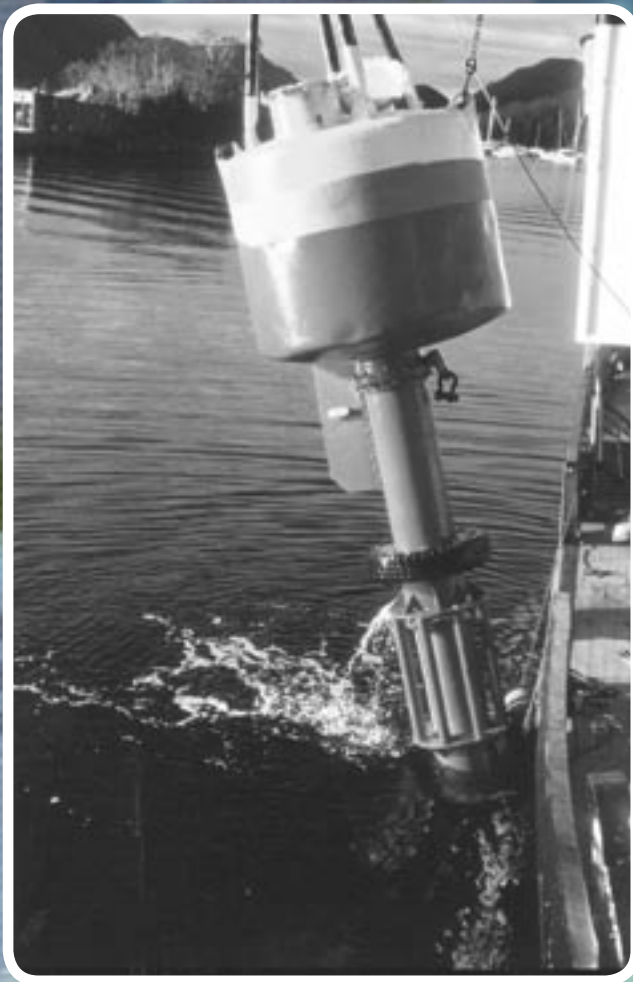


Fra Forsvarets forskningsinstitutt

# HISTORIE

$$[M_1 \sin(\beta - \theta)]^2 = 7(M_0 \sin \beta)^2$$



## Batteriteknologi



Det har vært en spennende oppgave å bidra til at mange av instituttets prosjekter helt fra begynnelsen av er blitt beskrevet på en oversiktlig og relativt lettfattelig måte. Slik kan interesserte skaffe seg kjennskap til meget av det instituttet har arbeidet med. Mange travle prosjektledere og medarbeidere har bidratt og har vist stor hjelpsomhet

og tålmodighet. Flere pensjonister har også gitt verdifulle bidrag. En spesiell takk til alle ved publikasjonsavdelingen. Denne samlede innsatsen har vært avgjørende. Jeg takker alle for en svært interessant og lærerik tid.

Red.

# Forord

Ved FFIs 50-årsjubileum i 1996 fikk Olav Njølstad og Olav Wicken, da ved Institutt for forsvarsstudier, i oppdrag å skrive FFIs historie for de første 25 år. Oppdraget tok spesielt sikte på å belyse instituttets rolle i en nasjonal sammenheng, i forhold til teknologiutvikling, industripolitikk og, med årene, forsvarsplanlegging. Kildematerialet var først og fremst FFIs arkiv med instituttets korrespondanse og møtereferater fra styrende organer, samt offentlige dokumenter av ulike slag, og Egil Eriksens og Egil Strømsøes samlede fremstilling av prosjekt-aktivitetene ved instituttet. Oppdraget ble løst på en utmerket måte ved utgivelsen av boken "Kunnskap som våpen". Den har i høy grad bidratt til å gi instituttet som helhet og dets tidlige ledere en velfortjent heder.

Imidlertid var det tidlig klart at oppdraget som ble gitt til Njølstad og Wicken ikke ville gi rom for nevneverdig omtale av selve gjennomføringen av instituttets prosjekter. Hvordan oppstod ideene som ledet til prosjektene? Hva var forutsetningene for gjennomføringen? Hvem stod for den, og hvilke utfordringer møtte de underveis? Med andre ord, vi savner vitnefastede nedtegnelser fra det "indre liv" i instituttet som frembrakte de resultatene som berømmes i nasjonalt perspektiv. Dette har vi bedt prosjektledere og prosjektmedarbeidere å fortelle om.

Hvordan skulle det gjenstående arbeidet legges an? Etter nøye vurdering har vi satset på en serie historiske hefter som hvert dekker et begrenset prosjekt eller fagområde. Det er flere fordeler ved denne løsningen: Arbeidene kan utgis etter hvert som de blir ferdige, og det krever ikke meget å utgi en forbedret utgave dersom feil eller mangler skulle bli påpekt.

Prosjektet har en risiko. Jo bedre vi lykkes med å få frem de viktige bidragene og bidragsyterne, desto kjedeligere blir det med de mangler som allikevel ikke unngås. Også med tanke på oppretting av slike mangler er hefteformen enklest.

Oppslutningen om dette prosjektet har vært meget stor, og mange tidligere og nåværende medarbeidere har bidratt. De er nevnt

som kilder for de enkelte heftene hvor deres bidrag befinner seg.

Instituttets uten sammenligning største og teknologisk bredeste prosjekt-område har vært utviklingen av sjømålsraketter. Den første Penguin-raketten ble i sin helhet utviklet av instituttet, og systemarbeider og kritiske deler er utviklet for de påfølgende versjoner av Penguin og NSM (Nytt SjømålsMissil). En samlet historisk fremstilling av denne virksomheten er i arbeid i regi av Kongsberg Defence & Aerospace. Vi har valgt å avvente den før vi tar stilling til om det er aktuelt å utgi et supplement innenfor denne hefteserien.

Erling Skogen er redaktør for det samlede prosjektet. Han har nedlagt et betydelig arbeid i bearbeiding av tekstene og fremskaffing og redigering av billedmaterialet.

Kjeller 1. mars 2003

Nils Holme

# Batteriteknologi

## BEREDSKAPSLAGRING AV TØRRBATTERIER Et FFI-prosjekt fra den tidlige etterkrigstid

*Intet varer evig, ei heller tørrbatterier. De dør under lang lagring. Forsvaret skal til enhver tid ha på lager nok tørrbatterier for å tilfredsstille behovet for å kunne drive batteridrevet sambandsutstyr et visst antall uker i en krigssituasjon uten nye forsyninger. Dette var et alvorlig problem særlig for Hæren, ikke minst økonomisk. Tørrbatterier hadde nemlig en garantert levetid på bare tre måneder for de minste batteriene, og opp til seks måneder for radiobatterier ved lagring ved romtemperatur, ifølge kravspesifikasjonene fra International Electrotechnical Commission (IEC). Bare en brøkdel av batterilageret ble brukt opp under regulære fredsøvelser før batteriene gikk ut på dato, og store partier med ubrukte og lagringsdøde batterier måtte kasseres\*.*

*Knut Endresen arbeidet med disse problemene i flere år, også i NATO-sammenheng, og har skrevet kort om dette prosjektet.*

### Før transistoren erstattet vakuumsrøret

Først flere år etter slutten av Den andre verdenskrig 1940-45 ble transistoren oppfunnet, og det tok deretter 10-15 år før transistorteknikken slo gjennom. Før denne tid benyttet man radorør med oppvarming av filamentet (glødetråden), noe som krevde et stort energiforbruk. For mobile sender-mottagere hadde man kombinerte batterier for anodespenning og glødespenning av anselige dimensjoner og vekt. I tillegg kom at kvaliteten ikke var særlig høy, og batteriene hadde en viss tendens til å lekke, slik at kontaktene ofte korroderte og ble ødelagt. Og de lykkelige eiere av de første reiseradioer måtte drasse med et såkalt anodebatteri av dimensjon og vekt nesten som en murstein.

Beredskapslagring av tørrbatterier var et betydelig økonomisk problem, og Generalinspektøren for Hærens samband anmodet derfor i 1953 Forsvarets forskningsinstitutt om å gjennomføre et prosjekt for å undersøke lagringsegenskapene ved redusert lagringstemperatur før bruk. Prosjektet ble ledet av Knut Endresen, med bistand av Per Furu, som sto for oppbyggingen av det tekniske utstyr for forsøkene.

### Etterlatte batterier i Antarktis holdt seg godt

Man startet selvfølgelig med å finne ut hva som forelå av tilsvarende undersøkelser. Det første kjente eksempel var at en amerikansk sydpolsekspedisjon i 1939 etterlot noen batterier i Little America. De ble funnet og testet 7½ år senere etter å ha vært lagret ved ca.  $-17^{\circ}\text{C}$ . I ett tilfelle viste det seg at kapasiteten var redusert med bare ca. 20%, og i et annet tilfelle fant man faktisk en tilsynelatende økning på 7% ! Mye tydet derfor på at langtidslagring ved lave temperaturer kunne være en god løsning. Men hva med levetiden i felten når batteriene ble tatt ut av fryselageret og overført til normal arbeidstemperatur? Ville frosten ha skadet selve batteriet slik at det hurtig mistet sin kapasitet, og ville det oppstå sterkere lekkasje på grunn av frysingen?

Problemet med lagring hadde man selvsagt også i andre land.

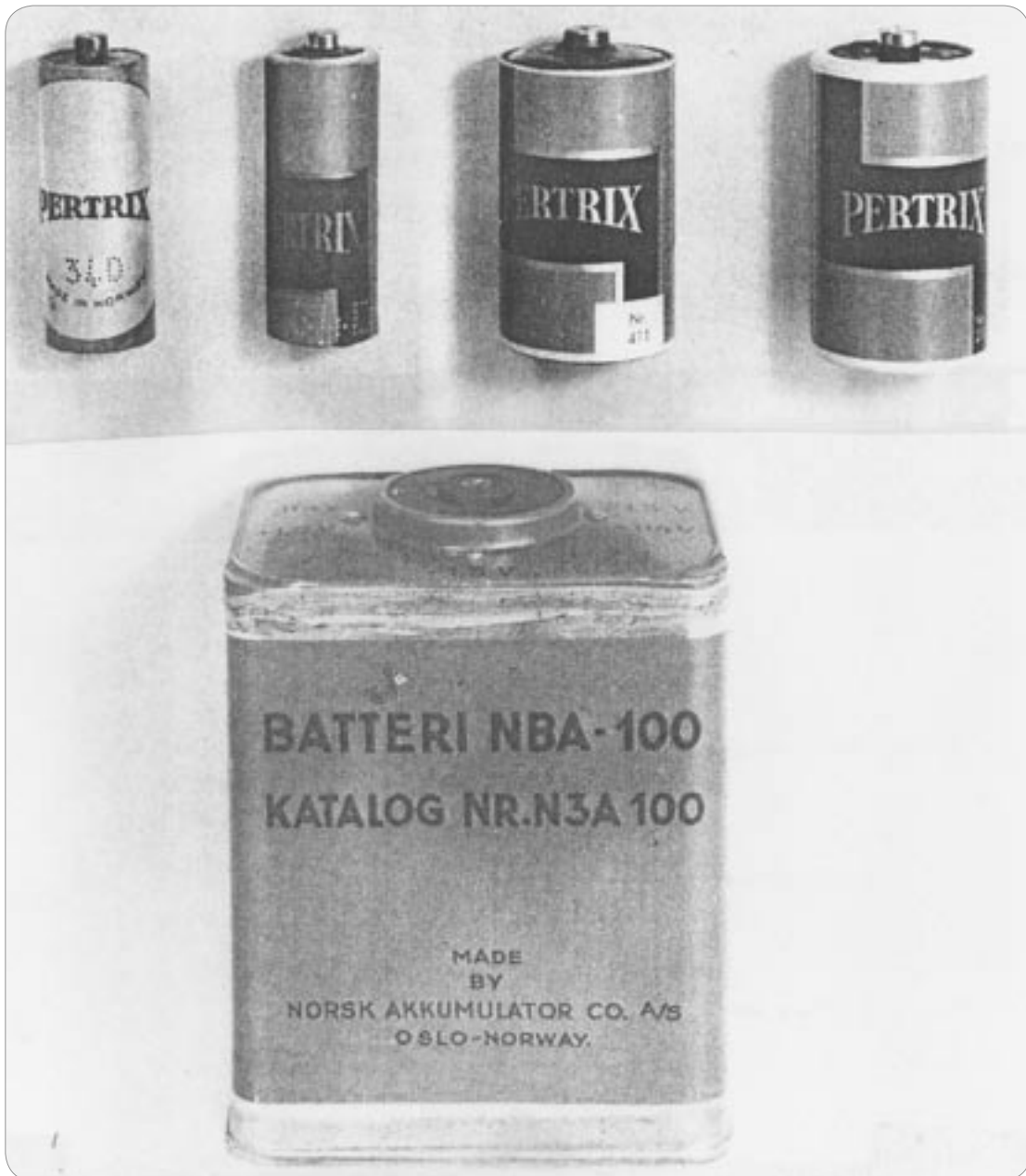
- Storbritannia, som antagelig hadde større batteriforbruk under regulære øvelser, hadde et greit prinsipp: Ubenyttede tørrbatterier ble kassert etter 9 måneder på lager.

<sup>1</sup>Det bør i forbifarten kanskje nevnes at FFI på et tidlig stadium foreslo for Forbrukerrådet at sivile batterier burde datostemples, idet batterier solgt over disk i fotoforretninger etc. nok ofte hadde tilbragt for lang tid på lager. Interessen for dette var imidlertid laber, og intet skjedde.

- For USA besto problemet blant annet i å få transportert batterier sjøveien til de oversjøiske styrker, og de fant at kuldagring under transporten var gunstig. Vanlig lagringstemperatur var  $-9^{\circ}\text{C}$ . Omfattende forskning ved Naval Ordnance Laboratories viste dessuten blant annet at for en bestemt batteritype kunne lagringsevnen økes fra bare ca. 9 dager ved  $+71^{\circ}\text{C}$  til ett år ved  $+21^{\circ}\text{C}$  og sannsynligvis 17 år ved  $-34^{\circ}\text{C}$ .
- Sverige hadde omtrent samme problemstilling som Norge, og de hadde gode erfaringer med lagring ved temperaturer helt ned til  $-30^{\circ}\text{C}$ . Måleresultater etter at de frosne batteriene ble overført til normale temperaturer var imidlertid ikke kjent for oss.

### FFI-prosjektet

Norske lagringsforsøk måtte nødvendigvis strekke seg over lang tid, og forskningsmessig sett kunne det være ønskelig å foreta



*De testede batterityper.*



parallele prøver med ulike lagringstemperaturer. Videre kunne det også være ønskelig å teste alle de batterityper som Forsvaret benyttet. Og i hvert prøvesett måtte det være et visst minsteantall batterier for å få representative resultater.

I stedet ble det valgt et opplegg som hurtig kunne gi en indikasjon på om man var på riktig vei. Man begrenset forsøkene til kun to temperaturer:  $-30^{\circ}\text{C}$  for fryselagring og  $+20^{\circ}\text{C}$  for den etterfølgende lagring med belastningsforsøk. Dette valg var relativt dristig, idet frysepunktet for de vanlige elektrolytter var ca.  $-21^{\circ}\text{C}$ , og ingen visste da hva som ville skje etter at dypfrossen elektrolytt ble tint opp ved den påfølgende lagring ved  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Forsøkene ble avgrenset til de mest benyttede batterityper:

- Det kombinerte batteriet NBA100 for den norske walkie talkie, hadde en anodespenningsseksjon med en stabel av flatceller på til sammen 114 volt og en glødespenningsdel med firkantede 1,5 volt celler. Batteriet var huset i en tett stålbeholder. En walkie talkie ble i felten benyttet i gjentatte sekvenser med kortvarig sending med høy batteribelastning fulgt av en noe lenger mottagningstid med lavere batteribelastning.
- De to mest vanlige runde kommersielle enkeltbatterier var av type R12 og R20 på 1,5 volt. Disse ble i felten vanligvis benyttet med kontinuerlig belastning i løpet av en normal dag.

### Hvordan skaffe $-30^{\circ}\text{C}$ samt forsegle batterier i plastposer?

En stabil temperatur på  $+20^{\circ}\text{C}$  ble enkelt oppnådd med hjelp av en vanlig romtermostat. Verre var det å få en stabil temperatur på  $-30^{\circ}\text{C}$ . Dette var jo på den tiden da mennesker med gode USA-forbindelser kunne oppnå lykken ved å få importert en luksuriøs Frigidaire, mens vanlige mennesker eventuelt måtte kjøpe isblokker til et kjøleskap. Men hverken Frigidaire eller isblokker løste problemet med dypfrysing. Man kunne eventuelt leie en boks i et fellesstativ. På den tiden kunne frysebokser på 40-50 l leies i noen butikker, men der var laveste temperatur ca.

$-18^{\circ}\text{C}$ . Vår redning ble Østlandske Fryserier AS på Lysaker som kunne tilby  $-30^{\circ}\text{C}$  stabilt.

Ved lagring skjer det visse kjemiske reaksjoner i batteriene. Derved utskiller eksempelvis en Leclanche-celle blant annet  $\text{NH}_3$ . For i størst mulig grad å hindre at denne gassen unnslopp ble det besluttet å lagre de enkelte prøvepartier i forseglede plastposer, med ett NBA100-batteri i én pose og 5+5 runde celler samlet i én pose. Dette var heller ikke så enkelt i etterkrigstiden, men etter mye leting kom man over et firma som kunne gjøre jobben med 0,05 mm polyetylen-poser som ble sveiset igjen.

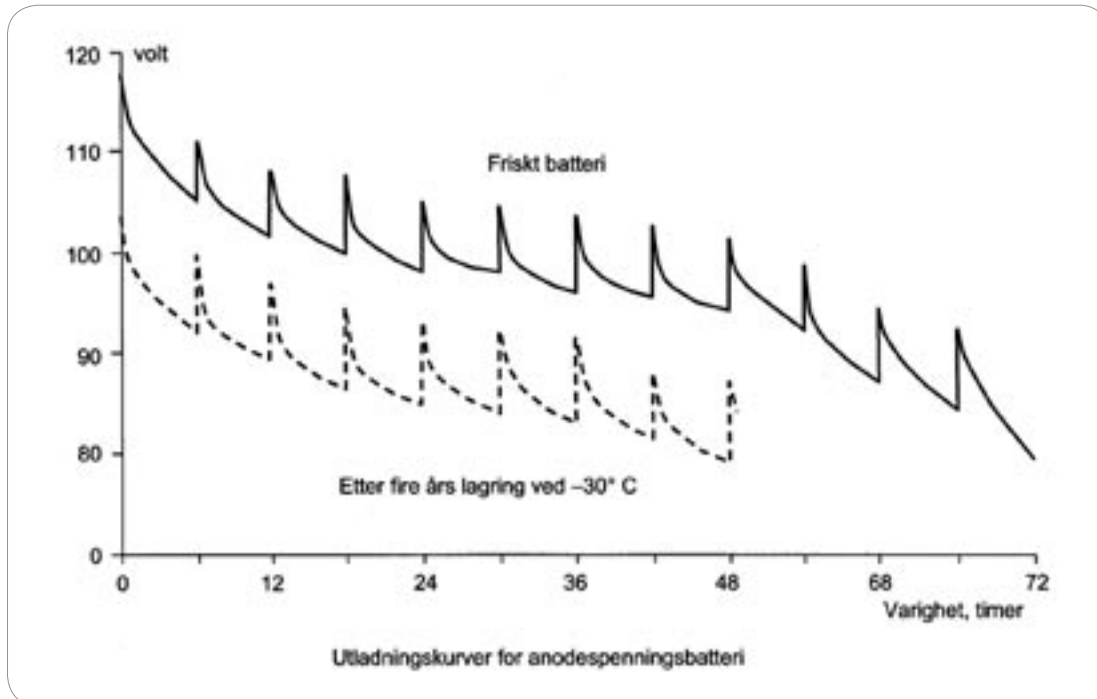
### Opplegget for utladningsprogrammet

For å gjennomføre utladningsprøvene i henhold til de militære krav ble det bygget opp et system med brytere styrt av et presisjonskoblingsur. Bryterne var av typen vippende kvikksølvbrytere for å oppnå jevn og minst mulig overgangsmotstand. Spenningsene over belastningene ble registrert av en blekkskriver og delvis også ved manuelle målinger.

Ved intermitterende drift avtar batterispenningen tilnærmet asymptotisk etter innkobling av belastningen. I hvileperioden før neste innkobling av belastningen tar batteriet seg litt opp igjen, så batterispenningen øker noe etter innkobling for så igjen å falle. Belastningsspenningen får derved likhet med en fallende sagtak-kurve.

Eksempelvis skulle et walkie talkie-batteri belastes i korte gjentatte sekvenser på 30 sekunder for sending fulgt av to minutter for mottagning i løpet av seks timer, fulgt av seks timers avslag. I hver sekvens var belastningen for lavspenningsdelen 6,15 ohm i det første halve minutt og 9,25 ohm i de følgende to minutter. Sluttspenningen var definert som 1,1 volt (1,5 volt celle). Anodespenningsbatteriet på 114 volt ble på tilsvarende måte belastet med henholdsvis 11,5 kohm og 80,4 kohm, og sluttspenningen var fastsatt til 80 volt.

Det skjematiske prøveopplegg var tilnærmet likt for alle batteritypene. Først ble et parti av hver type lagret direkte ved normal romtemperatur. Utladningsprøver ble foretatt etter 0, 3, 6, 9, 12, 18 og 24 måneder for

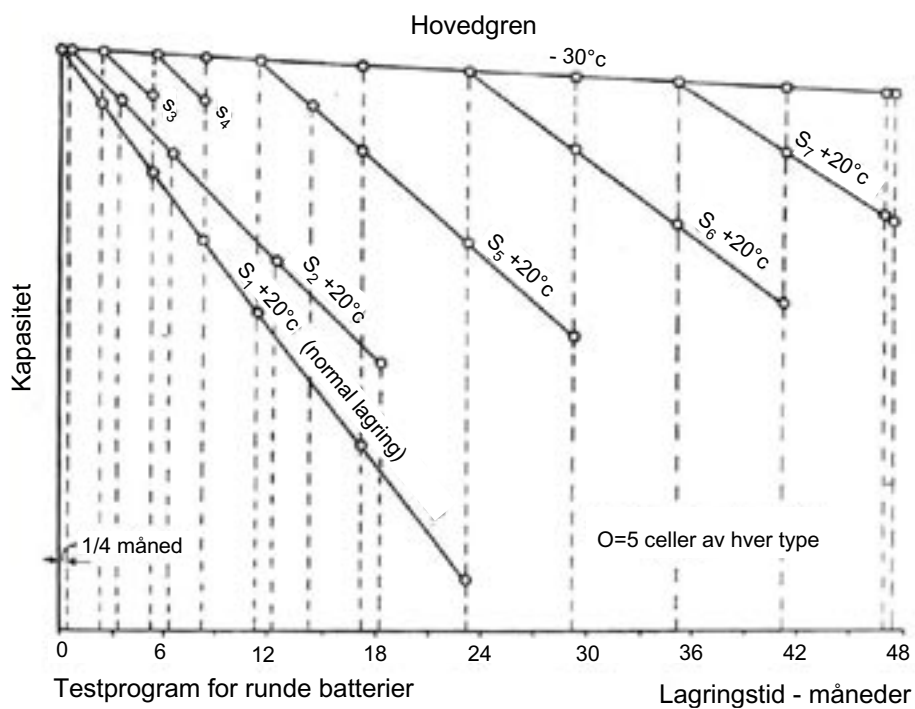
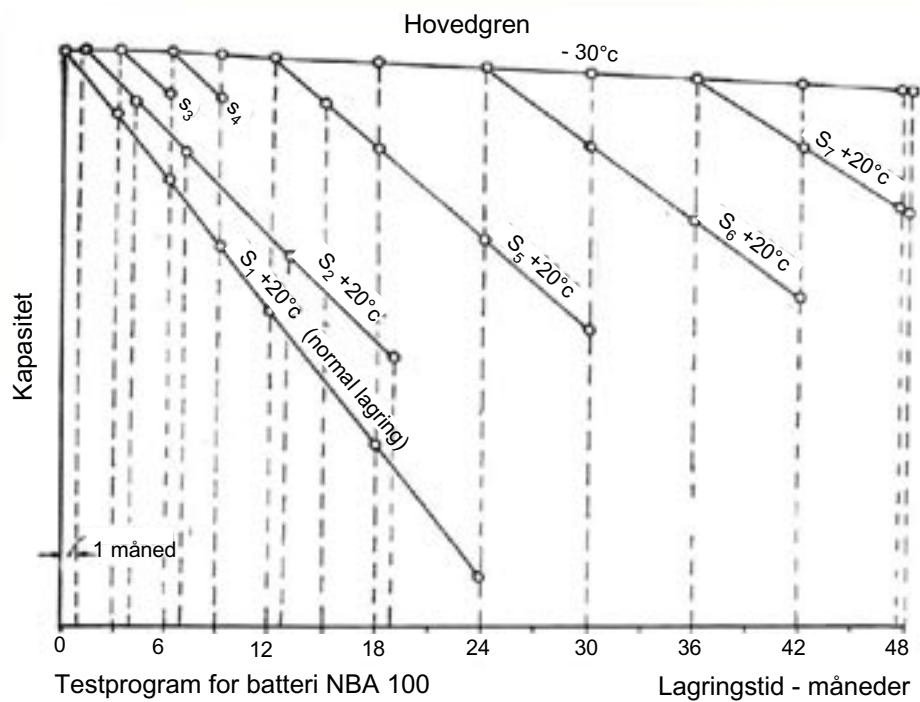


Typiske utladningskurver ved intermitterende drift for NBA 100 anodeseksjon. Seks timer på, seks timer pause.

NBA100s vedkommende, og kapasiteten (nyttig brukstid inntil den definerte sluttspenning var nådd) ble registrert. For de runde cellene ble prøvene foretatt etter omtrent samme tidsskjema. Disse kurveforløpene, S1, danner derved en referanse: Slik var kapasiteten etter lagring ved den tidligere lagringsmetoden.

### Dypfrysning lagring etterfulgt av lagring ved romtemperatur

Resten av batteriene ble lagret ved  $-30^{\circ}\text{C}$ . Etter én måned ble et prøveparti NBA100 overført til normal romtemperatur. Utladningstesting av batteriene i denne gruppen forløp som det forrige, med 3, 6, 12, og 18 måneder etter at de var overført fra  $-30^{\circ}\text{C}$  til  $+20^{\circ}\text{C}$ . Hensikten var å få en hurtig indikasjon på om frysning hadde medført dramatiske endringer. Så ble et nytt parti tatt ut og testet tre måneder etter at de var overført fra  $-30^{\circ}\text{C}$  til  $+20^{\circ}\text{C}$ . Tilsvarende skjedde etter at batteriene hadde vært frysning i seks måneder. Så etter ett år tok man ut fire poser som ble testet 3, 6, 12 og 18 måneder etter at de var overført fra  $-30^{\circ}\text{C}$  til  $+20^{\circ}\text{C}$ . Omtrent det tilsvarende skjedde to og tre år etter at batteriene var overført fra  $-30^{\circ}\text{C}$  til  $+20^{\circ}\text{C}$ .



Kapasiteten (Y-aksen) er definert som nyttig brukstid ved spesifisert utladningsmåte ved  $+20^\circ\text{C}$  inntil spenningen har sunket til grenseverdien. Hovedkurven H indikerer hvordan kapasiteten faller når batterier etter forutgående lagring ved  $-30^\circ\text{C}$  utlades ved  $+20^\circ\text{C}$ . Sidegrenene S, som starter på hovedkurven, angir kapasiteten når batteriene først har vært lagret de angitte tider ved  $-30^\circ\text{C}$  og deretter lagret ved  $+20^\circ\text{C}$ . Bemerk at diagrammene kun illustrerer metodikken ved opplegget og kun indikerer forløpene av måleresultatene, og ikke er i skala.



## Klare konklusjoner: Mange-doblet levetid ved fryselagring

Hovedgrenen ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) for NBA100 viste for glødebatteridelen et kapasitetsfall på 10-15% etter fire års lagring. For anodespenningsdelen var fallet ca. 25% etter fire år. Sidegrenene (de batteriene som ble overført til romtemperatur etter ulike lagringstider ved  $-30^{\circ}\text{C}$ ) var stort sett parallelle med grenen for batterier uten forutgående fryselagring.

Ved hver måling ble defekte batterier (alt for lav kapasitet og/eller lekkasje) registrert. På  $-30^{\circ}\text{C}$ -grenen var det praktisk talt ingen feil. På sidegrenene var feilfrekvensen omtrent den samme som for grenen for batterier som var direkte lagret ved romtemperatur uten forutgående fryselagring.

Konklusjonen for NBA100 (som var produsert etter norske militære spesifikasjoner) var derfor klar: Batteriet kan trygt fryselagres i langt mer enn fire år.

For de runde sivile batteritypene var testprogrammet omtrent som for NBA100. Konklusjonene var omtrent de samme: Batteriene kan trygt fryselagres i minst fire år. Det opptrer omtrent ingen lekkasjep problemer under selve fryselagringen. Ved overføring til lagring ved romtemperatur skjer det en viss lekkasje, men frekvensen av lekkasje er omtrent uavhengig av varigheten av den forutgående fryselagringstiden.

Som følge av de første måneders resultater kunne FFI på et tidlig stadium råde Hærens samband til å innføre fryselagring av tørrbatterier, et råd som ble fulgt.

Prosjektet ble presentert på et Nato-seminar i Bournemouth og vakte åpenbart interesse. FFI mottok senere flere henvendelser fra land i og utenfor Nato.

## FFI deltok også i standardiseringsarbeidet for tørre og våte batterier

I de første etterkrigsårene fantes det et unødvendig stort antall varianter av tørrbatterier på markedet. Det var derfor behov for standardisering både på militær og sivil side, og også for å standardisere testmetodene. FFI deltok her aktivt både innen Nato og IEC. Innen prosjektrammen vurderte man også om batterier av annen kjemisk sammensetning kunne være egnet for bruk under arktiske forhold. Blant annet ble det gjennomført et lite industrielt utviklingsprosjekt med litium-batterier. Med datidens teknologi var resultatene dog lite oppløftende.

Også når det gjaldt oppladbare batterier (akkumulatorer) var FFI aktivt med i det militære og sivile standardiseringsarbeidet.

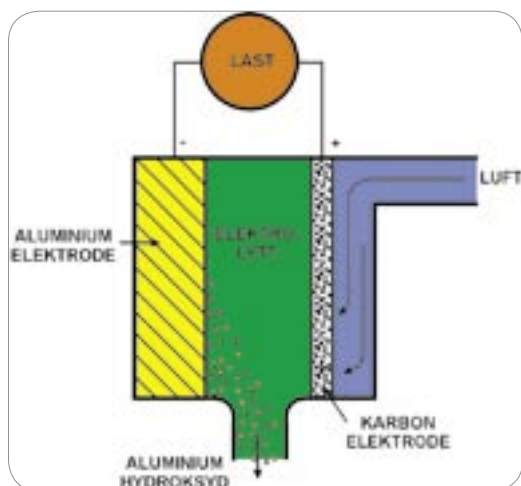
## BRENSELCELLER OG BATTERIER

*I slutten av 1960-årene var det påbegynt arbeidet to steder på FFI innen området Brenselceller og batterier: På Avdeling for fysikk (Avd F), der Per Thoresen gjorde teoretiske vurderinger, og på Avdeling for kjemi (Avd K), der Thorstein Våland gjorde eksperimenter. Da Thoresen ble forskningssjef på Avdeling for våpen og matriell (Avd VM) i 1971, der Avd K nå var innlemmet, ble arbeidet med brenselceller påbegynt under prosjektnavnet "Batterier for elektronisk utstyr i felt". Hovedfokus lå på lavtemperaturregenskaper, herunder litium-batterier. Norge ble en pioner på innføring av litium svoveldioksid-batterier og Vålands arbeid med de sikkerhetsmessige aspektene ved bruk av slike batterier er velkjent.*

### Brenselcelle i salin elektrolytt

Thorstein Våland ledet en gruppe som demonstrerte en aluminium/luft brenselcelle i såkalt salin elektrolytt (saltvann). Det var den

første i sitt slag i verden, og er et anerkjent arbeid i internasjonal sammenheng. Brenselcellen forbrente aluminium og tok oksygen fra luften. En fikk dermed tilbake ca. 25 %



Prinsippskjema for brenselcelle.

av den elektriske kraften som forbrukes for å produsere aluminium.

Et problem var at aluminium korroderte i en slik brenselcelle, og dermed ble forbrukt uten å gi nyttig strøm. Vålånd løste dette problemet og tok doktorgrad på emnet. Det var Thoresens mening at det mest interessante området for cellen var under vann, og i 1978 ble prosjektet rettet mot hele Forsvaret i stedet for Hæren alene og kalt "Strømforsyning i Forsvaret".

## Over til lut som elektrolytt

Etter hvert ble det klart at cellen med salin elektrolytt ikke ga tilstrekkelig effekt for Forsvarets behov, som stadig var økende. Videre hadde man problemer med passive-ring. Vålånd forlot på denne tiden FFI, og Nils Størkersen overtok prosjektledelsen og utviklet sammen med Øistein Hasvold, Kjell Håvard Johansen og Ole Mollestad, en celle basert på lut som elektrolytt.

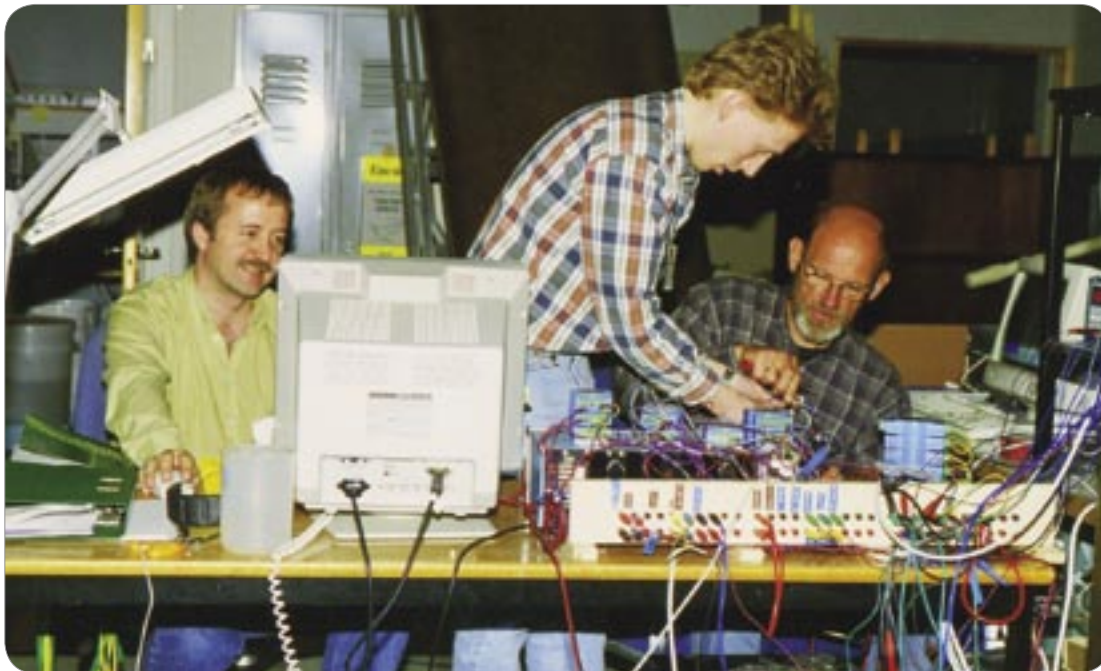
## Flere samarbeidspartnere

Per Thoresen fikk Standard telefon og kabel-fabrikk (STK) og Årdal-Sundal til å delta i prosjektet, og etter hvert ble det finske Neste også med. Samarbeidet raknet da STK ble overtatt av Alcatel, og Årdal-Sundal fusjonerte med Hydro. Etter noen tid lyktes det å få med Siemens, der direktør Frank Almås, som var leder for militærdivisjonen, ble overbevist om prosjektets muligheter. Betalt av Siemens, Hærens forsyningskommando (HFK) og Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND) ble en brenselcelle utviklet og tenkt satt i produksjon. Et par prototyper ble testet av Hæren.

Beslutning om kjøp ble aldri tatt. Hæren syntes nok ikke at fordelene med lav støy og liten varmeutstråling var store nok, i og med at brenselcellene ikke ble testet under strids-



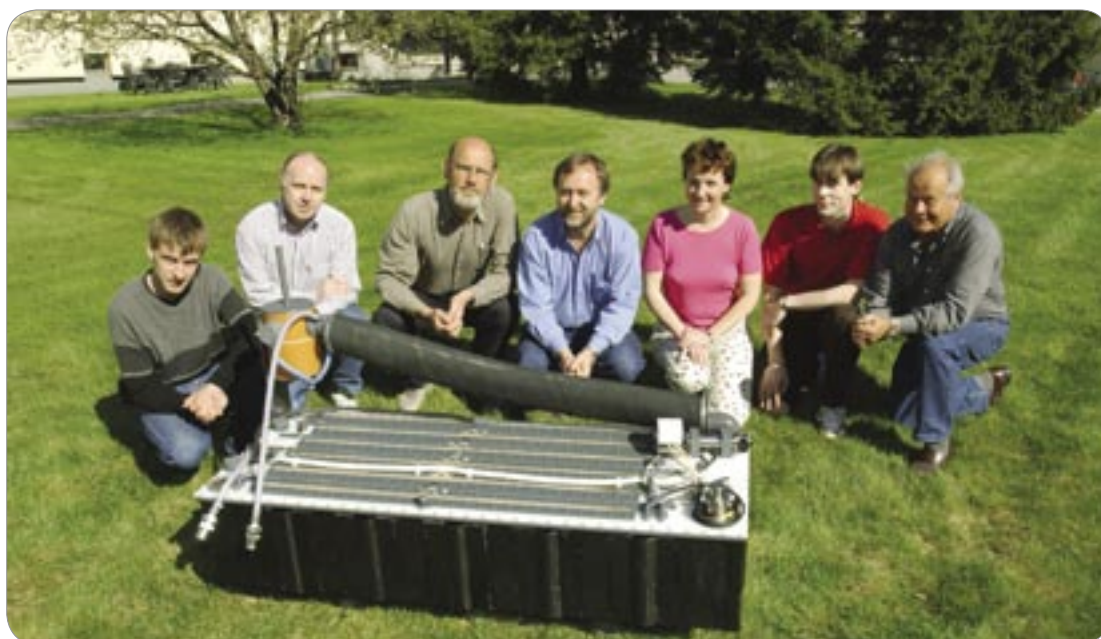
Prototyp av brenselcelle i militært kjøretøy. Ca. 1986.



*Kjell Håvard Johansen, Kjell Ove Kongshaug og Øistein Hasvold tester brenselcellen til HUGIN II. Ca. 1995.*

forhold. Prisen og enkelheten i dieseldrevne generatorer under fredssforhold ble utslagsgivende. Brenselcellen som ble utviklet av gruppen ledet av Størkersen var imidlertid et meget godt produkt og til dels enestående i sitt slag. Det var stor interesse fra det store amerikanske firma Alupower til samarbeid,

men dette stoppet fordi Hæren ikke kjøpte, og forsvarsavdelingen ved Siemens da ikke var interessert. Men arbeidene med brenselcellene var helt avgjørende for den senere utviklingen av sjøvannsbatterier og aluminium hydrogenperoksid-batterier som brukes i HUGIN 3000.



*Erik Haakaas, Ole Mollestad, Øistein Hasvold, Kjell Håvard Johansen, Sissel Forseth, Torleif Lian og Ole Syversen bak brenselcellen til HUGIN 3000. Ca. 2003.*

## SJØVANNSBATTERIER

Det var Thoresens klare oppfatning at det var under vann brenselcellene ville få størst betydning. Derfor ble Hasvold oppfordret til å se på problemstillingen. Han fant at i stedet for å bruke aluminium, som i brenselcellene, var det bedre å bruke magnesium. Forsøk med en primitiv celle ble igangsatt i begynnelsen på 1980-tallet. Cellen besto av en magnesiumstav omgitt av stålull med sjøvann mellom. Cellen virket ved at magnesium ble oksydert av oksygenet som er løst i vannet. Sjøvannet var elektrolytt, og oksygenet ble opptatt med stålullen.

### Samarbeid med andre

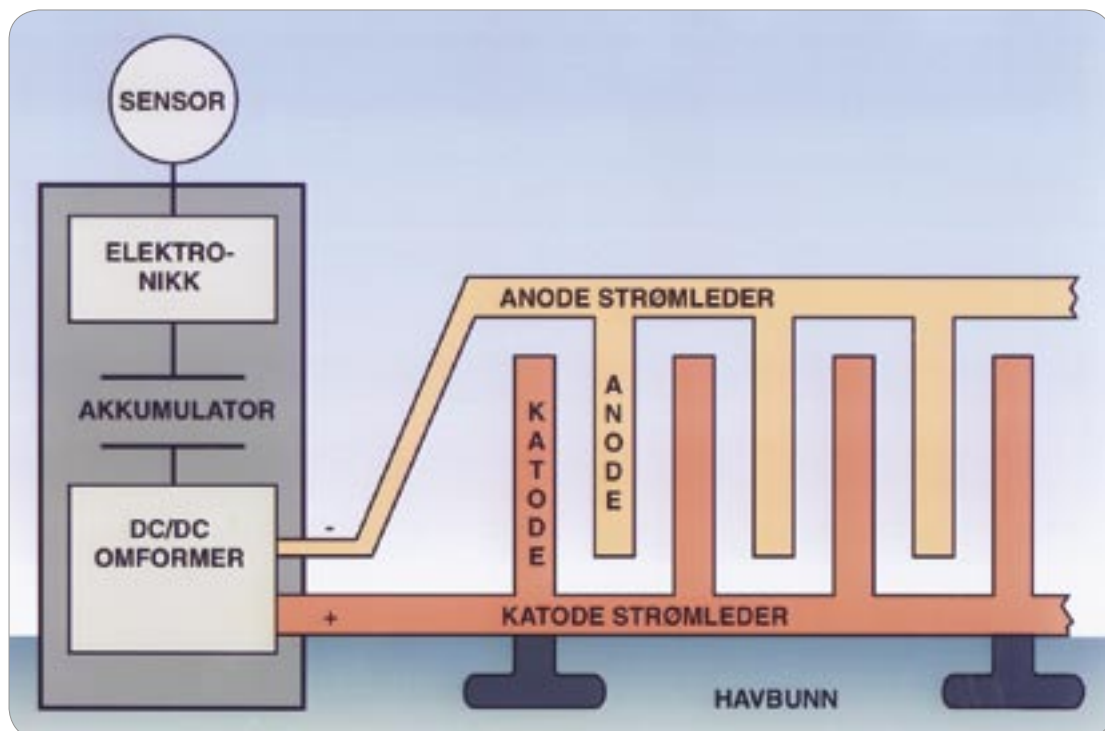
Samarbeidet om brenselceller med STK ble utvidet. STK fikk en henvendelse fra Marintek, Sandefjord, som hadde en forespørsel fra Statoil om å utvikle et sjøvannsbatteri. Basert på de innledende forsøk ble Hasvolds løsning grunnlaget for det videre arbeid i et samarbeid mellom FFI, med Nils Størkersen som prosjektleder, STK som fremtidig produsent, Marintek som skulle utføre eksperimentelle prøver og Statoil som skulle stå for finansieringen.

### Undervannsinstallasjon på Haltenbanken

En vellykket utvikling resulterte i at et batteri ble testet i en undervannsinstallasjon på Haltenbanken i 1988. Dette var en del av et Statoilprosjekt for å måle innsynking av havbunnen som følge av oljeutvinning. Sjøvannsbatteriene ga strøm til instrumenteringen på havbunnen. Forsøket var planlagt å vare i to år, men ble avbrutt på grunn av vanninntrengning i en transducer.

### Samarbeidet bryter sammen

Etter dette brøt samarbeidet sammen ved at STK var blitt overtatt av Alcatel. Statoils finansiering uteble, og dermed forsvant Marintek. En rekke forsøk for å få med industrien (Simrad, Kongsberg, flere offshore-firmaer, Hydro osv.) var resultatløst, og Siemens ble en passiv foreløpig eier av deler av teknologien. FFI måtte fortsette på egenhånd, og med finansiering av Forsvaret.



Prinsipsjema for sjøvannsbatteri.



*Utsetting av Kolbeinsflu lysbøye. Hustadvika 1994.*

## Kommersiell utnyttelse

I 1994 ble Simrad Subsea AS (senere Kongsberg Simrad AS) med på AUV-utviklingen (Se "HUGIN – Utvikling av autonome undervannsfarkoster ved FFI" i denne hefte-serien) og overtok rettighetene til kommersiell utnyttelse av sjøvannsbatterier og brenselceller. Det var divisjonssjef Rolf Arne Kleppaker som sto for den djerne avgjørelsen, og sjøvannsbatterier ble i tiden framover markedsført som et nisjeprodukt i Simrads portefølje innen undervannsteknologi. I mellomtiden hadde FFI utviklet en versjon av sjøvannsbatteriet som kunne brukes i Kystverkets lysbøyer langs norskekysten, og Simrad Subsea leverte en serie slike batterier til kystverket.

I 1994 innledet FFI og Simrad Subsea et samarbeid med oljeselskapet Agip om utvikling og leveranse av et sjøvannsbatteri til en oljeinstallasjon utenfor sørpissen av Italia.

Dette batteriet ble plassert på havbunnen på 180 m dyp i januar 1996 og leverte strøm til oljeinstallasjonen over en to-års periode, før feltet gikk tørr for olje. Senere har Kongsberg Simrad bl.a. solgt stasjonære sjø-



*Sjøvannsbatteri under utsetting i det Joniske hav 1996. Kapasitet 650 000 Wh ved 30 W last.*



vannsbatterier til Japan for strømforsyning av vitenskapelig instrumentering på svært dypt vann (ned til 6000 m).

*Bidragstere: Per Thoresen, Nils J. Størkersen, Øystein Hasvold.*



## Tidligere utgitt i denne serien

1. Om FFIs etablering på Kjeller og utviklingen fram til 1996
2. Terne – et anti ubåtvåpen
3. Datateknologi
4. Radiolinjer
5. Virkninger av kjernevåpen
6. Spredning av stridsgasser  
Kamouflasje
7. Ildledning og navigasjon
8. Luftvern og sårbarhet av flystasjoner  
Olje, gass og norsk sikkerhet
9. Bildebehandling og mønstergjenkjenning
10. Noen spesielle teknologiområder
11. Elektrooptikk
12. Nærhetsbrannrør for 81 mm bombekastergranat
13. HUGIN – Utvikling av autonome undervannsfarkoster ved FFI
14. Bioenergi  
Teltovn M 94 – flytende brensel  
Hermes og Jeeves

