

Integrert lager- og flåtestyring for Norsk Hydro

NTNU



Norway



Hydro Agri Glomfjord. Kilde: <http://www.hydroagri.com>

Marielle Christiansen

Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU

Marielle.Christiansen@iot.ntnu.no

Overordnet mål: Rute skipsflåten slik at produksjon og forbruk av ammoniakk ikke begrenses av manglende transport

Begrenset
lagerkapasitet

Skip med kapasiteter
og kostnadsstruktur

Tilstrekkelig
mengde NH_3
tilgjengelig




- Ruting
- Anløpstid
- Lastekvantum



Produksjon av NH_3

Forbruk av NH_3
(råvare)

 - NH_3

Norsk Hydro's ammoniakk og gjødsel fabrikker

NTNU



Norway



Kilde: <http://www.hydroagri.com>

Noen av Hydro's fabrikker med lagertanker



Porsgrunn

Brunsbüttel



Kilde: <http://www.hydroagri.com>

Ammoniakk produksjon og forbruk ved Hydro

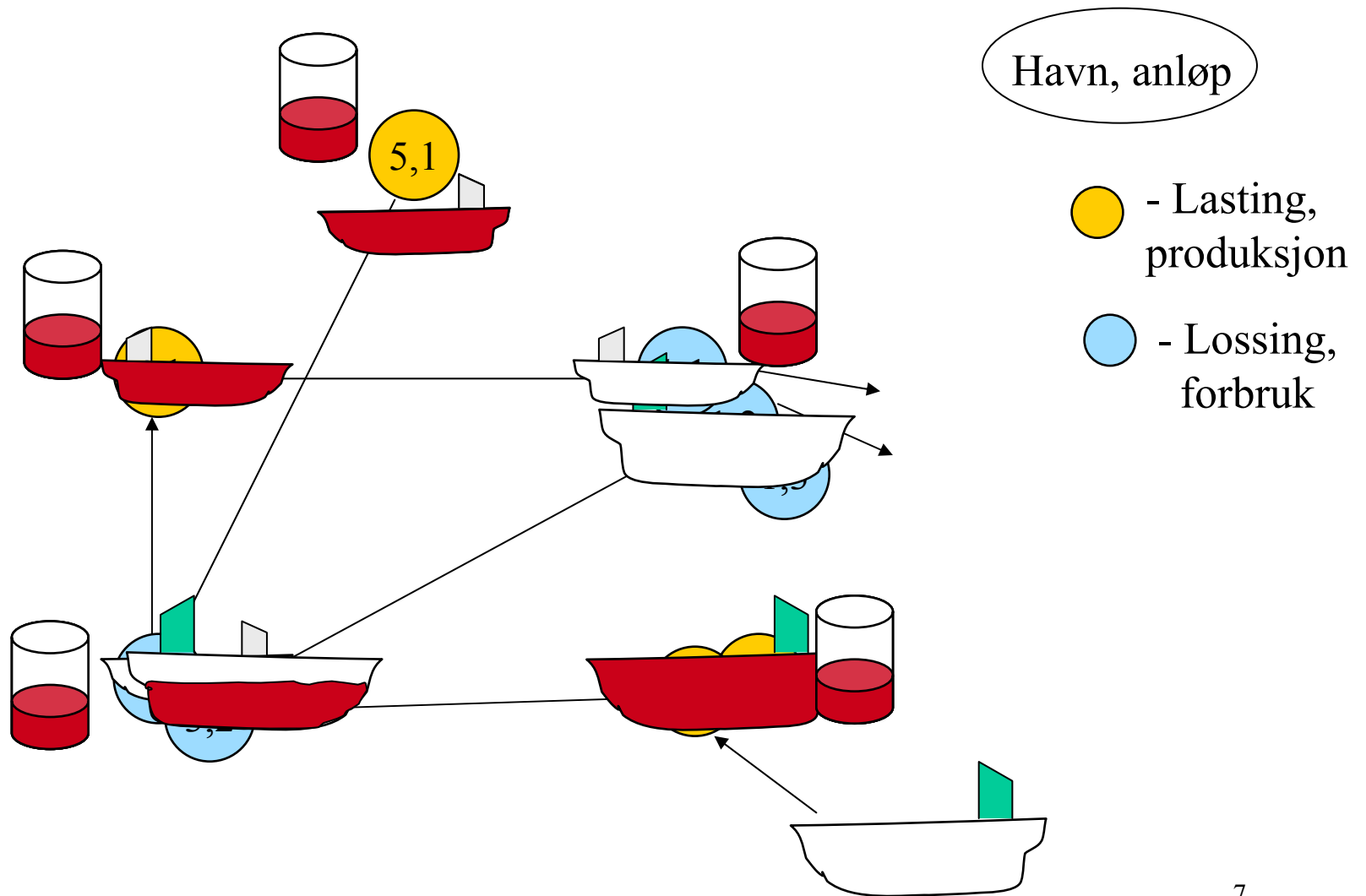
- Hydro har ansvar for
 - produksjon,
 - lagring og
 - transport av ammoniakk
- En av verdens største transportører av ammoniakk med ansvar for en heterogen fast flåte (15 skip)
- I tillegg til å transportere egen produsert ammoniakk inngås trade og spot handel (Totalt antall havner: 60)

Den store logistikk utfordringen

- for en måneds planleggingsperiode :

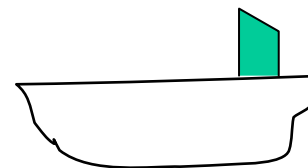
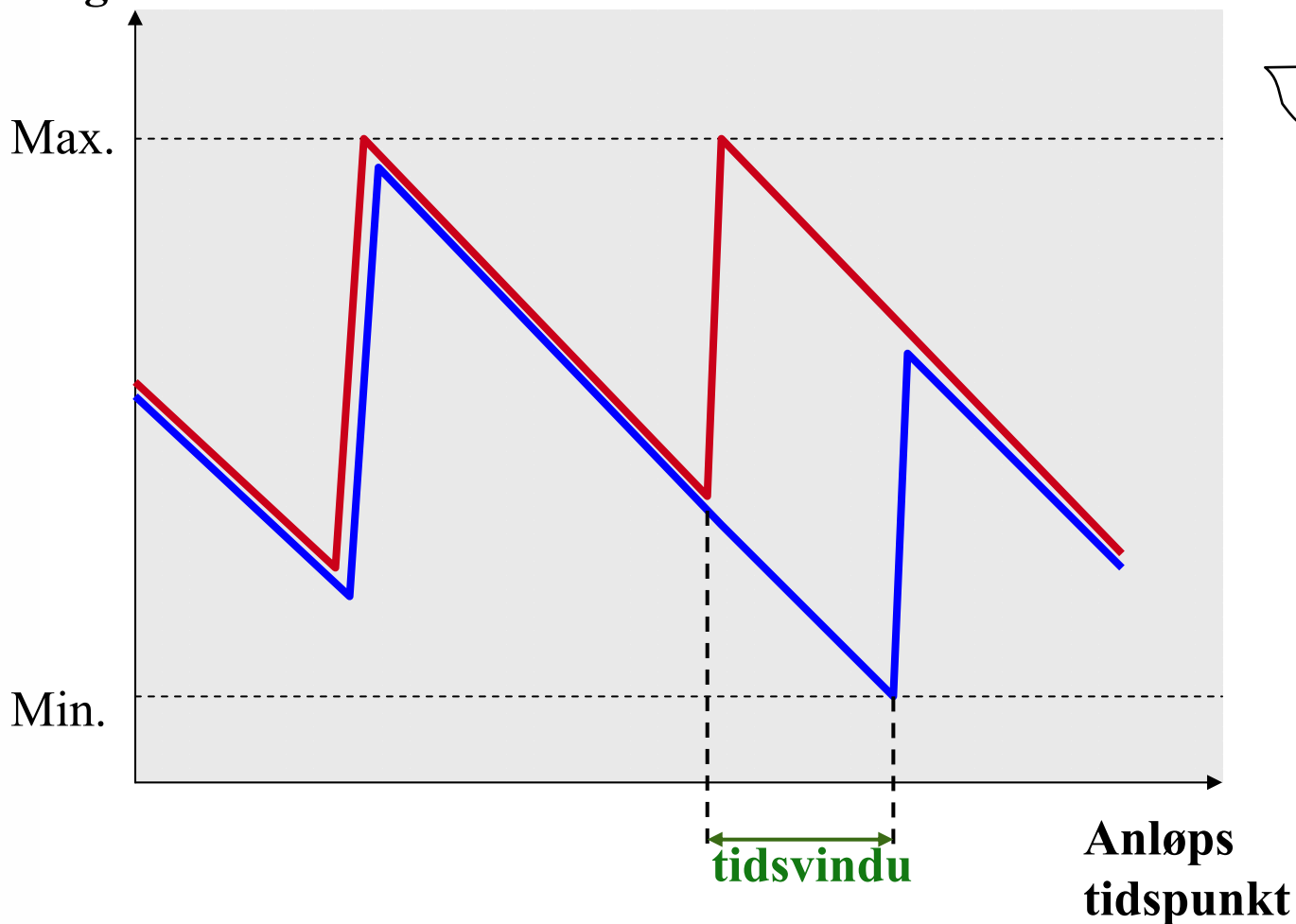
- Finn en samlet ruteplan for hele flåten hvor en
 - overholder lagergrensene ved alle Hydro fabrikker, slik at produksjonen ikke begrenses av manglende transport
 - minimerer transport kostnadene
 - trader ammoniakk og tar spot laster som er profitable og mulige

Eksempel med 5 havner og 2 skip



Lagernivåene avhenger av antall anløp, lastemengder og anløpstider

Lager nivå havn 3



losser så
tidlig som
mulig

losser så
sent som
mulig

Tidligere informasjonssystem

- Manuell planlegging av skipsruter i regneark
- Basert på skipsrutene beregnet systemet
 - anløpstider i havner
 - transport og havne kostnader
 - daglige lagernivå
- Dyktige planleggere utførte dette krevende puslespillet

Behov for et beslutningsstøttesystem

- Planleggingsproblemet vokste i størrelse
- Sårbar i forhold til planleggeren
- Tidkrevende prosess
- Behov for raske svar
- Ønsket om å vite hvor god den manuelle planleggingen var
- Muligheter for økt inntjening i en presset bransje

Forskning innen integrert lager- og flåtestyring

- “Nytt” optimeringsproblem
- Kombinatorisk meget vanskelig
- Ville kreve nye løsningsmetoder

14

ANVENDT FORSKNING: Marielle Christiansen har brukt data fra Ammonia Trade & Shipping i Hydro Agri International for å illustrere transportplanleggingsmodellen som hun har utviklet ved NTNU. Hovedveileder for doktorgradsarbeidet har vært professor Bjørn Nygreen. (Foto: Kåre Foss)

Hvert år kjøper og selger Hydro Agri International over fire millioner tonn ammoniakk, som fraktes på 15 tankere til et 60-tall havner over hele verden. Hydros logistikkproblem ble utgangspunkt for en doktoravhandling ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

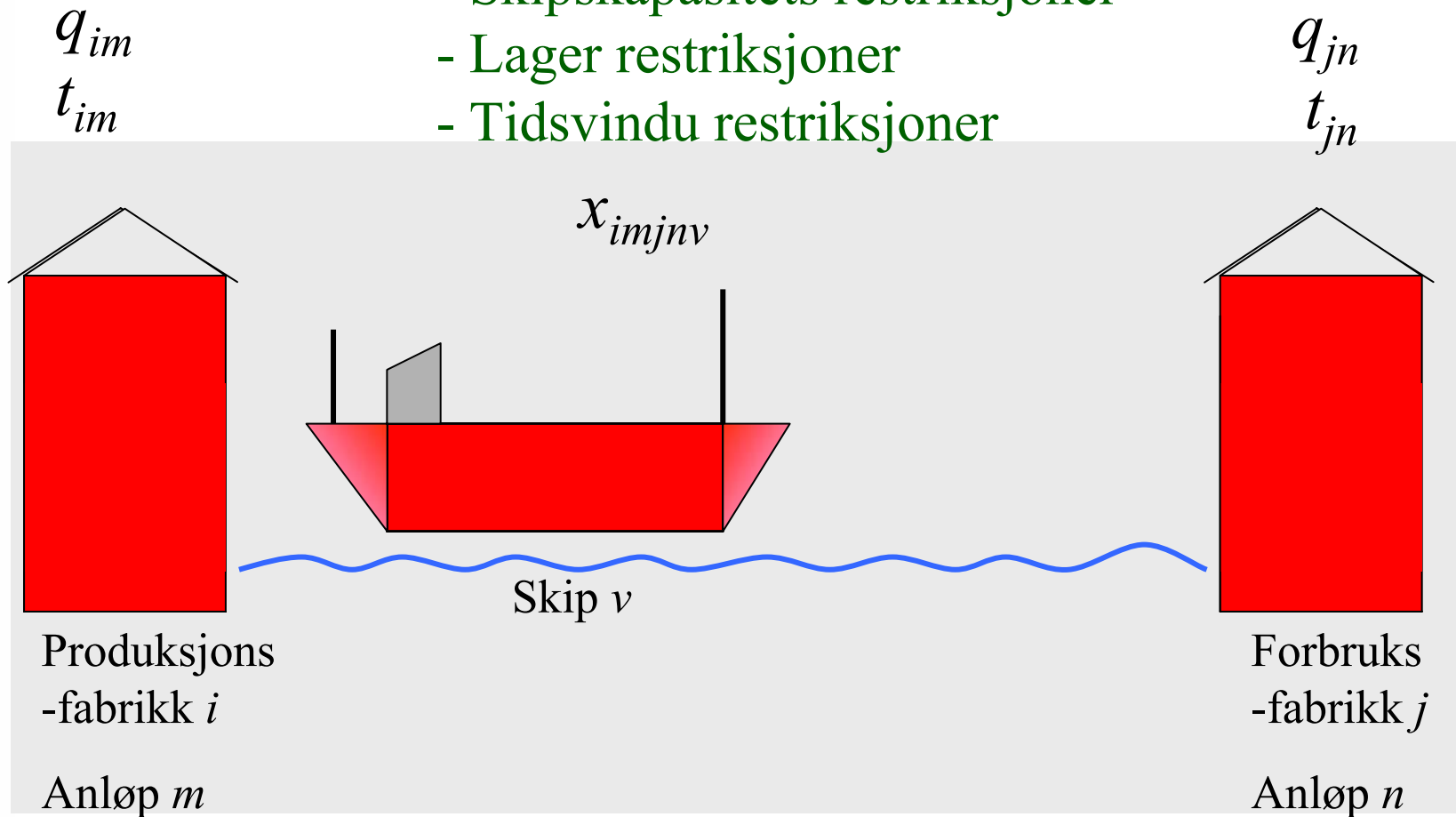


Den store LOGISTIKKUTFORDRINGEN

Utsnitt fra Hydro PROFIL, sept. 1997

Viktige variable og restriksjoner

- Rute restriksjoner (balanser)
- Skipskapasitets restriksjoner
- Lager restriksjoner
- Tidsvindu restriksjoner



“Ny” optimeringsmetode

- Matematisk modell ble dekomponert:
 - Et rute problem for hvert skip
 - Et lagerstyringsproblem med havne anløpssekvenser for hver havn
 - Et synkroniseringsproblem
- Skipsrute problemet og lagerstyringsproblemet ble løst ved dynamisk programmering
- Utviklet en iterativ metode hvor skipsruter og havne anløpssekvenser ble generert etter behov. Disse gikk inn i synkroniseringsproblemet
- Spesiallaget metode for å sørge for heltallighet

Referanser

- M. Christiansen and B. Nygreen: “A method for solving ship routing problems with inventory constraints”, *Annals of operations research 81 (1998) 357-378*
- M. Christiansen and B. Nygreen: “Modelling path flows for a combined ship routing and inventory management problem”, *Annals of operations research 82 (1998) 391-412*
- M. Christiansen: “Decomposition of a Combined Inventory and Time Constrained Ship Routing Problem”, *Transportation Science 33 (1999) 3-16*

Resultater:

Allerede på slutten av 1980-tallet tok Ammonia Trade & Shipping i Hydro Agri International kontakt med SINTEF og Hydro Data for å få hjelp med sitt logistikkproblem. Konklusjonen på analysene som ble utført, var at datamaskinene ennå ikke hadde tilstrekkelig stor regnekapasitet til å finne optimale løsninger.

Nå har Marielle Christiansen ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse ved NTNU i Trondheim utviklet en løsningsmetode for planleggingsproblemet. Hun har tatt doktorgrad på temaet om kombinert ruteplanlegging og lagerstyring, og den kan få stor betydning for logistikkplanlegging i praksis. Avhandlingen er da også blitt kåret til beste dr. ing.-avhandling innen anvendt forskning ved NTNU i 1997.

BESTE LØSNING RASKT

– Denne typen ruteproblemer, med kombinert lagerstyring og transportrutning, er lite behandlet innenfor faget operasjonsanalyse. Det var derfor behov

for å utvikle nye løsningsmetoder, forteller Marielle Christiansen. Problemet har ikke bare bestått i å finne de beste og billigste transportløsningene, men også å finne dem raskt nok. For den optimale løsningen er ikke god nok, hvis den kommer frem på dataskjermen dagen etter at den aktuelle gasstanken har forlatt havnen.

Christiansen peker på at transport av varer og tjenester ofte utgjør en nøkkelkostnad i mange distribusjons- og transportsystemer, og at en effektivisering av transportmønstret kan gi betydelige økonomiske besparelser. Modellen hun har utarbeidet for forskningsformål, skal nå legges til rette for kommersielt bruk i Hydro.

EN DOLLAR PER TONN

– Et uvurderlig verktøy, sier direktør Almar Kylling i Ammonia Trade & Shipping, som har gitt forskningsbidrag til doktorgradsarbeidet.

– Planleggingsprogrammet vi bruker i dag, er av høy kvalitet og blir anvendt av erfarne og kompetente medarbeidere med lang erfaring fra shipping og ammoniakkhandel. Men den nye automatiske planleg-

gingsmodellen på PC vil være en svært viktig hjelp i å finne for å forbedre planleggingen. Og den vil gjøre det mulig for oss å bruke høyt kvalifisert arbeidskraft mer effektivt, sier Kylling.

Han legger til at samarbeidet mellom det operative miljøet i Ammonia Trade & Shipping og den akademiske fagkretsen ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse har resultert i et samarbeid som har vært fruktbart for begge parter.

Fordi ammoniakkhandelen har så stort omfang i Hydro, vil enda mer effektive transportløsninger kunne gi en ikke ubetydelig økonomisk gevinst. Ifølge Kylling er det ikke realistisk å tenke seg en gevinstøkning på én dollar per tonn. I dag kjøper og selger Hydro drøyt fire millioner tonn ammoniakk per år, om lag en tredel av verdenshandelen. Hydro både produserer, forbruker og handler med ammoniakk og disponerer over en flåte på 15 gasstankere. Skipene foretar mellom 500 og 600 reiser og gjør drøyt 1.400 havneanløp per år. 15 av terminalene er eid enten disponert av Hydro.

Det største problemet for

ammoniakktraderne har ikke vært å finne optimale løsninger for å kjøpe eller selge en last, forklarer Kylling. Dette er bare koplet til pris og dagens marked. Problemet består i å finne de beste transportløsningene for hvert av skipene. Det er selvsagt mulig å finne gode løsninger, men disse vil ofte være for kompliserte og kostbare. Problemet består i å finne de beste transportløsningene for hvert av skipene. Det er selvsagt mulig å finne gode løsninger, men disse vil ofte være for kompliserte og kostbare. Problemet består i å finne de beste transportløsningene for hvert av skipene. Det er selvsagt mulig å finne gode løsninger, men disse vil ofte være for kompliserte og kostbare.

KOMPLEKST

– Det er selvsagt mulig å finne gode løsninger, men disse vil ofte være for kompliserte og kostbare. Problemet består i å finne de beste transportløsningene for hvert av skipene. Det er selvsagt mulig å finne gode løsninger, men disse vil ofte være for kompliserte og kostbare.

– Dersom hvert skip i gjennomsnitt kan gå direkte mellom en tredjedel av havnene, får vi 3/200 mulige seilinger mellom havneanløp. Hvis vi uten nærmere analyse ser på kombinasjonene vi får ved å si ja eller nei til disse seilingene, ender vi opp med et praktisk uendelig antall (2^{300}) med nærmere tusen sifre!

PROFIL
KARI WENNERÅS

Fordi ammoniakkhandelen har så stort omfang i Hydro, vil enda mer effektive transportløsninger kunne gi en ikke ubetydelig økonomisk gevinst. Ifølge Kylling er det ikke realistisk å tenke seg en gevinstøkning på én dollar per tonn. I dag kjøper og selger Hydro drøyt fire millioner tonn ammoniakk per år, om lag en tredel av verdenshandelen.

Mer fra Hydro PROFIL, sept. 1997

Kommersialisering

- NTNU utviklet prototyp
- SINTEF utviklet et fullstendig beslutningsstøttesystem for Ammonia Trade and Shipping med ulik grad av brukerstyring

Suksess?

- **Forskningsmessig:** internasjonal oppmerksomhet rundt maritim logistikk forskning i Norge
- **Som kommersielt beslutningsstøttesystem:**
 - Avdelingen omorganisert og flyttet til Belgia før endelig implementering
 - Nye ledere
 - Kompetanse og ildsjel i avdelingen var borte

Konklusjon og videre arbeid

- Komplisert optimeringsproblem
 - Struktur
 - Størrelse
- Løsningsmetoder utviklet
- Implementeringsproblemer i Hydro
- Økende nytte og behov for bruk av beslutningsstøtteverktøy innen maritim (og annen) transport
- Integrert flåte- og lagerstyringsprosjekter i startfase for
 - Tractebel, Statoil, Odfjell, Wilson og Hydro
 - om LNG og kjemikalie transport
- Samarbeid mellom NTNU, SINTEF, MARINTEK og internasjonale forskningsmiljø