

Kristin Øye Gjerde and Arnfinn Nergaard

GETTING DOWN TO IT

50 YEARS OF SUBSEA SUCCESS IN NORWAY

“Subsea technology in Norway is quite simply a Norwegian ‘space adventure’. It’s one of our biggest export industries, it’s sustainable and, not least, it’s the way forward.”

Owe Hagesæther, CEO, GCE Ocean Technology



THE AUTHORS



Kristin Øye Gjerde (b 1955) is senior historian at the Norwegian Petroleum Museum and adjunct associate professor in the department of archaeology, conservation and history at the University of Oslo. She has been the author and co-author of a number of books on maritime, electricity, local and oil history, including *On the Edge, Under Water. Offshore Diving in Norway* (2009), *Stavanger bys historie, volume IV, Oljebyen* (2012) and *Sprenger grenser. Historien om IVAR IKS* (2015). Gjerde is now manager for the Ekofisk industrial heritage project at the museum.



Arnfinn Nergaard (b 1947) is a professor emeritus at the University of Stavanger (UiS). He has an MSc in engineering and secured his PhD in petroleum technology in 1976. Nergaard worked in Norsk Hydro’s oil division and in several Smedvig companies, including as technology vice president at Smedvig Technologies. He became a professor with special responsibility for subsea technology at the UiS in 2004, and developed subsea production systems as a subject in the university’s Norwegian and international MSc programmes.

KAPITTEL 2

Tabell 2.1 Boring av brønner i blokk 2/4 på Ekofisk

Brønn-navn	Boring startet	Boring ferdig	Formål	Innhold
2/4-1	25.08.1969	16.09.1969	WILDCAT	OIL/GAS SHOWS
2/4-2	18.09.1969	24.12.1969	WILDCAT	OIL
2/4-3	27.01.1970	31.05.1970	APPRAISAL	OIL
2/4-4	02.06.1970	01.08.1970	APPRAISAL	OIL
2/4-5	21.06.1970	27.08.1970	APPRAISAL	OIL

Kilde: NPDs faktsider

prosjektet. Det ene ble installert på en konstruksjonsleker, det andre på Gulftide. Dette var de første metningssystemene i norsk sektor av Nordsjøen.

Taylor utførte tilkoblingsarbeidet til den første brønnen, men de tre siste brønnene tok dykkere fra Ocean Systems seg av. Phillips krevde at også Ocean Systems skulle ha et metningssystem i beredskap, men det skjedde ikke. Ocean Systems foretrakk å la dykkerne bruke velprøvd tungt hjelmdykkerutstyr. De brukte ikke en gang dykkerklokke for å komme seg ned. Dykkerklokken tålte ikke så mye sjø, men med hjelmdykkerutstyr gikk det fint når dykkeren kom ned på tilstrekkelig dyp.¹⁴ Arbeidet var tungt, og det måtte mye tilpassing til for at alt skulle bli som planlagt. Mekaniske koblinger ble brukt. Noen av dem hadde små O-ringer, mens andre hadde dimensjoner som krevde krankapasitet. Den siste brønnen ble gjort ferdig i løpet av fem dager, noe Phillips var godt fornøyd med.¹⁵

Den 9. juni 1971 ble Gulftide offisielt åpnet av statsminister Trygve Bratteli. Produksjonen startet likevel ikke før 8. juli, og da bare fra én brønn. I september samme år kom brønn nummer to i produksjon, måneden etter var den tredje klar, og i februar 1972 var alle fire brønnene i drift. Produksjonstallene viste at de fire brønnene produserte 10 000 fat olje per døgn hver, noe som ble regnet som svært bra.

Funn på og utbygging av Ekofisk, Frigg og etter hvert Statfjord, på henholdsvis 70, 100 og 150 meters havdyp, førte til stor økonomisk optimisme blant oljeselskapene. Utfordringen var at to tredjedeler av norsk kontinentalsokkel lå på større havdybder enn 200 meter. Ingen hadde utviklet olje- og gassfelter på så store dybder før. Til det trengtes nye teknologiske løsninger.

Norske myndigheter satser på subseakompetanse

Norske myndigheter hadde i utgangspunktet lite eller ingen kunnskap når det gjaldt undervannsteknologi. Kompetansen var langt større når det gjaldt havet generelt med landets lange tradisjoner innen skipsfart og fiskeri.

I april 1969, før Ekofiskfeltet ble påvist, etablerte Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd et kontinentalsokkelkontor (NTNFK) i Oslo for å utvikle nasjonal kompetanse for kontinentalsokkelteknologi. NTNFK fikk bevilgninger til et femårig forskningsprogram for den norske kontinentalsokkel – hovedsakelig for området mellom Møre og Lofoten. For første gang ble forskning på undervanns-

NYBEGYNNERE PÅ HAVBUNNEN



De fire ventiltrærne som produserte olje på havbunnen på Ekofisk i 1971 måtte betjenes manuelt av dykkere. Et av dem er bevart og står på kaien utenfor Norsk Oljemuseum. Foto: Norsk Oljemuseum

teknologi i Norge nevnt i offentlige papirer: Store deler av kontinentalsokkelen sør for 62. breddegrad var allerede utlyst gjennom de to første konsesjonsrundene i 1965 og 1968. Nå gjaldt det for nasjonen å skaffe seg kunnskap om områdene lenger nord, fortrinnsvis geologisk kunnskap fra seismiske undersøkelser. Da trengtes det blant annet tekniske hjelpemidler for å kunne skaffe seg den nødvendige kunnskapen. Utbygging av undervisningskapasitet og norsk kompetanse i oljeleting og undervannsteknologi ble nevnt som viktige stikkord.¹⁶



KAPITTEL 6

UNDERVANNSTEKNOLOGI PÅ NORSK

Arnfinn Nergaard

I mai 1979 arrangerte Norsk Petroleumsforening det aller første Norsk Undervannssymposium (NUS) i Haugesund. Foredraget «Produksjonssystemer på bunnen» av Bjørn Welby i Norsk Hydro bar bud om fremtidig satsing på undervannsteknologi. Men det var forbehold: «... det eksisterer ikke konkrete planer om slike utbygginger de nærmeste årene. På tross av dette bør norsk industri forberede seg på de oppgaver som måtte komme». Samme måned som Haugesundssymposiet ble arrangert, presenterte Elf fire konsepter for utbygging av Nordøst Frigg. Noen måneder senere flyttet fem Hydro-ingeniører med familier til Stavanger som partner-representanter i Nordøst Frigg-utbyggingen. Noe var på gang.

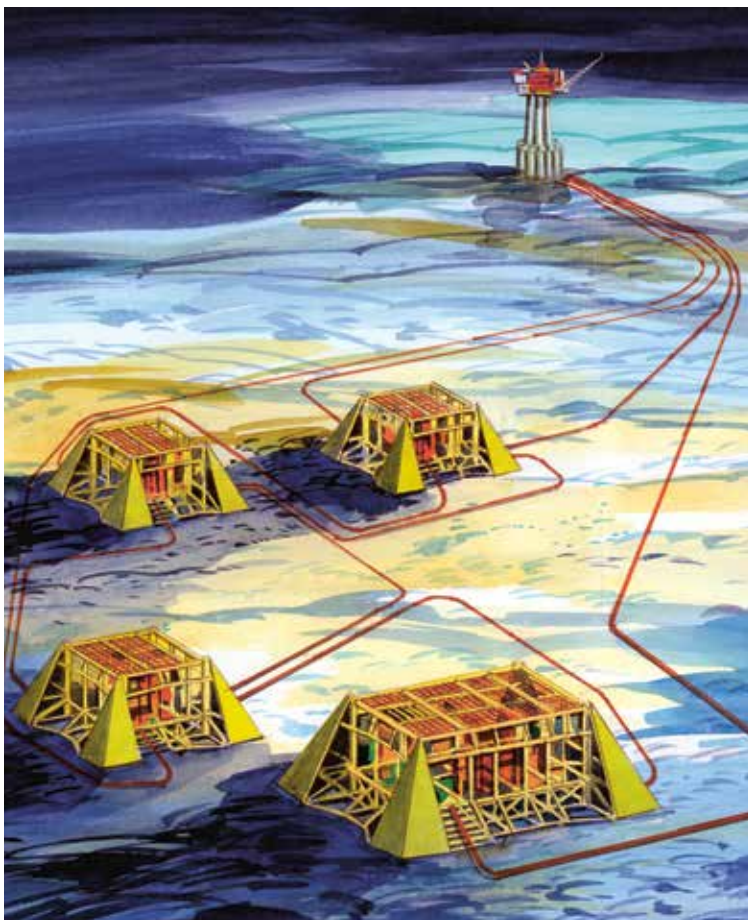
Plan for utbygging og drift (PUD) for Nordøst Frigg ble godkjent 9. september 1980. Elf var dermed først i løypa med norsk undervannsteknologi relatert til undervannsproduksjon. Hydro og Statoil var med på laget med ubeskjedne ambisjoner om etter hvert å kunne måle krefter med de store. I løpet av 1980-årene kom fem norske undervannsanlegg i produksjon. I tillegg til Elfs Frigg-satellitter Nordøst Frigg og Øst Frigg kom Statoil med Gullfaks A-satellitter og Tommeliten og Norsk Hydro med Oseberg-satellitter. Ved inngangen til 1990-årene var dessuten Hydros Troll Oseberg gassinjeksjon (TOGI) langt på vei ferdigstilt, mens Sagas Snorre UPA var godt i gang. Dette var begynnelsen på det som i dag kan beskrives som et moderne norsk industrieventyr. Statoil og Norsk Hydro ble de norske pionerene med flere ferdigstilte prosjekter i 1980-årene.

Med godkjenning av Gullfaks-utbyggingen i 1981 og Oseberg-utbyggingen i 1984 startet prosessen med å kvalifisere Statoil og Hydro som fullverdige oljeselskaper. Begge utbyggingene fikk egne subseaprojekter i prosjektene, og både Hydro og Statoil fikk sin første egenproduserte olje fra subseabrenner.

Dette kapitlet handler om hvordan de to norske selskapene på hver sin kant lærte seg å beherske undervannsteknologien. Hvordan samarbeidet de, og hvordan kunne konkurransen og prestisjekampen dem imellom medføre teknologiske

TOGI bunnramme løftes ut fra Rosenberg i Stavanger.
Foto: Norsk Oljemuseum

| 91



FRA PROTOTYPER TIL SUBSEASYSTEMER PÅ KONGSBERG

komme raskere i gang med å reparere en skade eller skifte en defekt del slik at produksjonen kunne gå som den skulle.

Subsea-modulene til Draugen og Statfjord-satellitene bar frukter for flere bedrifter. Arbeidet omfattet vertikale undervannstrær, havbunnsrammer med samlerør og kontroll-distribusjonssystem. Brønnrammene ble fabrikkert ved Kaldnes de Groots verft i Tønsberg på underkontrakt for KOS.⁴ Undervannstrærne ble fabrikkert i Dunfermline i Skottland som et oppdrag fra FMC. Liaen i Ålesund leverte en helt ny type insertventiler på manifoldene, og Framo i Fusa utenfor Bergen leverte pumper.

Framo og verdens første subsea flerfasepumpe

En av utfordringene med olje- og gassproduksjon fra en havbunnsbrønn til prosessplattform er at rekkevidden er begrenset på grunn av trykkfall og strømningsforhold. Dette blir spesielt merkbart når brønnens eget trykk synker over tid.⁴ For å holde trykket oppe og øke produksjonen på Draugen ble Framo Engineerings tekniske nyvinning – den første flerfasepumpen – installert på 275 meters dyp uten bruk av dykkere.⁴ Avstanden fra havbunnsbrønnen til platformen var seks kilometer.

Framo Engineering var opprettet midt i 1980-årene, med utløp fra utviklingsavdelingen i Frank Mohn AS i Bergen. Allerede i 1986 innledet Norske Shell et samarbeid med Framo Engineering i Poseidon-prosjektet for å utvikle forskjellige konsepter for pumping av flerfasebrønnstrøm. Flerfasepumpen ble utviklet for å kunne gi strømningsøkning, «boosting», av strømmen av olje, gass, vann og sandpartikler som ble ført gjennom samme ledning fra produksjonsbrønn til platform. Poseidon-pumpen var verdens første av såkalt helico-axial type med høyt turtall for å generere trykket. Pumpe-enheten hadde en kompakt utforming spesielt for bruk på havbunnen.

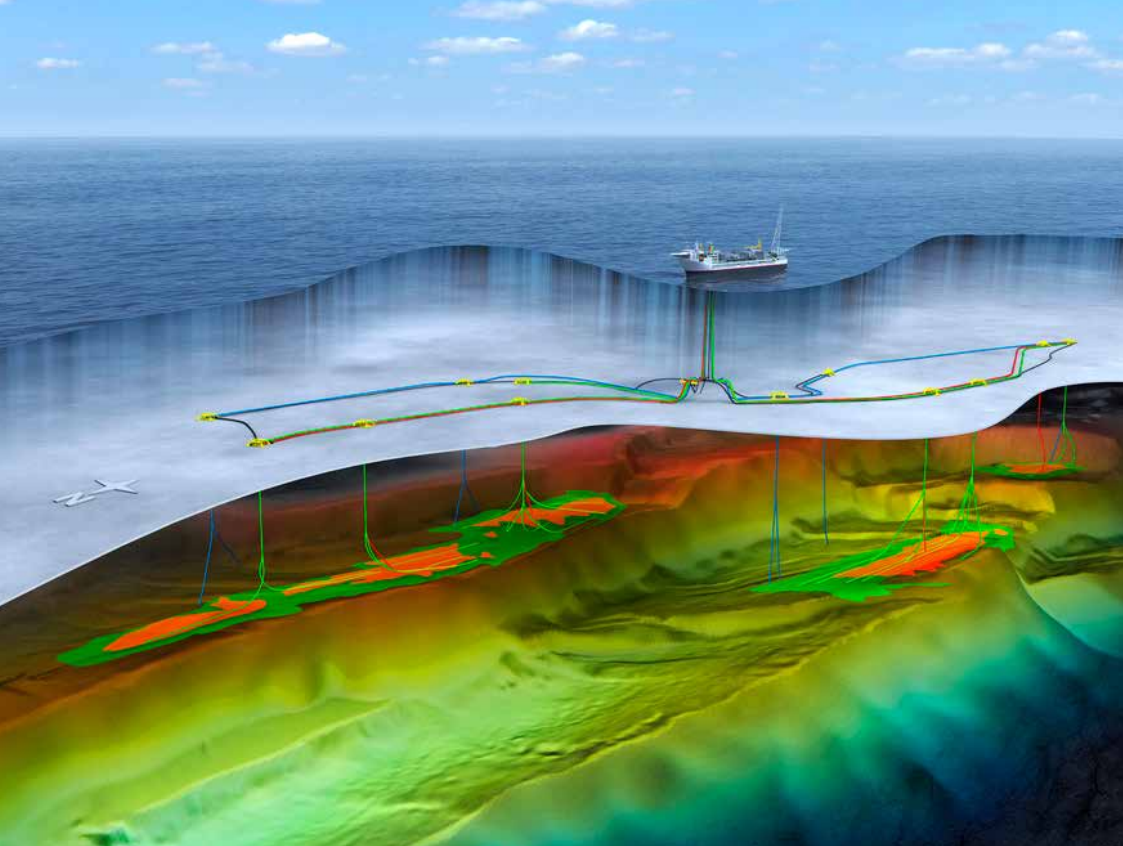
Fordelen med å øke farten i brønnstrømmen er at det blir skapt et undertrykk på pumpens sugeside i retning reservoaret. Undertrykket gjør at oljen strømmen lettere opp av reservoaret og på den måten øker utvinningsgraden.

Det spesielle på Draugen var at Shell valgte å drive pumpen med vanntrykk fra injeksjonsvann. Injeksjonsvannet gikk innom pumpeanlegget på sin vei fra platformen til en injeksjonsbrønn og sørget for den nødvendige kraft til brønnstrømpumpen. Den tekniske nyvinningen ble kalt Shell Multiphase Underwater Booster Station (SMUBS). Testingen for forholdene på Draugen skjedde ved Frank Mohns testanlegg for flerfasepumper på Flatøy.⁴

Systemintegrasjonen av Framo-pumpene var et stort teknologisk gjennombrudd. Prinsippet med å drive pumpen med injeksjonsvann var likevel ikke så vellykket. Det viste seg at kraften som ble brukt til å drive pumpen gikk ut over vanninjeksjonen og i neste hånd oljeproduksjonen. Pumpen var derfor bare i drift i et halvt år.

I 1980- og 90-årene ble ofte kunstnere brukt til å gi et visuelt bilde av installasjoner på havbunnen. Denne skavellen viser Statfjord Nord satellittfelt. I bakgrunnen er Statfjord C-plattformen synlig. Kunstner: Jan Ulriksen

| 127



CHAPTER BY CHAPTER

1. New industry meets Norwegian politics

Most of the blocks in Norway's North Sea sector were put on offer by the industry ministry in 1965. Oil exploration was under way on Norwegian terms.

2. Novices on the seabed

The giant Ekofisk oil and gas field was discovered in 1969 and came on stream in June 1971 from Norway's first subsea wells. Most of the technology derived from the USA.

3. From diving to remote operation

A test in the Skånevik Fjord in 1978 where an American diver died showed that diving could not cope with deep water at the time. Subsea solutions were developed and eventually replaced divers.

4. Subsea technology in French

The 1980s proved the breakthrough decade for subsea production and its associated technology off Norway. It began with a French fascination for new technological solutions.

5. Multiphase flow – deeper, further and colder

Chemical processes which can do great damage to pipelines and process plants occur when a mix of oil, gas and water is piped over long distances. Norwegian subsea specialists overcame

the challenge and made it possible to develop more discoveries efficiently and profitably.

6. Subsea technology in Norwegian

Elf was first off the mark with Norwegian subsea production technology. Norsk Hydro and Statoil were the “apprentices” with boundless ambition, and quickly became leaders in this field.

7. From prototypes to subsea systems at Kongsberg

The seabed wells installed off Norway in the 1980s meant the technology was so well tested that it posed a serious challenge to traditional fixed platforms. Norway's Norsok project was launched in 1993.

8. Standardising to enhance competitiveness

Standardisation was another way to make offshore developments more profitable. The idea came from the UK's Crine project, which was launched in 1993.

9. Consolidation of key vendors

The European Economic Area agreement in 1994 helped to maintain competition and a diversified subsea community. Requiring three bidders for each major contract gave a boost to big players KOS, Kværner and ABB.



10. Breakthrough for floaters

Floating production solutions mean that all the wells are subsea completions tied back to one or more floaters. It took only a few years for this approach to become dominant.

11. From subsea to shore

The big year for bringing subsea-to-shore projects on stream was 2007. Snøhvit in the far north started up on 21 August, followed by Ormen Lange off mid-Norway on 7 October.

12. Doing the heavy work subsea

Combining practical experience, from engineers at the top to workers on land and offshore, is crucial in subsea work. Norwegian companies with maritime traditions compete with big foreign industrial companies over this market.

13. Technology development – a high-risk sport

The road to success has been tortuous and unpredictable. Even a technically good invention will only be successful if it finds a market.

14. A subsea tour of Norway

The underwater technology sector has made its mark in many parts of Norway, from Egersund in the south to Trondheim – and not least the “Subsea Valley” from Oslo to Kongsberg. Each area has developed its own specialities.

15. Deeper water, higher exports

Three hundred metres was regarded as the maximum water depth for petroleum production off Norway in the 1980s and 1990s. That limit is down to about 3 000 metres today. Norwegian players are involved in ultradeep waters worldwide.

16. Oil crises and new opportunities

Crises, restructuring and growth are appropriate terms for understanding and seeing which new options a slump offers. After the 2014-17 oil crisis, new opportunities for underwater technology can be seen.

17. Norway’s subsea teamwork

The 50th anniversary of the first commercial discovery off Norway falls in 2019. Over this half-century, Norwegian underwater technology has made rapid strides. The ocean space offers new prospects for the future.

GETTING DOWN TO IT

50 YEARS OF SUBSEA SUCCESS IN NORWAY

Norway's subsea history is a tale of pioneering spirit and drive, innovation and boldness, and world class technology solutions and engineering skills.

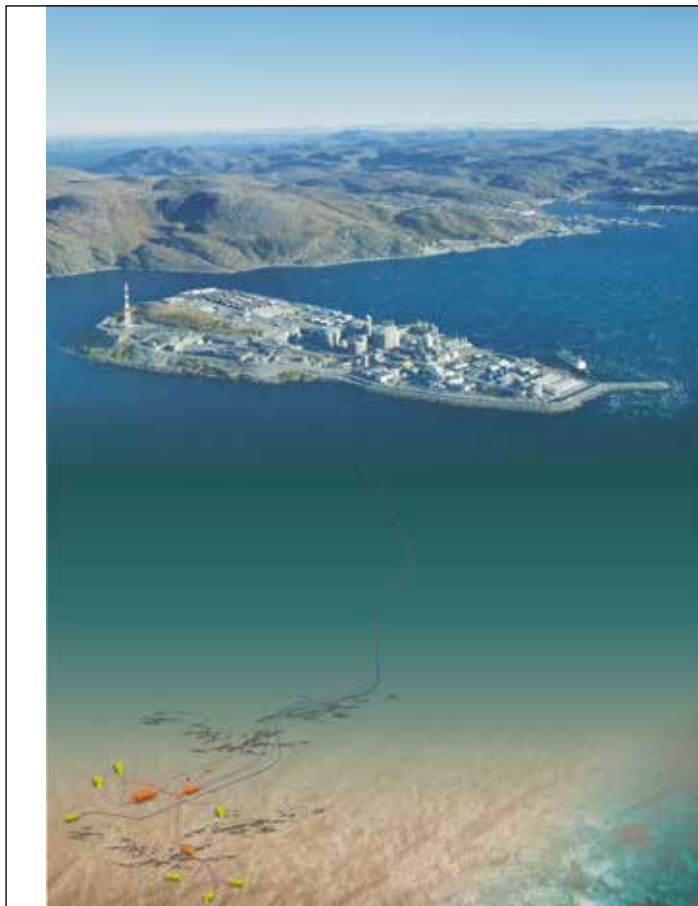
It's about staking out an unexplored route, and about the way Norway – despite harsh weather conditions, deep waters and strict government regulation – has moved from importing subsea equipment for its Ekofisk field in 1971 to become a leading exporter of underwater technology worldwide in 2019.

Subsea wells currently account for about half of Norway's offshore oil and gas production. But Norwegian offshore technology also has a substantial transfer value to related activities such as offshore wind power, aquaculture and seabed mining.

This sector will thereby provide the basis for new industrial development in coming decades. Knowing where the industry has come from will be valuable for understanding its present position – and where it is heading.

Underwater technology is not only an important element in the oil and gas industry, but also a key part of Norwegian industrial and contemporary history.

This book has been written for a broad audience, is copiously illustrated and presents developments partly chronologically and partly thematically. The story of Norwegian subsea technology has both a national and an international market. It is being published in separate and parallel English and Norwegian editions.



KAPITTEL 11

SUBSEA TIL LAND

Kristin Øye Gjerde

2007 var det store året for åpning av «subsea til land»-prosjekter. Den 21. august ble Snøhvit-feltet i Hammerfestbassenget satt i drift, mens Ormen Lange i Møre-bassenget offisielt åpnet 7. oktober. Snøhvit ble som det første feltet bygd ut i Barentshavet, med ekstreme klimatiske forhold og ny distanserekord for landføring av brønnstrøm. Ormen Lange ble bygd ut på 1000 meters dyp, med høyt trykk, lave temperaturer og et svært utfordrende terreng for legging av rørledninger og kontrollkabler.

Flere faktorer påvirket løsningene for å føre gassen fra Snøhvit og Ormen Lange direkte til land. For det første måtte utbyggingsløsningene anses som lønnsomme av eierselskapene. For det andre spilte myndighetene en rolle ved valg av operatør for lisensene, siden oljeselskapene hadde ulike tilnærminger til hvilken utbyggingsløsning de gikk inn for. Også underleverandørene hadde mye å si for valg av tekniske løsninger.

Det trengtes å utvikles nye undervannsteknologiske løsninger, men hvordan lyktes forskningsmiljøene med utfordringene innen flerfaseteknologi for så store dyp og over så lange avstander som det var snakk om fra Ormen Lange og Snøhvit? Og hvilken betydning hadde oljeprisutviklingen for utviklingen av subsea til land-løsningene?

Gassfunn i Barentshavet

Barentshavet ble åpnet for oljeleting i 1979. Det første gassfunnet ble gjort i 1981 på feltet Askeladd. Året etter ble Albatross påvist like i nærheten. Disse funnene ga håp om sårt tiltrengt industrivirksomhet og arbeidsplasser for en hel landsdel i nord. «En flamme er tent ute på Tromsøflaket, og skal man være bortimot lyrisk, kunne man tilføye at forventningens flamme er tent i nordlendingene på land», skrev avisen Nordlys på lederplass sommeren 1981.¹

Men det ble mange opp- og nedturer og runder med forskjellige teknologiske

Uten verken plattform eller produksjonsskip på feltet føres gass og kondensat fra havbunnsbrønnene på Snøhvit direkte til prosessanlegget på Melkøya utenfor Hammerfest.
Illustrasjon: Equinor

IT'S ABOUT BEING FIRST



Torstein Vinterstø is best known for handling major assignments on Åsgard, most recently as project manager for subsea compression on this field. The world's first subsea compression facility – seen here in the background on land – started up there in the autumn of 2015.

The technical leaps in Norway's subsea sector were a product of the competition between technological environments around the country. Examples of Norwegian innovations in this industry include:

- Gullfaks Subsea – first diverless completion, 1986
- Togi – first remote operation and wellstream transfer over 48 kilometres, 1990
- Troll Oil – first horizontal wells from a floater, 1990
- Snorre UPA – world's most complete subsea station at the time, 1992
- Draugen – subsea pumping 1993
- A number of specially built production floaters from 1995
- Åsgard – giant subsea development with three floaters and complex processes, 1999
- Troll Pilot – subsea separation and injection, 2001
- Ormen Lange and Snøhvit, long-distance subsea-to-shore, 2007
- Åsgard and Gullfaks – first subsea compressors, 2015

INITIATED BY THE INDUSTRY ITSELF

A group of Statoil (now Equinor) veterans headed by Hans Jørgen Lindland took the initiative on documenting Norway's subsea history.

This book project was launched in the autumn of 2016 by the Norwegian Petroleum Museum in collaboration with the University of Stavanger. To support authors Kristin Øye Gjerde and Arnfinn Nergaard, an editorial committee comprising both historians and subsea veterans was appointed. Professor Finn Erhard Johannesen at the University of Oslo has chaired this body. Other members have been professor Helge Ryggvik at the University of Oslo/Centre for Technology, Innovation and Culture (TIK) and subsea specialists Mikal Sjur Lothe and Hans Jørgen Lindland. Director Finn E Krogh at the Petroleum Museum has handled the administrative side.

Facts about *Getting down to it*

- Development of Norwegian underwater technology over 50 years
- Large format, 22 x 27.5 cm
- About 380 pages
- Copiously illustrated
- Subject index
- Separate Norwegian and English editions
- Published spring 2019
- Published with support from the University of Stavanger, Oceaneering, Equinor and Total

Retail price
NOK 495.00

ISBN 9788281402492, Norwegian

ISBN 9788281402522, English

NB! For orders placed by 12 April 2019:

Retail price in bookshops: NOK 495.00

10–50 copies NOK 470.00

51–100 copies NOK 445.00

101–200 copies NOK 415.00

201–350 copies NOK 375.00

351–500 copies NOK 320.00

Orders over 500 copies will be priced individually

NB! When ordering, remember to specify how many copies are required in English and Norwegian respectively.

Orders should be sent to Wigestrands Forlag AS, e-mail: oyvind@wigestrands.no



Wigestrands