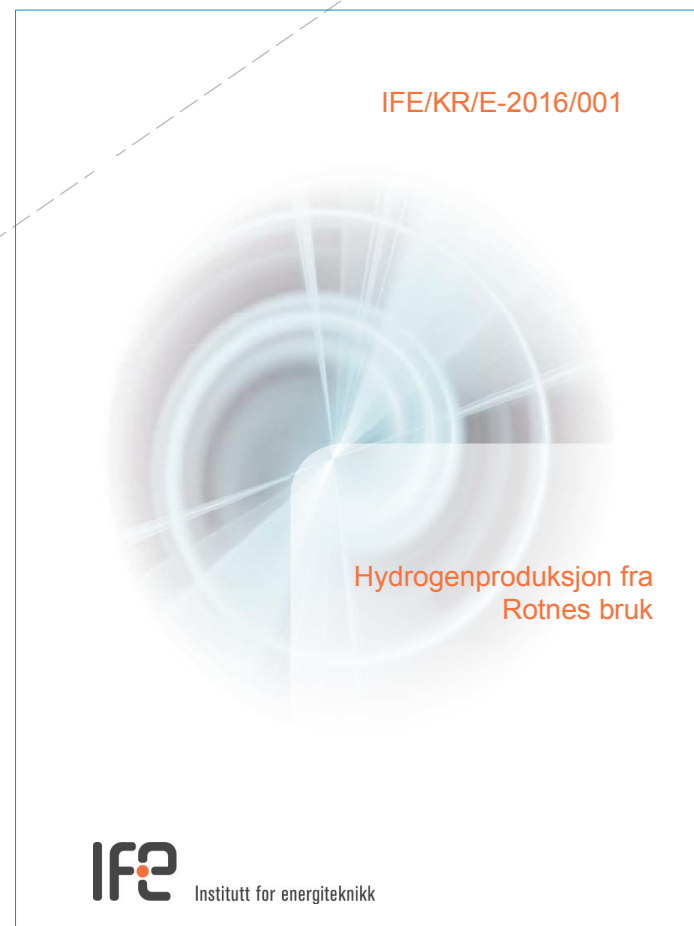


Prosjektbeskrivelse

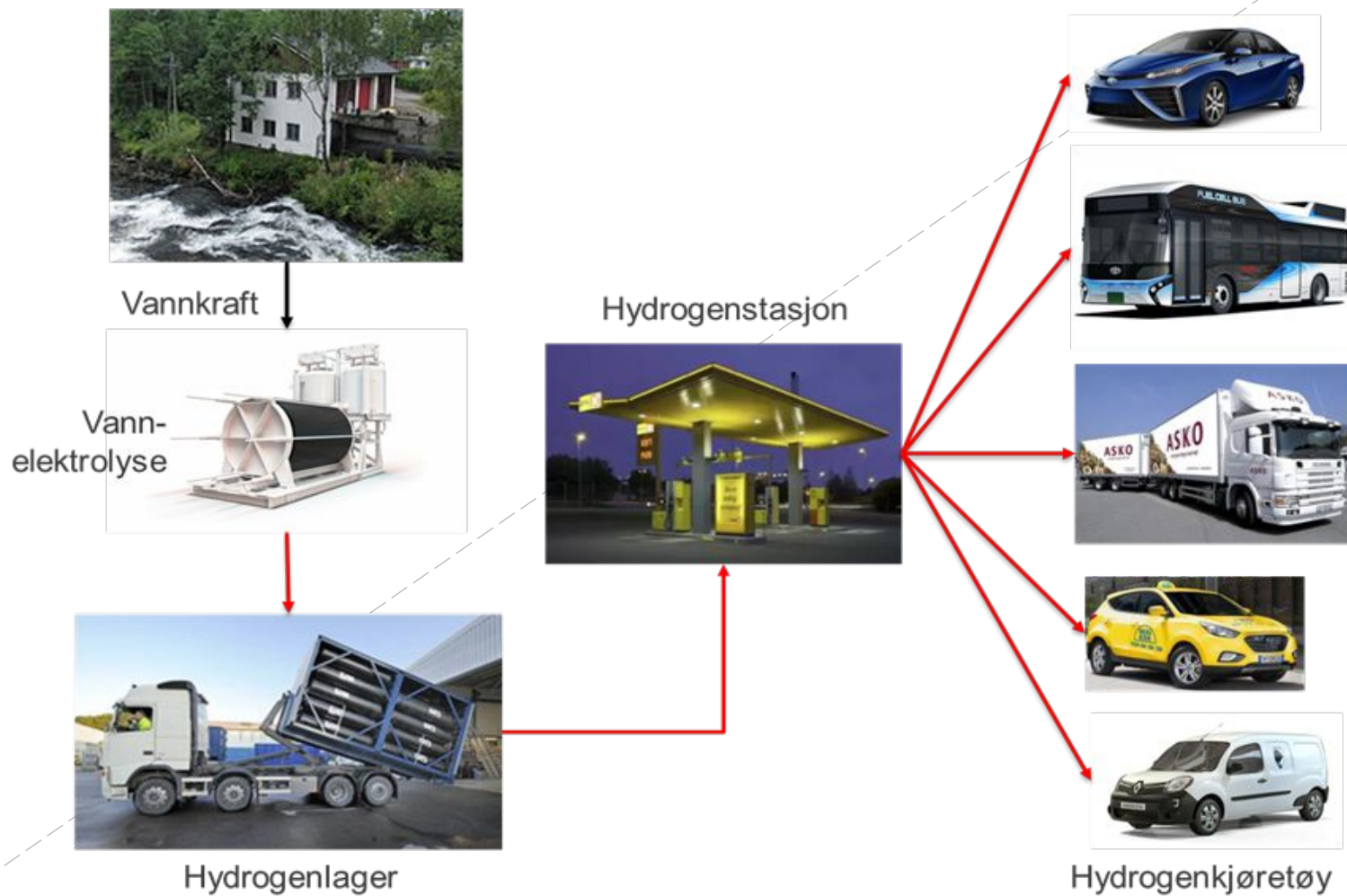
1. Overordnet design for et lokalt hydrogenproduksjonsanlegg ved Rotnes Bruk
2. Estimere investerings- og driftskostnader (budsjett)
3. Estimere inntekter (utleiepris operatør av H2-stasjoner)
4. Analysere muligheter for lokal/regional bruk av hydrogen
 - Beskrive samarbeidsmuligheter med distributører og andre
5. Bidra til investeringsbeslutning (for kraftverkseier)

Prosjektbeskrivelse

- Baserer seg delvis på mulighetsstudie fra 2016
- Oppdragsgiver: NVE / Småkraftforeninga



Konsept



Metode

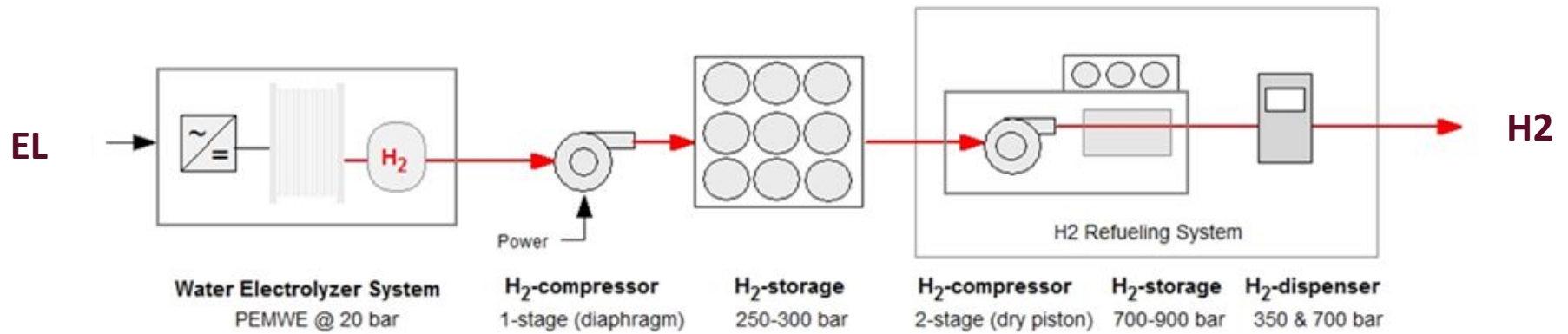
- Case Studier

1. Lokal H₂-produksjon -kompresjon og H₂-lager, **uten** egen H₂-stasjon
2. Lokal H₂-produksjon -kompresjon og H₂-lager + **lokal** H₂-stasjon

- Scenarier

- A. Høy strømkostnad (0,45 NOK/kW), med investeringsstøtte (50%)
- B. Høy strømkostnad, uten investeringsstøtte.
- C. Lav strømkostnad (0,25 NOK/kW), med investeringsstøtte.
- D. Lav strømkostnad, uten investeringsstøtte.

Systembeskrivelse



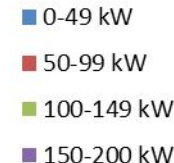
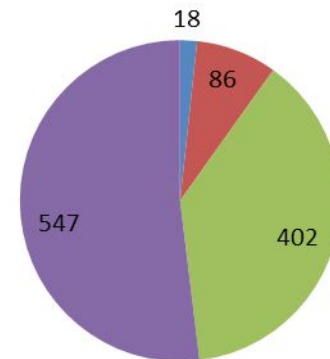
H₂



Kraftproduksjon, Rotnes Bruk (2009-2015)

Kraftproduksjon for fire ulike effektområder

År	0-49 kW	50-99 kW	100-149 kW	150-200 kW	Totalt MWh
2009	23	106	411	504	1044
2010	18	178	269	572	1037
2011	22	61	315	611	1008
2012	6	44	544	562	1156
2013	20	111	338	484	954
2014	14	80	556	456	1107
2015	23	23	382	640	1068
Gjennomsnitt	18	86	402	547	1053

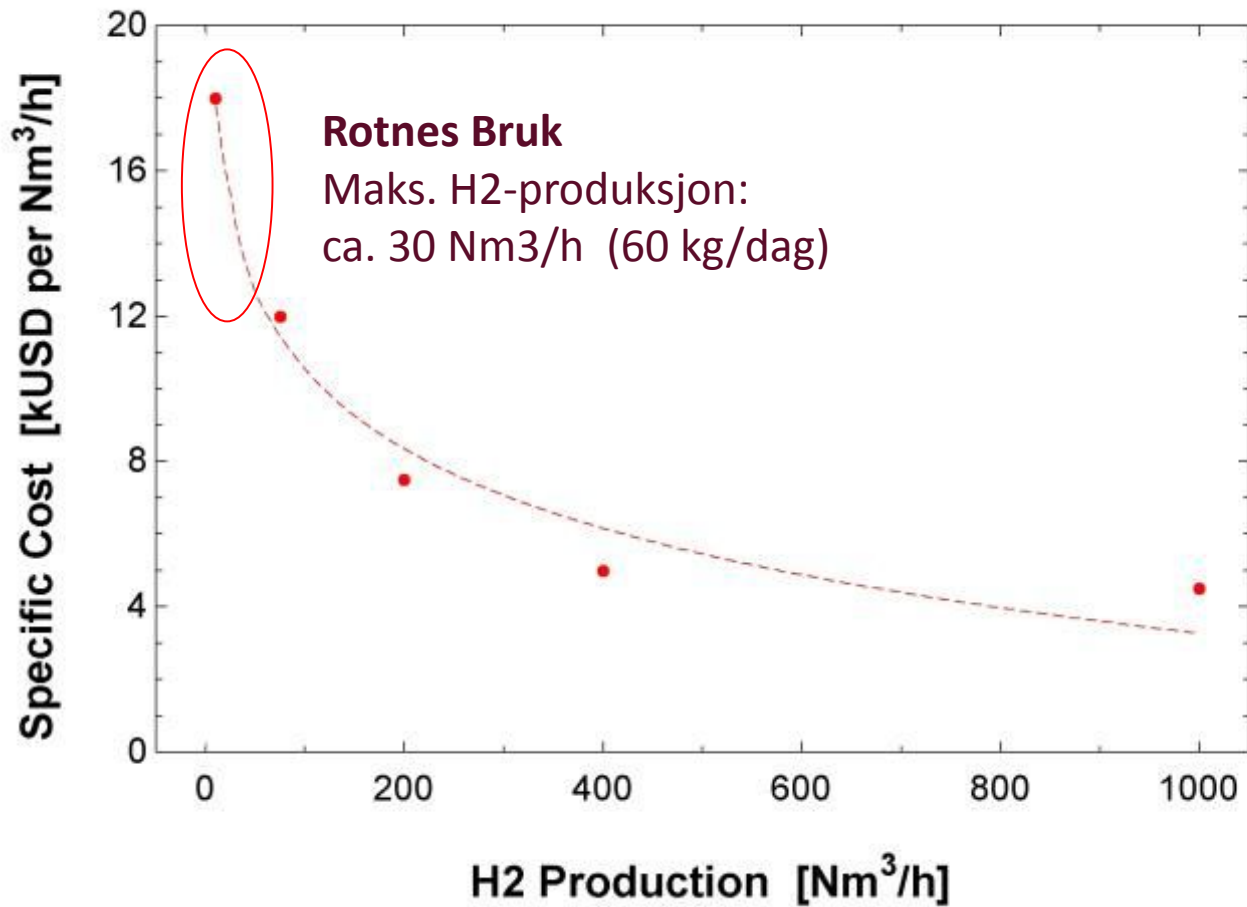


Driftstimer for fire ulike effektområder

År	0-49 kW	50-99 kW	100-149 kW	150-200 kW	Totalt	Maks. effekt kW
2009	679	1512	3135	3101	8427	179
2010	546	2435	2072	3462	8515	179
2011	1003	832	2299	3656	7790	182
2012	213	534	4112	3520	8379	179
2013	855	1410	2551	2960	7776	179
2014	451	1016	4103	2821	8391	178
2015	105	291	2805	3927	7128	183
Gjennomsnitt	550	1147	3011	3350	8058	180
	7%	14%	37%	42%	100%	

Vannelektrolyse

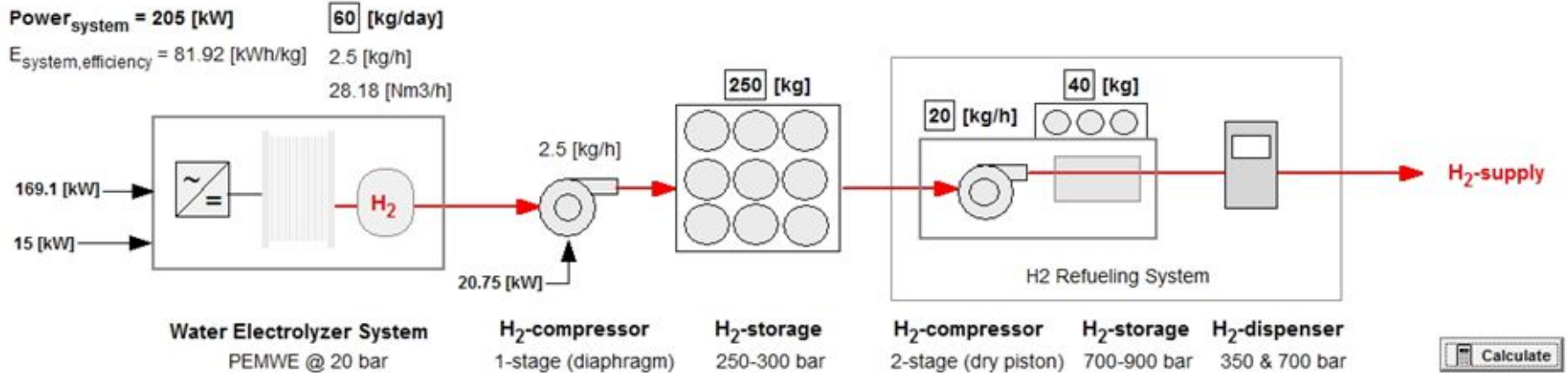
Spesifikke investeringskostnader (småskala)



Simuleringsverktøy

Local On-site Hydrogen Production & Refueling System

Ø. Ulleberg, IFE, Kjeller (2016)



Economic Calculations

Interest = 5 [%] interest rate
n_{years} = 10 [years] lifetime
C_{electricity} = 0.5 [NOK/kWh] cost of electricity
t_{stack,lifetime} = 90000 [h] stack lifetime
f_{utilization} = 60 [%] utilization factor
flag_{H2,filling} = 0 1 = Local H₂-filling (0 = None)
f_{subsidy} = 50 [%] Subsidy

Cost_{ely} = 4.373E+06 [NOK] 56 [%] H₂ water electrolyzer system
Cost_{H₂,comp} = 1.350E+06 [NOK] 17 [%] H₂ compressor (1st stage)
Cost_{H₂,store} = 2.025E+06 [NOK] 26 [%] H₂-storage (250-300 bar)
Cost_{H₂,filling} = 0 [NOK] 0 [%] H₂ refueling system (incl. 2nd stage comp.)
Cost_{tot,system} = 7.748E+06 [NOK] Total CAPEX (excl. works)
Cost_{subsidy} = 3.874E+06 [NOK] Financial support (on CAPEX only)
Cost_{annual,CAPEX} = 501680 [NOK/year] 47 [%]
Cost_{annual,OPEX} = 558282 [NOK/year] 53 [%]
Cost_{hydrogen} = 80.67 [NOK/kg] 9.0 [EUR/kg]

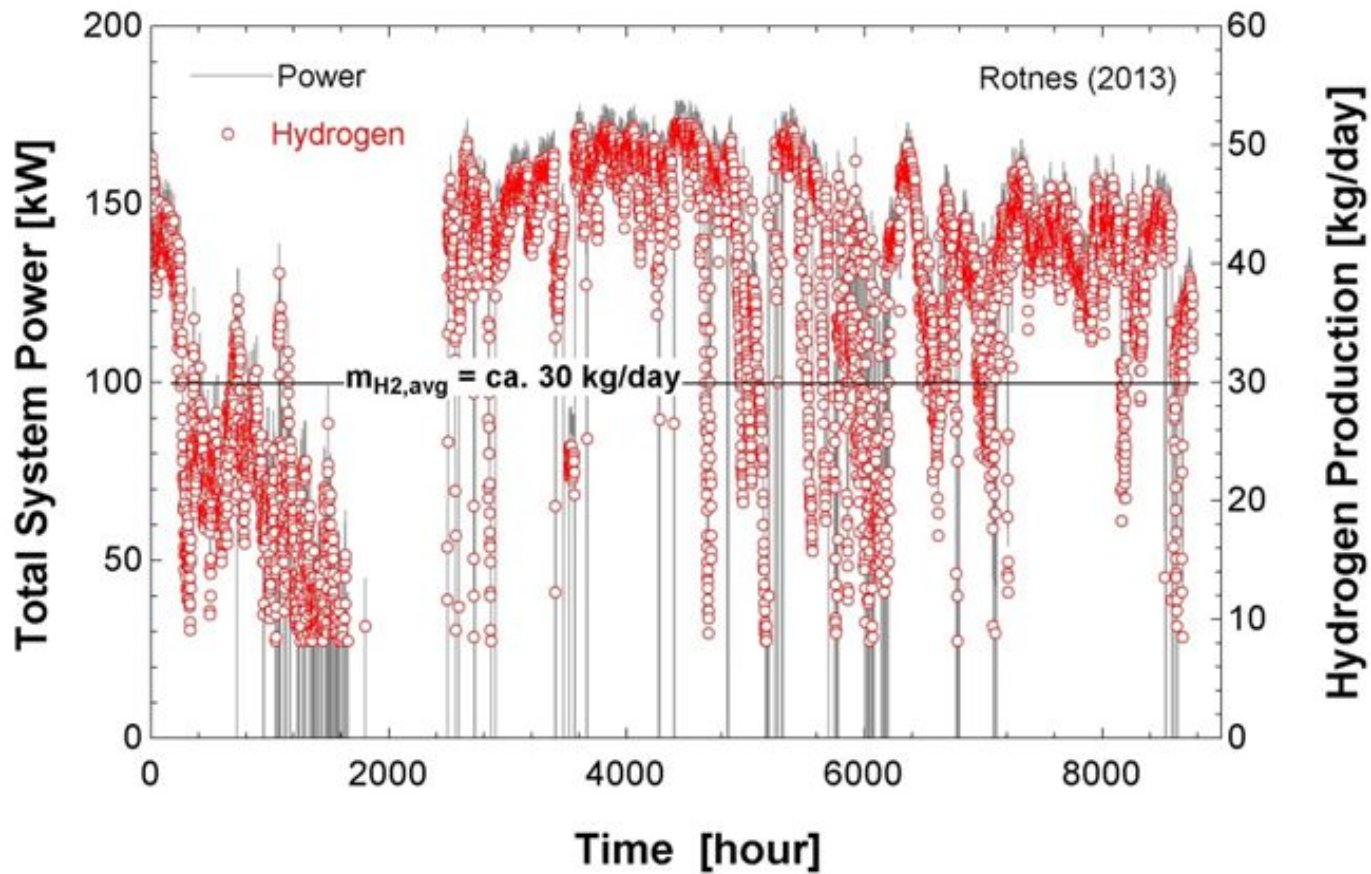
Hydrogenproduksjon

- Gjennomsnittlig årlig H₂ produksjon: ca. 12 000 kg/år, eller ca. 230 kg/uke, ca 33 kg/dag.
- (Kapasitet Uno-X stasjon i Sandvika: 200 kg H₂/dag)

År	0-49 kW	50-99 kW	100-149 kW	150-200 kW	Totalt kg
2009	0	1071	4725	6072	11868
2010	0	1799	3094	6886	11778
2011	0	612	3621	7356	11589
2012	0	441	6252	6773	13466
2013	0	1125	3888	5835	10848
2014	0	810	6388	5498	12696
2015	0	234	4388	7715	12336
Gjennomsnitt	0	870	4622	6591	12083

Hydrogenproduksjon

Vannelektrolyse ved variabel kraftproduksjon



Resultater

	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
Case 1	83 NOK/kg	125 NOK/kg	66 NOK/kg	109 NOK/kg
Case 2	121 NOK/kg	199 NOK/kg	105 NOK/kg	182 NOK/kg

- **Case Studier**

1. Lokal H2-produksjon -kompresjon og H2-lager, **uten** egen H2-stasjon
2. Lokal H2-produksjon -kompresjon og H2-lager + **lokal** H2-stasjon

- **Scenarier**

- A. Høy strømkostnad (0,45 NOK/kW), med investeringsstøtte (50%)
- B. Høy strømkostnad, uten investeringsstøtte.
- C. Lav strømkostnad (0,25 NOK/kW), med investeringsstøtte.
- D. Lav strømkostnad, uten investeringsstøtte.

Resultater

	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
Rotnes Case 1	83 NOK/kg	125 NOK/kg	66 NOK/kg	109 NOK/kg
Transportør	25 NOK/kg			
H2-stasjon	20 NOK/kg			
Totalt Case 1	128 NOK/kg	170 NOK/kg	111 NOK/kg	154 NOK/kg

- **Merknad!** H2-kostnad i denne studien (154 NOK/kg) er høyere enn i forrige IFE-studie (72 NOK/kg); årsak til avvik:
- Mer detaljert teknisk analyse og kostnadsberegninger:
 1. Vannelektrolyse (container + hjelpesystemer)
 2. Hydrogenlager (komposittanker)
 3. Frakt av hydrogen (Case 1)

Diskusjon

Konkurransedyktighet

- Lokal H₂-produksjon fra småkraftanlegg (med høy utnyttelse) kan være konkurransedyktig med storskala H₂-produksjon (med liten utnyttelse) i oppstarten av markedet (de neste 10 år).

Hovedfaktorer for lønnsomhet:

1. Vannføring (tilgjengelighet på kraft)
2. Strømkostnad (elektrisitetspris)
3. Avtale med operatør av H₂-stasjon (omsetning av H₂)

Diskusjon – egenskaper ved Rotnes

- Jevn vannføring kan gi jevn H2 produksjon
- Tett befolket område, gir potensielt høy etterspørsel
- Lokalisering ved hovedvei (Riksvei 4) gjør at egen stasjon er et reelt alternativ
- Lett tilgjengelighet gir gode transportmuligheter
- Kort avstand til eksisterende H2 infrastruktur (kunder)
- Oslo og Akershus har høye ambisjoner med egen hydrogenstrategi, og Akershus fylkeskommune planlegger å støtte (etablering) og drift av infrastruktur
- *Dette er blant faktorene som bør ses på når man vurderer potensialet for bruk av småkraft til H2 produksjon*

Konklusjoner

- Hydrogenproduksjon fra små småkraftverk vil kreve investeringsstøtte, og trolig også noe driftsstøtte i tidlig fase
- Lokale småskala vannelektrolyseanlegg (200 kW) kan være konkurransedyktige med andre alternativer i dag, men må ned i pris (NOK/kW) dersom de på lengre sikt skal kunne konkurrere med større anlegg (MW)
- Mer kostnadseffektive løsning for distribusjon av hydrogen ved 200 – 500 bar bør videreutvikles for større anlegg (MW), slik at hydrogen kan leveres til regionale brukere

Anbefalinger

- **Case 1:** Dersom hydrogen produsert ved Rotnes Bruk skal fraktes og distribueres til bruk regionalt, må det etableres langsiktige avtale med en operatør av hydrogenstasjoner
- **Case 2:** Dersom det skal etableres en lokal hydrogenstasjon ved Rotnes Bruk, bør denne knyttes opp mot en dedikert og lokal kjøretøyflåte
- **Generelt:** Småkraftforeningen og NVE bør kartlegge steder i Norge med størst potensial for høy omsetning av lokalt produsert hydrogen