

RAPPORT 1305

Johan Oppen, Oddmund Oterhals og Geir Hasle

**LOGISTIKKUTFORDRINGER I RIR
OG NIR**

Forprosjekt

Johan Oppen, Oddmund Oterhals og Geir Hasle, SINTEF IKT

Logistikkutfordringer i RIR og NIR

Forprosjekt

Rapport 1305

ISSN: 0806-0789

ISBN: 978-82-7830-185-2

Møreforsking Molde AS

Juni 2013

Tittel	Logistikkutfordringer i RIR og NIR – Forprosjekt
Forfatter(e)	Johan Oppen, Oddmund Oterhals og Geir Hasle, SINTEF IKT
Rapport nr	1305
Prosjektnr.	2442
Prosjektnavn:	Logistikkutfordringer i RIR og NIR
Prosjektleder	Johan Oppen
Finansieringskilde	Møre og Romsdal fylkeskommune, Romsdalshalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap (RIR), Nordmøre Interkommunale Renovasjonsselskap (NIR)
Rapporten kan bestilles fra:	Høgskolen i Molde, biblioteket, Boks 2110, 6402 MOLDE: Tlf.: 71 21 41 61, Faks: 71 21 41 60, epost: biblioteket@himolde.no – www.himolde.no
Sider:	27
Pris:	Kr 50,-
ISSN	0806-0789
ISBN	978-82-7830-185-2

Sammendrag

I dette forprosjektet har Møreforskning Molde beskrevet dagens opplegg for innsamling av husholdningsavfall i de kommunene i Møre og Romsdal som utgjør de to interkommunale selskapene Nordmøre Interkommunale Renovasjonsselskap (NIR) og Romsdalshalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap (RIR). Sammen dekker NIR og RIR de aller fleste av kommunene på Nordmøre og i Romsdal. Bakgrunnen for forprosjektet er et ønske fra RIR og NIR om å få undersøkt mulighetene for en mer effektiv logistikk via et tettere samarbeid mellom de to selskapene. I forprosjektet inngår derfor også beskrivelser av mulige modeller og løsningsmetoder for planlegging av ruter og lokalisering av omlastingssteder.

Verdikjeden for husholdningsavfall kan deles opp i tre deler: innsamling, behandling på omlastingssted og nedstrøms logistikk. Forprosjektet fokuserer det på de to første, opplegget for videretransport og avsetning av avfall blir beskrevet kort.

Det er ganske sikkert at muligheter for effektivisering er til stede, rapporten peker på noen muligheter i så måte. Det er vanskelig å tallfeste innsparingspotensialet uten å gjøre et omfattende arbeid, men et hovedfunn i forprosjektet er at det vil være mest å hente ved å effektivisere innsamling av avfall. En skisse til hvordan et hovedprosjekt kan planlegges er også tatt med i rapporten.

Forord

I dette forprosjektet har Møreforsking Molde beskrevet dagens opplegg for innsamling av husholdningsavfall på Nordmøre og i Romsdal. Bakgrunnen for forprosjektet er et ønske fra RIR og NIR om å få undersøkt mulighetene for en mer effektiv logistikk via et tettere samarbeid. Sammen med Møreforsking Molde har disse organisasjonene hatt deltakere i prosjektgruppa:

Nordmøre Interkommunale Renovasjonsselskap (NIR)

Romsdalshalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap (RIR)

Møreforsking Molde sin del av arbeidet er finansiert av Møre og Romsdal Fylkeskommune samt ved kontantbidrag fra RIR og NIR. De to selskapene har egenfinansiert sin innsats.

Møreforsking Molde har vært prosjektansvarlig, med førsteamanuensis Johan Oppen som prosjektleder og fagansvarlig. Forskningsleder logistikk Oddmund Oterhals har bidratt med faglige råd, Geir Hasle ved SINTEF IKT har bidratt med innholdet i 3.9, og rapporten er skrevet av Johan Oppen.

Molde, Juni 2013

Johan Oppen

Prosjektleder

Oddmund Oterhals

Forskningsleder logistikk

Innhold

1	Innledning – bakgrunn – mål – gjennomføring	7
1.1	RIR og NIR	7
1.2	Organisering og gjennomføring av arbeidet i forprosjektet	8
2	Verdikjedebeskrivelse.....	10
2.1	Oversikt over verdikjeden for husholdningsavfall.....	10
2.2	Innsamling og transport til omlastingssted	12
2.2.1	Fraksjonsinndeling og hentefrekvens.....	12
2.2.2	Ruteopplegg.....	13
2.2.3	Operatører	14
2.3	Kjøretøypark	14
2.4	Behandling på omlastingssteder	15
2.5	Kostnader for innsamling av husholdningsavfall.....	16
3	Modell og mulige løsningsmetoder for oppstrøms logistikk i RIR og nir	18
3.1	Optimeringmodeller	18
3.2	Ruteplanlegging	18
3.3	Ruteplanlegging for avfallsinnsamling.....	19
3.4	Fleet size and mix	20
3.5	Lokalisering av omlastingssteder.....	20
3.6	Kombinert modell – location routing	20
3.7	Geografisk oppdeling eller aggregering?.....	21
3.8	Løsningsmetoder	22
3.9	Verktøy for automatisk, optimalisert ruteplanlegging.....	22
3.9.1	Grunnlagsdata	23
3.9.2	Optimalisering av eksisterende ruteopplegg	23
3.9.3	Optimalisering av flåtesammensetting	23
3.9.4	Optimalisering av antall og lokalisering av omlastingssteder	24
3.10	Potensielle innsparinger	24
4	Grunnlag for videreføring – hovedprosjekt.....	26

1 INNLEDNING – BAKGRUNN – MÅL – GJENNOMFØRING

I januar 2012 tok Romsdhalhalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap (RIR) og Nordmøre Interkommunale Renovasjonsselskap (NIR) kontakt med Høgskolen i Molde for å få vurdert mulighetene for bedre organisering av innsamling og omlasting av husholdningsavfall uavhengig av tradisjonelle geografiske grenser. Kontakten ble formidlet via Johan Oppen til Oddmund Oterhals ved Møreforskning Molde (MFM), og et første møte ble avholdt hos MFM 17. januar 2012. På dette møtet deltok alle som senere som kom til å utgjøre prosjektgruppa i forprosjektet. Finansiering av forprosjektet var avklart i september 2012, og oppstartmøte ble arrangert 3. oktober 2012.

Bakgrunnen for prosjektideen er et, fra både RIR og NIR sitt synspunkt, langsiktig mål om både å ha en mest mulig kostnadseffektiv logistikk og å utvikle et nærmere samarbeid mellom RIR og NIR. Det virker som en rimelig hypotese at dersom de tradisjonelle geografiske grensene, både mellom RIR- og NIR-områdene og mellom enkeltkommuner, i større grad enn i dag kan «viskes ut», så kan man oppnå en mer effektiv logistikk for innsamling og behandling av husholdningsavfall. Dette kan gjelde flere områder:

- Ved å sammenligne og lære av hverandre kan begge selskaper komme nærmere svaret på hva som er best mulig service til abonnentene i forhold til kostnader. Servicegrad er blant annet avhengig av fraksjonsinndeling og hentefrekvens for husholdningsavfall.
- Ved å fjerne hindringer i form av geografiske grenser bør det være mulig å få en mer effektiv innsamling i form av endrede ruter og bedre utnyttelse av kjøretøyparken.
- Ved å betrakte hele RIR/NIR-området samlet og revurdere antall og plassering av omlastingssteder kan man kanskje finne bedre måter å organisere denne delen av arbeidet på.

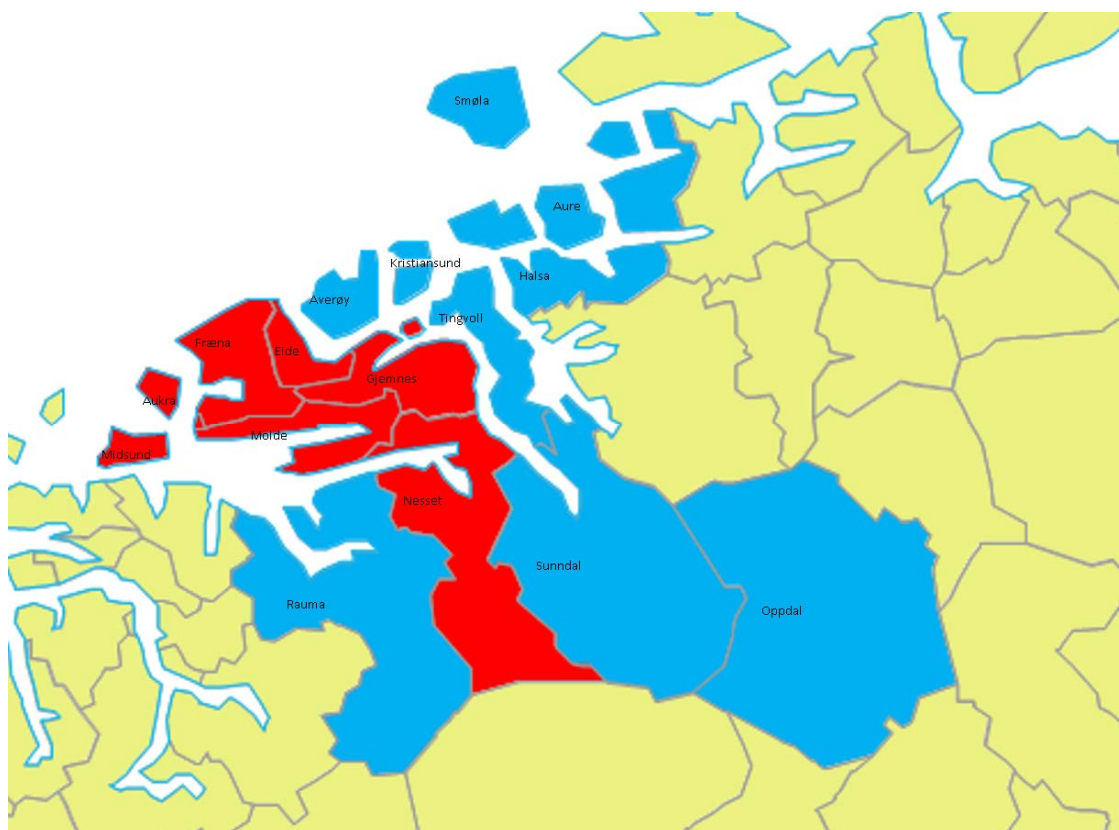
1.1 RIR og NIR

Romsdhalhalvøya Interkommunale Renovasjonsselskap (RIR) og Nordmøre Interkommunal Renovasjonsselskap (NIR) er interkommunale selskaper (IKS). RIR er eid av kommunene Aukra, Eide, Fræna, Gjemnes, Midsund, Molde og Nesset; NIR er eid av kommunene Aure, Averøy, Halså, Kristiansund, Oppdal, Rauma, Smøla, Sunndal og Tingvoll. Begge selskapene har som hovedoppgave å ta seg av innsamling og behandling av avfall fra husholdninger i eierkommunene.

Tabell 1 gir en oversikt over antall innbyggere i RIR- og NIR-kommunene, samt antall omlastingssteder og antall kjøretøyer i daglig bruk til innsamling i de to områdene.

Tabell 1 Antall innbyggere, omlastingssteder og kjøretøyer.

	Innbyggere	Omlastingssteder	Kjøretøyer
RIR	50 000	1	11
NIR	62 000	7	12



Figur 1. Kommuner i RIR (rødt) og NIR (blått).

Figur 1 gir en visuell oversikt over eierkommunene i RIR (rød farge) og NIR (blå farge).

Målet med dette forprosjektet er å se på logistikk-løsninger, vi går derfor ikke inn på organisasjonsmessige og administrative forhold i de to selskapene som ikke er relevante for hvordan innsamling og håndtering av avfall blir utført.

1.2 Organisering og gjennomføring av arbeidet i forprosjektet

Dette forprosjektet er gjennomført i regi av en prosjektgruppe sammensatt av medlemmer fra de to selskapene og Møreforskning Molde (MFM)/Høgskolen i Molde (HIM).

Prosjektgruppen har hatt følgende medlemmer:

- Jan-Egil Korseberg, daglig leder, RIR og primærkontakt for oppdragsgiverne
- Leif Roaldseth, driftssjef, RIR
- Berit Øren, plan- og markedsjef, RIR
- Øivind Johansen, daglig leder, NIR
- Hilde Ødegaard Harstad, sivilingeniør, NIR
- Oddmund Oterhals, forskningsleder logistikk, Møreforskning Molde (MFM)
- Johan Oppen, førsteamanuensis, Høgskolen i Molde (HIM), prosjektleder

Prosjektgruppen har gjennomført 5 møter, med følgende hovedtema:

3. oktober 2012 Oppstartsmøte, Molde

- Gjennomgang og justering av forprosjektbeskrivelsen
- Organisering av arbeidet og igangsetting av aktiviteter

30. oktober 2012 Prosjektmøte, Molde

Oppsummering av prosjektleders møter med NIR, RIR, Kristiansund Kommune og Surnadal Transport
Datainnsamling

4. desember 2012 Prosjektmøte, Kristiansund

Arbeid med å få oversikt over verdikjedene
Datainnsamling - kostnader

31. januar 2013 Prosjektmøte, Molde

Hvordan dele opp eller avgrense problemstilling, geografisk og på andre måter, for lettere å finne mulige innsparinger

11. april 2013 Prosjektmøte, Molde

Gjennomgang av første utkast til forprosjektrapport

30. mai 2013 Prosjektmøte, Molde

Siste gjennomgang av forprosjektrapport

2 VERDIKJEDEBESKRIVELSE

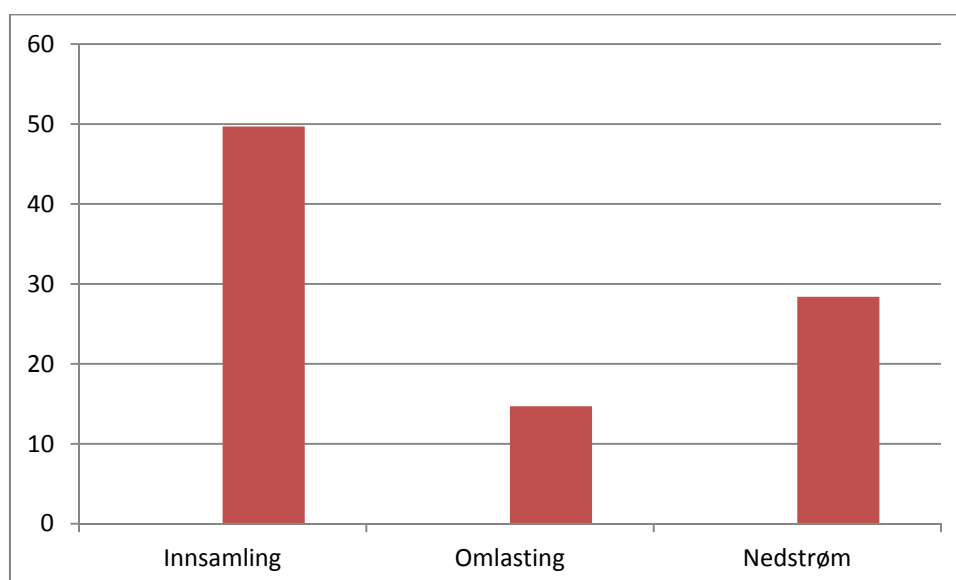
I dette kapitlet beskrives dagens opplegg for oppstrøms og nedstrøms logistikk for husholdningsavfall i RIR- og NIR-områdene. Med oppstrøms logistikk menes i denne sammenheng innsamling av avfall fra husholdninger og transport av dette til omlastingssted. Med nedstrøms logistikk menes håndtering og videre transport av avfall fra omlastingssteder til endelig bestemmelsessted (forbrenningsanlegg, kjøper av papir/papp eller plast, biogassanlegg eller annen avtaker av bioavfall). I tillegg til oppstrøms og nedstrøms logistikk kommer aktiviteten ved omlastingsstedene, der avfallet blir lastet av og gjort klart for videre transport. Vi starter med en oversikt over hvordan husstandene sorterer og leverer avfall, deretter blir ruteopplegg for innsamling og levering til omlastingssteder beskrevet. Til slutt følger en oversikt over hvordan avfallet blir sendt videre til ulike avtakere og anlegg for ulike avfallsfraksjoner. Med fraksjon menes en avfallstype som samles inn og behandles separat fra resten av avfallet. Det blir også satt opp en grov oversikt over kostnader for de ulike aktivitetene.

2.1 Oversikt over verdikjeden for husholdningsavfall

Verdikjeden for husholdningsavfall kan deles inn i tre hoveddeler:

1. Innsamling og transport til omlastingssted (oppstrøms logistikk)
2. Behandling på omlastingssted
3. Transport til endelig bestemmelsessted/sluttmottaker (nedstrøms logistikk)

Figur 2 gir en grov oversikt over kostnadsfordelingen i verdikjeden for RIR og NIR samlet. Det fremgår av figuren at kostnader for innsamling og transport til omlastingssted utgjør litt under 50 mill., behandling på omlastingssteder koster ca. 15 mill., mens kostnader for nedstrøms logistikk er litt under 30 mill. Dette er omtrentlige tall, vi har ikke brukt mye tid og krefter på å tallfeste nøyaktige kostnader i forprosjektet. Når vi likevel presenterer en slik oversikt er det for å gi et inntrykk av hvordan kostnadene er fordelt, vi ser at kostnadene ved innsamling er omtrent like store som de to andre kostnadselementene til sammen. Ut fra den fordelingen vi ser virker det dermed fornuftig å undersøke mulighetene for å få til en mer effektiv logistikk ved innsamling og omlasting av husholdningsavfall.



Figur 2 Kostnadsfordeling

I forprosjektet ble det tidlig bestemt at vi skulle ha hovedfokus på de to første delene av verdikjeden. Det betyr at vi kun gir en kort beskrivelse av hvordan transport til endelig bestemmelsessted/sluttmottaker (nedstrøms logistikk) foregår.

For de to første delene av verdikjeden har vi satt opp en grov oversikt over hvilke kostnader som inngår, se Tabell 2.

Tabell 2. Oversikt over kostnadstyper

Innsamling	Omlastingssted
Personalkostnader (lønn)	Personalkostnader (lønn)
Drift (fergeutgifter, drivstoff, vedlikehold av kjøretøyer)	Drift (drivstoff, energi, vedlikehold av maskiner/utstyr og bygninger)
Utstyr (kapitalkostnader, avskrivning av investeringer)	Utstyr og anlegg (kapitalkostnader, avskrivning av maskiner/utstyr og bygninger)

Et opplegg med flere omlastingssteder vil føre til større kostnader i kolonnen til høyre enn et opplegg med færre omlastingssteder, siden det normalt sett er dyrere å drive mange små anlegg enn ett eller noen få større. Til gjengjeld vil få omlastingssteder gi høyere kostnader for innsamling, siden avstandene fra kundene (husholdningene) til omlastingsstedet da blir større. En totalt sett god løsning må derfor balansere kostnader ved innsamling og drift av omlastingssteder slik at totale kostnader blir minst mulig.

På lang sikt er alle typer kostnader i Tabell 2 mulige å påvirke ved å gjøre endringer i ruteopplegg og antall og lokalisering av omlastingssteder. På kort sikt vil det være mulig å endre personal- og andre driftskostnader dersom det er mulig å legge om ruter og finne bedre løsninger for hvordan omlastingsstedene drives. Man kan også tenke seg endringer i kostnadene på grunn av endringer i fraksjonsinndeling og hentefrekvens, her ser vi konturene av en klassisk målkonflikt: høy service til kundene (husholdningene) sammen med mange fraksjoner og hyppig henting vil føre til en dyrere løsning med lavere kapasitetsutnyttelse.

2.2 Innsamling og transport til omlastingssted

Dette forprosjektet omhandler husholdningsavfall. Avfall fra næringskunder (bedrifter, offentlige institusjoner o.l.) er i utgangspunktet holdt utenfor. Næringsavfall blir til en viss grad samlet inn på de samme rutene som henter husholdningsavfall. Dette gjelder spesielt i områder med spredt bebyggelse der det ikke er grunnlag for å kjøre egne ruter for innsamling av næringsavfall.

2.2.1 Fraksjonsinndeling og hentefrekvens

Husholdningene i alle NIR- og RIR-kommuner kildesorterer avfall for innsamling i to, tre eller fire fraksjoner: restavfall, papir/papp, plast og bioavfall (matavfall). I tillegg kommer fraksjoner husholdningene selv leverer til miljøstasjoner og hentepunkter, som for eksempel glass- og metallemballasje, el-avfall og farlig avfall. Kristiansund kommune er i ferd med å starte innsamling av glass- og metallemballasje som egen fraksjon, men vi har valgt å holde dette utenfor forprosjektet.

Avfallet blir hentet på faste dager, hentefrekvens varierer for ulike fraksjoner og ulike kommuner. En oversikt over hentefrekvenser finnes i Tabell 3, tabellen gir også en oversikt over fraksjonsinndelingen i de ulike kommunene. Celler med grå farge betyr at fraksjonen ikke blir tatt ut som egen fraksjon i kommunen. I kommuner som har 34 hentinger av restavfall er det ukestømming om sommeren.

Tabell 3. Hentefrekvenser for avfall

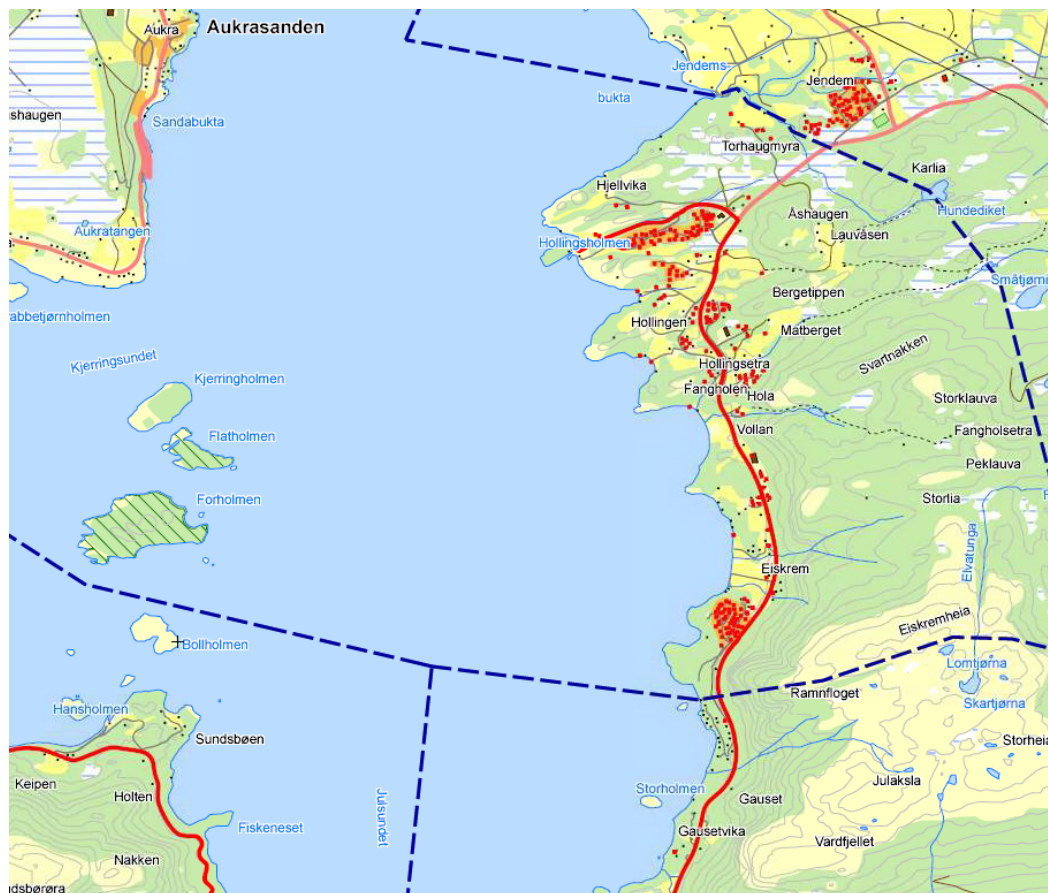
Kommune	Antall hentinger pr. år			
	Rest	Papir	Plast	Mat
Aukra	26	13	13	52
Eide				
Fræna				
Gjemnes				
Midsund				
Molde				
Neset				
Averøy	34	12	12	
Oppdal	26	26		52
Aure	34	13	6	
Halsa				
Tingvoll	26	13	13	26
Rauma	52	13	13	
Smøla	34	13		
Sunndal	34	13	13	
Kristiansund				

Tabell 3 viser tydelig hvordan fraksjonsinndeling og hentefrekvenser varierer, både mellom RIR og NIR, og mellom kommunene i NIR-området. Mens RIR har samme fraksjonsinndeling og hentefrekvens for alle abonnenter i hele sitt område, opererer NIR med ulike fraksjonsinndelinger og hentefrekvenser i sine kommuner.

2.2.2 Ruteopplegg

Både RIR og NIR opererer med faste hentedager og faste ruter for alle fraksjoner. Det betyr at en *rute* er et antall husstander/stopp som blir kjørt i samme rekkefølge samme dag hver uke. De fleste husholdninger har dermed en og bare en ukedag for henting av avfall, men man må holde rede på hvilke fraksjoner som hentes hver enkelt uke. Både RIR og NIR distribuerer hentekalendere til alle husholdninger, slik at det skal være enkelt å holde oversikt over hva som hentes når. Siden hentekalenderen gjelder for et helt år må eventuelle endringer i ruteopplegg og hentefrekvens planlegges i god tid.

En renovasjonsrute kan omfatte fra 200 til 500 husstander, avhengig av rutelengde, om ruta går i eller utenfor tettbygd strøk, hvor langt det er til omlastingssted, og hvor mye næringsavfall som samles inn på ruta i tillegg til husholdningsavfallet, se 2.2.



Figur 3. Eksempel på renovasjonsrute som er innom flere kommuner (Kilde: ProAktiv/RIR)

I RIR-området er det flere ruter som samler inn avfall fra mer enn en kommune, i NIR er det bare noen få slike ruter. Figur 3 viser en rute som hovedsakelig henter avfall i fastlandsdelen av Aukra kommune, men som også tar med noe avfall fra husholdninger i Fræna og Molde. De røde punktene på kartet markerer stopp som inngår i denne ruta. Sju av 45 ruter i RIR-området samler inn avfall fra husholdninger i to eller tre kommuner. I RIR-området er dette mulig, siden all husholdningsrenovasjon er utlyst i ett anbud og utføres av samme renovatør. For noen av rutene har man funnet ut at det lønner seg å krysse kommunegrensene, at man dermed får et bedre ruteopplegg med redusert total kjørelengde og/eller en jevnere fordeling av arbeidsmengde mellom rutene. I NIR-området er det svært få ruter som samler inn avfall i mer enn en kommune. Det er flere årsaker til at det er slik; i de to store NIR-kommunene Rauma og Sunndal er det

kommunen selv som er operatør, i tillegg er mange av NIR-kommunene så geografisk adskilt fra nabokommunene at det er lite naturlig å ha ruter som henter avfall i flere kommuner. Det er mulig med flere slike ruter også i NIR-området, dersom samme operatør samler inn avfall i flere kommuner og man finner en slik ordning hensiktsmessig.

2.2.3 Operatører

Renovasjonsselskapene bruker anbudskonkurranse for å tildele renovasjonsoppgaver i kommuner der kommunen ikke selv utfører dette i egen regi. Det er for tiden fire transportselskaper og to kommuner som utfører renovasjonstjenester i RIR- og NIR-områdene. Som det fremgår av Tabell 4 har Bjarne Øverland ansvaret for hele RIR-området og to kommuner i NIR-området. I NIR-området for øvrig har Surnadal Transport renovasjonen i tre kommuner, i de fire øvrige er det en aktør pr. kommune. I Sunndal og Kristiansund er det kommunen selv som utfører renovasjonstjenestene.

Tabell 4. Operatører

Kommune	Operatør
Aukra	Bjarne Øverland
Eide	
Fræna	
Gjemnes	
Midsund	
Molde	
Neset	
Averøy	
Oppdal	
Aure	
Halsa	
Tingvoll	
Rauma	J. O. Moen miljø
Smøla	Brødr. Sætran
Sunndal	Egen regi
Kristiansund	Egen regi

2.3 Kjøretøypark

Størrelse og utforming av kjøretøypark er av stor betydning når transportvirksomhet skal planlegges og utføres. For at sluttresultatet skal bli best mulig, både med hensyn til kundeservice og kostnader, må både antall biler og valg av størrelse/kapasitet og utstyr mv. på bilene være godt tilpasset arbeidet som skal utføres.

Ordningen med faste ruter innebærer at avfallsmengden på samme rute vil variere fra uke til uke, avhengig av hvilke og hvor mange fraksjoner som samles inn. I RIR-området brukes kun tokammerbiler, altså biler med to adskilte rom for avfall, siden bioavfall hentes hver uke sammen med en av de andre fraksjonene restavfall, papir og plast. I NIR-området brukes hovedsakelig enkammerbiler, siden bioavfall blir skilt ut som egen fraksjon kun i Tingvoll og Oppdal. Renovasjonsbiler har normalt en levetid på 7-10 år.

Størrelsesforholdet mellom kamrene i tokammerbiler bør ideelt sett være slik at begge kamrene går fulle omtrent samtidig, i praksis er dette svært vanskelig å oppnå når samme kammer brukes til ulike fraksjoner. Det ser ut til at papiravfall er den fraksjonen som både veier mest og tar mest plass/kan komprimeres minst. Dermed bør størrelsen på kamrene settes slik at det største kammeret har plass til alt papiret, det minste må kunne ta alt bioavfallet. De ukene plast eller restavfall hentes sammen med bioavfall opplever sjåførene sjelden problemer med kapasiteten for disse fraksjonene.

Størrelse på kjøretøy varierer også noe, vi har ikke innhentet informasjon nok til å ha en fullstendig oversikt i forprosjektet. Kristiansund kommune bruker forholdsvis små biler, siden det er praktisk i trange bygater, og siden det er kort avstand til omlastingssted for å tømme bilen en eller to ganger i løpet av ruta. På ruter der avstanden til omlastingssted er stor blir det brukt større biler, siden det medfører lang tid og mye ekstra kjøring dersom man må tilbake til omlastingsstedet for å tømme og deretter kjøre tilbake for å fullføre ruta.

2.4 Behandling på omlastingssteder

Med omlastingssted menes et sted der bilene tømmes etter å ha samlet inn avfall. Tabell 5 gir en oversikt over fraksjonsinndeling og omlastingssteder for de ulike kommunene. Felt som er farget grå viser til fraksjoner som ikke blir samlet inn i enkelte kommuner.

Tabell 5. Fraksjoner og omlastingssteder

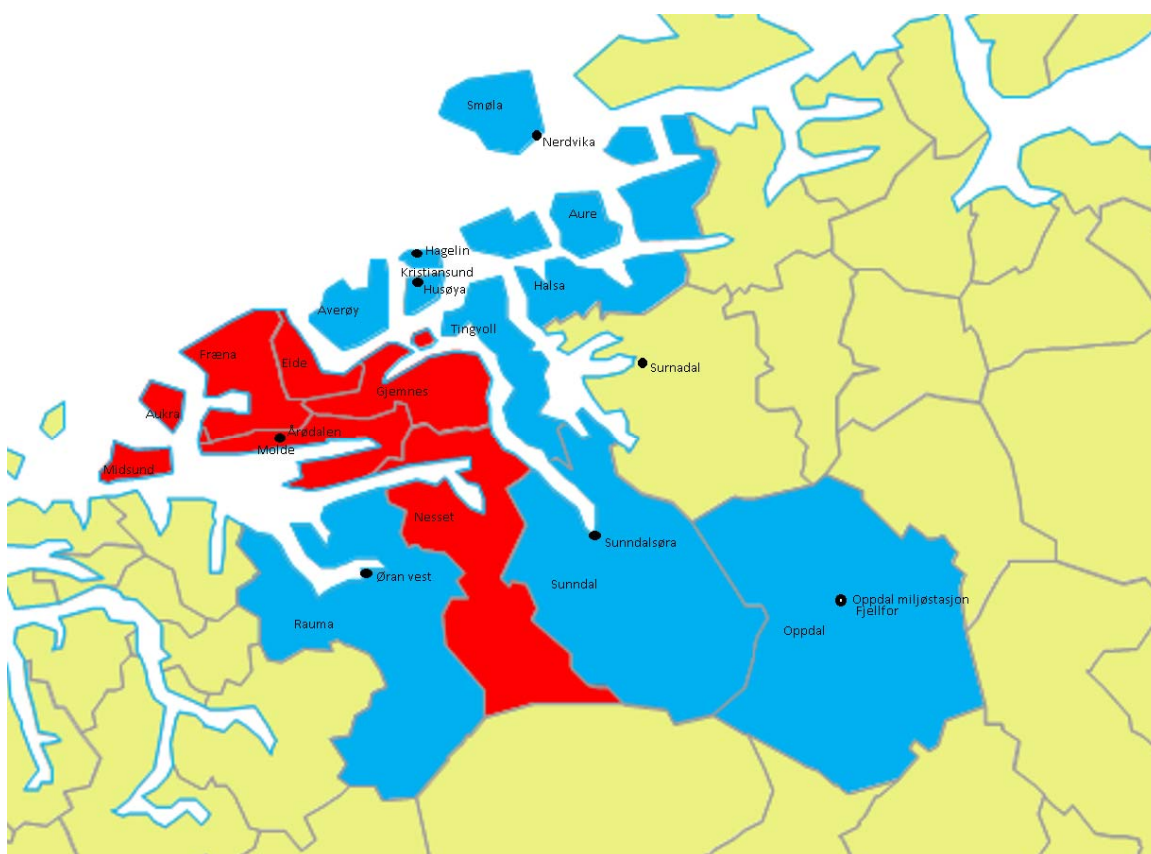
Kommune	Omlastingssted			
	Rest	Papir	Plast	Bio
Aukra	Årødalen	Årødalen	Årødalen	Årødalen
Eide				
Fræna				
Gjemnes				
Midsund				
Molde				
Neset				
Averøy	Kr.sund – Hagelin	Kr.sund – Husøya	Kr.sund – Husøya	
Oppdal	Oppdal Miljøst.	Oppdal Miljøst.		Fjellfôr ¹
Aure (gamle Aure)	Kr.sund – Hagelin	Surnadal	Kr.sund – Husøya	
Aure (Tustna)	Kr.sund – Hagelin	Kr.sund – Husøya	Kr.sund – Husøya	
Halsa	Surnadal	Surnadal	Surnadal	
Tingvoll	Kr.sund – Hagelin	Surnadal	Surnadal	Årødalen
Rauma	Øran vest	Øran vest	Øran vest	
Smøla	Smøla – Nerdvika	Kr.sund – Husøya		
Sunndal	Sunndalsøra	Surnadal	Sunndalsøra	
Kristiansund	Kr.sund – Hagelin	Kr.sund – Husøya	Kr.sund – Husøya	

Figur 4 viser hvor omlastingsstedene er lokalisert. RIR bruker kun Årødalen som omlastingssted, NIR bruker samtlige, inkludert Årødalen.

¹ Bedriften Fjellfôr på Oppdal er endelig mottaker

Som navnet tilsier, brukes omlastingsstedene som mellomstasjon/mellomlager for avfallet, de ulike fraksjonene blir transportert videre til det endelige bestemmelsesstedet. Et unntak er bioavfall i Oppdal kommune, som leveres direkte til bedriften Fjellfôr uten å gå via omlastingssted. Endelig bestemmelsessted kan være forbrenningsanlegg for restavfall, biogassanlegg eller dyreforproducent for bioavfall, eller kjøpere av plast og papp/papiravfall. Både RIR og NIR bruker tradere og/eller meglere for å finne avtakere for avfallet, og hvor de ulike fraksjonene faktisk blir sendt er i en viss utstrekning utenfor renovasjonsselskapenes kontroll.

Som tidligere nevnt, har vi i forprosjektet valgt å fokusere på innsamling og behandling på omlastingssteder, vi går derfor ikke mer detaljert inn på hvordan transport til endelig bestemmelsessted er organisert.



Figur 4. Omlastingssteder.

2.5 Kostnader for innsamling av husholdningsavfall

I kapittel 2.1 har vi vist en grov oversikt over kostnader fordelt på de ulike trinnene i verdikjeden. Tabell 6 viser disse omtrentlige kostnadene fordelt på RIR og de enkelte kommune i NIR-området. Grunnlaget for kostnadsvurderingen i den enkelte kommune kan variere.

Tabell 6. Kostnader

Område	Innb	Innsamling	Pr. innb	Omlasting	Pr. innb	Nedstrøm
RIR	48 600	24 700 000	500	10 400 000	214	14 800 000
Aure	3 500	2 550 000	730	172 000	50	871 300
Averøy	5 600	2 705 000	480	227 900	40	1 111 300
Halså	1 600	759 000	470	54 900	35	382 800

Kristiansund	23 800	7 670 000	320	1 494 500	63	4 746 100
Oppdal	6 800	2 600 000	380	1 260 000	185	2 376 500
Rauma	7 400	2 600 000	350	432 300	58	1 426 200
Smøla	2 200	1 414 000	640	37 800	17	562 100
Sunndal	7 200	3 500 000	486	443 400	62	1 681 200
Tingvoll	3 100	1 183 000	380	123 200	40	529 600

Dersom vi gjør noen sammenligninger av de kostnadene vi har oversikt over, kan vi tilsynelatende få en del interessante resultater. Det er imidlertid viktig å være klar over at tallene ikke er direkte sammenlignbare av ulike årsaker:

- For RIR-området har vi totale kostnader, vi kan dermed ikke sammenligne mellom kommuner. RIR har som policy at kostandene skal utjevnes, i praksis betyr det at abonnenter i Molde, som har kort avstand til omlastingsstedet i Årødalen, subsidierer en del av kostandene for abonnenter i kommuner lenger unna, som for eksempel Aukra, Midsund og Nesset.
- Plassering av omlastingssted vil ha betydning for innsamlingskostnader, dersom omlastingsstedet ligger langt unna, eller en ferjestrekning inngår i reisen, vil kostnadene øke. Dette kan f. eks. være en av årsakene til at innsamlingskostnadene er høye i Aure.
- En del nærings- og hytteavfall blir samlet inn på husholdningsrutene, i den grad andelen varierer vil dette føre til forskjeller i kostnadene. I noen kommuner utgjør hytterenasjon en betydelig kostnad. Det er fullt mulig, men arbeidskrevende, å få en god oversikt over hvor mye slikt som samles inn sammen med husholdningsavfallet i de ulike kommunene.
- I oversikten i Tabell 6 er det beregnet kostnader pr. innbygger. Det er også mulig å beregne kostnader pr. stopp eller pr. abonnent, det er usikkert hva som vil gi den mest korrekte oversikten.
- Fraksjonsinndeling og hentefrekvenser varierer mellom kommunene. Det antas i utgangspunktet at RIR-området og Tingvoll, som sorterer avfall i fire fraksjoner, har dyrere innsamlingsordning enn kommuner som har to eller tre fraksjoner.

Det kan være flere årsaker til at kostnadene varierer enn de som er listet opp her, men det virker åpenbart at en sammenligning er vanskelig. Det er dermed ikke mulig å finne kommuner/områder som har ineffektive ordninger bare ved å se på kostnadsforskjeller.

3 MODELL OG MULIGE LØSNINGSMETODER FOR OPPSTRØMS LOGISTIKK I RIR OG NIR

I dette kapitlet gir vi først en kort orientering om hva som menes med en optimeringsmodell, hva en slik modell inneholder og hva den kan brukes til. Vi skriver deretter litt om ruteplanlegging generelt, før vi går mer spesifikt inn på ulike problemstillinger som er interessante i denne konkrete sammenhengen.

3.1 Optimeringsmodeller

En optimeringsmodell består av en samling matematiske uttrykk som beskriver en problemstilling. En slik modell består av tre hovedkomponenter:

1. Målfunksjon. Målfunksjonen i en modell er et uttrykk for det man ønsker å oppnå, ofte er målfunksjonen et uttrykk for kostnader som ønskes minimert eller profitt som ønskes maksimert.
2. Restriksjoner (constraints). Restriksjoner er matematiske uttrykk for sammenhenger eller begrensninger som må være oppfylt. Dette kan gjelde bl.a.
 - a. Logiske sammenhenger, som for eksempel at et kjøretøy som ankommer en node i nettverket også må forlate denne.
 - b. Bruk av begrensede ressurser, som for eksempel at kjøretøyer ikke kan overlastes.
 - c. Minstekrav til service, som for eksempel at all innsamling skal foregå innenfor et bestemt tidsrom, eller at alle kunder (abonnenter/stopp) skal besøkes.
3. Beslutningsvariable. Disse representerer beslutninger som en løsning av modellen foreslår, som for eksempel hvor omlastingssteder bør lokaliseres eller i hvilken rekkefølge abonnenter/stopp bør besøkes på de ulike rutene.

En optimeringsmodell representerer en tilnærming til, eller omtrentlig beskrivelse av, virkeligheten. Det er hverken mulig eller ønskelig å ta med alle detaljer fra den virkelige problemstillingen når man lager en modell. Målet er at modellen skal representere den reelle problemstillingen *godt nok*, det betyr at alle aspekter som er viktige for å beskrive problemet og finne gode løsninger må være med, mens lite viktige detaljer utelates. Det er naturligvis ingen fasitsvar på hvor detaljert en modell bør være, uttrykket *godt nok* må tolkes i hvert enkelt tilfelle.

Med en tilfredsstillende modell kan en problemstilling beskrives. Dersom man har tilgang til data av god kvalitet, og gitt at modellen er løsbart med kjente metoder, kan man også finne løsninger. En løsning kan implementeres og eventuelt representere en forbedring i forhold til hvordan problemet har vært håndtert, for eksempel i form av et nytt og forbedret ruteopplegg.

En optimeringsmodell kan også brukes som en simulator for å undersøke «what if»-scenarier. Det betyr at modellen løses for et datasett som representerer en mulig situasjon, man får da en indikasjon på hvordan problemet kan håndteres i en slik situasjon, og hva dette vil koste. Som et tenkt eksempel kan man for eksempel øke hentefrekvens eller antall fraksjoner for husholdningsavfall, kjøre modellen med data som er justert i forhold til en slik situasjon, og se hvordan løsningsforslaget ser ut. Tilsvarende eksperimenter er gjort for dyretransport, se [4].

3.2 Ruteplanlegging

Med ruteplanlegging menes detaljert planlegging av hvordan et eller flere kjøretøyer skal brukes til å besøke et antall kunder for å hente og/eller levere varer, eller for å utføre tjenester. En

ruteplan angir både hvilke kunder som skal besøkes på samme rute, og i hvilken rekkefølge kundene skal besøkes.

Ruteplanleggingsproblemer har vært kjent i lang tid. Det eldste (opprinnelsen er ukjent) og best kjente kalles Handelsreisendes Problem eller The Travelling Salesman Problem (TSP). Bakgrunnen er en handelsreisende som starter hjemmefra, besøker alle kundene sine en gang, og returnerer deretter til utgangspunktet. Målet er å finne den ruta som gir kortest tilbakelagt avstand eller laveste kostnad. I 1959 presenterte Dantzig og Ramser [1] The Vehicle Routing Problem (VRP), som er en utvidelse av TSP der det trengs flere kjøretøyer for å betjene all etterspørsel. I den klassiske varianten er alle kjøretøyer like, målet er å lage et ruteopplegg, der alle kunder besøkes en gang, slik at total avstand eller kostnad blir minst mulig.

Mye forskning er gjort på ulike varianter av VRP, inkludert utvidelser av den originale modellen for å kunne håndtere mer realistiske problemer som bedrifter må løse for å utføre sine transportoppdrag. Ruteplanlegging som består i å løse varianter av VRP er svært utfordrende, det finnes ingen kjent metode som finner den optimale eller best mulige løsningen til et VRP-problem i løpet av rimelig tid. «Rimelig tid» kan i denne sammenhengen være fra noen få sekunder til flere dager eller uker, avhengig av hvor lang tid man har til rådighet fra man har oversikt over alle parametere til løsningen (ruteplanen) må være klar. Det er derfor vanlig å bruke såkalte *heuristikker* for å finne løsninger på praktiske ruteplanleggingsproblemer. En heuristikk er en løsningsmetode som ikke garanterer at en optimal løsning blir funnet, men som finner en god løsning raskt. En heuristikk kan dermed betraktes som en snarvei til en "god nok" løsning. Det finnes i dag kommersiell programvare som løser mange varianter av VRP på en tilfredsstillende måte.

3.3 Ruteplanlegging for avfallsinnsamling

Innsamling av husholdningsavfall kan betraktes som et ruteplanleggingsproblem av typen Vehicle Routing Problem (VRP). Standardmodellen må utvides for å håndtere en rekke forhold/restriksjoner som er mer eller mindre spesielle for avfallsinnsamling. I det følgende gis en oversikt over restriksjoner som må inngå i en slik problembeskrivelse/modell:

- Heterogen kjøretøypark. Dette innebærer at bilene som brukes ikke nødvendigvis er identiske, hverken med hensyn til kapasitet eller andre egenskaper. En del av planleggingen blir dermed å bestemme hvilken bil eller hvilken type bil som skal betjene den enkelte rute. Dersom kjøretøyene er identiske, som kan være tilfelle ved planlegging innenfor et lite område, er det ikke nødvendig å koble konkrete biler til enkeltruter.
- Noder. Hva skal nodene/punktene i nettverket representere? En eller flere husholdninger leverer avfall i samme dunk, i tillegg blir ofte flere dunker hentet på samme stopp. Det kan derfor virke fornuftig å la hvert stopp representere en node i nettverket.
- Tidsvinduer. Det er vanlig å sette et tidligste tidspunkt for når innsamling av avfall kan starte, dette er i hovedsak for å unngå støy tidlig på morgenen. Enkelte unntak blir gjort for at avfallsinnsamling langs vei med mye trafikk kan gjøres før trafikken tar seg opp om morgenen.
- Lengde og varighet på ruter. Det er vanlig å prøve å lage et mest mulig rettferdig ruteopplegg, slik at rutene er så like som mulig. Det kan også være aktuelt å se dette over noe tid, slik at alle over tid, f. eks. i løpet av en uke, har omtrent samme arbeidsmengde.
- Fordeling av fraksjoner. Mange ruter blir kjørt med tokammerbiler slik at to avfallsfraksjoner samles inn på samme tur. Rutene må da planlegges slik at ingen av de to kamrene går fulle for ofte. Hva som er «for ofte» er blant annet avhengig av avstanden fra et vilkårlig sted langs ruten til nærmeste oppsamlingssted. For ruter langt fra oppsamlingssted, der turen tilbake til oppsamlingsstedet også har en ferjestrekning, vil det medføre store ekstra kostnader og mye ekstra tidsbruk å måtte tømme bilen før ruta

er fullført. I denne forbindelse må det også planlegges hvilket kammer som skal brukes til hvilken fraksjon, men dette inngår ikke i selve ruteplanleggingen.

- Flere depoter. Dersom man ønsker å lage ruteopplegg for et stort område med flere oppsamlingssteder, må man kunne planlegge turer som starter og slutter ved ulike depoter. Det må undersøkes nærmere om det også er aktuelt at en bil kan starte og avslutte en rute ved to ulike oppsamlingssteder.

3.4 Fleet size and mix

Ruteplanlegging med fleet size and mix er problemstillinger der man samtidig med å finne et best mulig ruteopplegg, også søker å finne den beste kjøretøyflåten i form av antall og type kjøretøyer. «Type» kan vise til mange ulike egenskaper hos et kjøretøy, det kan gjelde størrelse (lengde, høyde, akseltrykk), kapasitet, med/uten tilhenger, osv. Mange av egenskapene vil gi ulike muligheter for å ta seg fram på steder med dårlig framkommelighet, noe som ofte har stor betydning for transportvirksomhet i Norge.

En slik problemstilling kan virke noe urealistisk, siden det sjelden er aktuelt å skifte ut alle kjøretøyer samtidig, eller utvide kjøretøyparken med mange nye biler på en gang. Det kan likevel være nyttig å løse slike problemstillinger, siden en løsning kan gi nyttig informasjon om hvilken type kjøretøy som bør anskaffes neste gang en bil skal skiftes ut eller det skal gjøres nyinnkjøp.

3.5 Lokalisering av omlastingssteder

I likhet med ruteplanleggingsproblemer hører *lokaliseringsproblemer* [3] til det man kan kalle klassiske logistikkproblemer. I et lokaliseringsproblem prøver man å finne best mulig lokalisering av en eller flere fasiliteter. *Målfunksjonen* eller det man ønsker å oppnå kan variere:

- Minimere kostnader eller avstander i forbindelse med transport til og/eller fra fasiliteten(e), f. eks. i forbindelse med plassering av en fabrikk eller et lager.
- Minimere største avstand til fasiliteten fra alle som skal bruke den, f. eks. ved plassering av brannstasjon eller helsetjeneste.
- Maksimere antall innbyggere innenfor en viss radius/dekningsområde, dette kan gjelde lokalisering av samme type tjeneste som forrige kulepunkt.
- Maksimere minste avstand til fasiliteten fra alle som bor i nærheten, f. eks. ved lokalisering av avfallsdeponi eller oppbevaringssted for radioaktivt avfall. Slike problemer kalles ofte for NIMBY-problemer (Not In My Back Yard).

For de fleste lokaliseringsproblemer vil det være raskt og enkelt å finne verdien på målfunksjonen for en gitt løsning, så lenge parametere (avstander, kostnader m.m.) er kjent. For «vår» problemstilling er det imidlertid ikke så enkelt, siden ruteopplegget og lokalisering av omlastingssteder henger sammen. Det antas at reduserte kostnader i form av færre omlastingssteder vil føre til høyere innsamlingskostnader i form av lengre ruter. Det er dermed ikke mulig å se lokaliseringsproblemet isolert fra ruteplanleggingen, de to må sannsynligvis løses mer eller mindre samtidig, se 3.6.

3.6 Kombinert modell – location routing

Som nevnt i 3.5, antas det at lokalisering av omlastingssteder for avfall henger sammen med rutestrukturen. Med flere omlastingssteder spredt over et geografisk område vil avstandene fra der avfallet samles inn til omlastingsstedet blir kortere, det blir mindre kjøring før første stopp og

etter siste stopp på rutene. Flere omlastingssteder antas å medføre høyere kostnader, men innsamlingskostnadene vil sannsynligvis bli mindre.

For å finne en god løsning må lokalisering av omlastingssteder og ruteplanlegging sees i sammenheng, slik at totale kostnader blir minst mulig. Dette kan gjøres på flere måter, men to alternativer virker som de mest naturlige:

1. Det settes opp et begrenset antall mulige scenarier eller konfigurasjoner for antall og plassering av omlastingssteder. For hvert av disse alternativene planlegges ruter for hele området, og beste alternativ velges.
2. Alle mulige omlastingssteder legges inn i modellen som skal finne ruteopplegget, modellen kalles da en location routing-modell. En løsning vil bestå både av forslag til antall og plassering av omlastingssteder og forslag til ruteopplegg, begge problemene blir altså løst samtidig.

3.7 Geografisk oppdeling eller aggregering?

I ruteplanlegging er antall kunder eller stopp en viktig faktor, flere stopp gjør at det er vanskeligere eller tar lengre tid å finne gode løsninger. Dersom man prøver å finne et ruteopplegg for hele RIR/NIR-området samtidig, vil det bety at man må løse en VRP med flere depoter, ca. 100 ruter og kanskje så mye som 30 000 stopp. Dette er nok mulig, men det kan være fordelaktig å redusere antall stopp for å få en mer håndterbar størrelse på problemet. Dette kan gjøres på to måter:

1. Området deles opp i flere mindre områder, det vil være enklere å løse flere små problemer enn ett stort. Da mister man imidlertid muligheten til å finne løsninger som innebærer kryssing av «grenser» mellom områdene. Dersom man f.eks. gjør en oppdeling der Eide og Fræna kommuner havner i hvert sitt område, vil man ikke få noen ruter som betjener abonnenter i begge kommunene, siden de hører til to ulike delproblemer. Selv om det sikkert er mulig å lage en fornuftig inndeling i soner eller områder, vil det alltid være «grenseområder» der det kan tenkes at en renovasjonsrute kan betjene begge sider. I dag ser man en god del av dette i RIR-området ved at mange ruter er innom mer enn en kommune. Det er uklart, og svært arbeidskrevende å beregne, hvor stort innsparingspotensial som ligger i dette. En annen mulighet er å prøve flere alternativer for oppdeling, og så finne en ruteplan for hvert alternativ. En utfordring her er at det finnes veldig mange mulige måter å lage en fornuftig geografisk oppdeling på.
2. Istedenfor å foreta en geografisk oppdeling kan abonnenter og stopp aggregeres til større enheter som betraktes som ett enkelt stopp. Antall stopp/kunder i ruteplanleggingsproblemet blir da mindre, og det blir lettere å finne gode løsninger, se [2]. Også denne metoden har ulemper ved at de aggregat eller grupper som dannes alltid vil bli behandlet som en enhet, dermed vil alle enkeltstopp eller -kunder i aggregatet alltid havne i samme rute. På denne måten risikerer man å gjøre «feil» i den forstand at man kan få stopp på samme rute som helst skulle vært på forskjellige ruter. Ved å prøve å ikke aggregere for mye kan denne type feil holdes under kontroll, og det er vist at aggregering av kunder/stopp som ligger nær hverandre kan gi betydelige forbedringer. I vår problemstilling vil dette bety at et antall abonnenter/stopp, kanskje deler av et byggefelt, slås sammen til en enhet som «hører sammen» i den forstand at de alltid skal betjenes på samme rute. Med en slik tilnærming kan man også unngå mye planlegging av hvordan rutene skal kjøres på detaljnivå, som kanskje allerede blir utført på en tilnærmet optimal måte.

En kombinasjon av geografisk oppdeling og aggregering er også mulig.

I forprosjektet har en oppdeling i «by-løsninger» og «land-løsninger» også vært diskutert som en mulighet. Dette er basert på en antagelse om at et godt ruteopplegg for et byområde vil ha visse egenskaper som er forskjellige for et godt ruteopplegg for et område med spredt bebyggelse. Vi har imidlertid ikke gått inn i detaljer på dette, men det vil være noe et eventuelt hovedprosjekt kan komme tilbake til.

3.8 Løsningsmetoder

Løsningsmetoder for VRP kan deles inn i to hovedtyper: eksakte metoder og heuristikker. En eksakt metode tar utgangspunkt i en matematisk modell og finner en optimal løsning, det vil si en løsning der man kan bevise matematisk at ingen bedre løsning kan eksistere. For de fleste VRP'er fra den virkelige verden er det umulig å finne en optimal løsning i løpet av rimelig tid, så for praktiske problemstillinger må man ty til heuristikker.

En heuristikk er en løsningsmetode som ikke kan garantere at en optimal løsning blir funnet, men som finner gode løsninger i løpet av kort tid. All kommersielle programvare for ruteplanlegging bruker en eller flere heuristikker for å løse VRP. Det finnes ulike typer heuristikker som kan benyttes, men det er neppe hensiktsmessig å beskrive disse i detalj her.

3.9 Verktøy for automatisk, optimalisert ruteplanlegging

På markedet fins det en rekke kommersielle verktøy for optimalisert ruteplanlegging basert på løsning av en variant av VRP. Videre tilbys ofte kommersielle tjenester for ruteoptimalisering basert på slike verktøy. Noen VRP-verktøy er brukt i anvendelser innen renovasjon eller i anvendelser som ligner, for eksempel avisombæring.

OR/MS Today utarbeider jevnlig en oversikt over kommersielle verktøy, den seneste er fra Februar 2012 [5]. Bräysy og Hasle er i ferd med å skrive et bokkapittel om kommersielle VRP-verktøy der de blant annet sammenfatter informasjon fra 10 ledende leverandører.

SINTEF har siden 1995 utviklet en kommersiell VRP-løser kalt Spider. Løseren er utviklet for å kunne løse oppgaver innen et bredt spekter av anvendelser, og den har vært grunnlag for knoppskyting fra SINTEF. Spider har vært brukt i forbindelse med konsulenttjenester innen renovasjon, nærmere bestemt til å finne beste lokalisering av avfallsdeponi ut fra gitte alternativer. Videre er Spider integrert i web-løsningen til Distribution Innovation AS (DI, <http://www.di.no>). Den brukes blant annet til revisjon og optimalisering av budruter for avislevering. Vel 35 aviser og distribusjonsselskap i Norge, Sverige og Finland bruker denne "cloud-computing" løsningen rutinemessig for å optimalisere rutene i bestemte delområder, med kostnadsbesparelser som varierer fra 2-35%.

Basert på kunnskap om Spider vil vi nå beskrive vår oppfatning av hvordan et kommersielt VRP-verktøy kan benyttes til å møte logistikkutfordringene som RIR og NIR står overfor og som er beskrevet i detalj over. Blant de aktuelle oppgaver et verktøy kan bidra til å løse er:

- optimalisering av eksisterende ruteopplegg, gitt eksisterende kjøretøyflåte, se 3.3
- optimalisering av flåtesammensetting ("fleet size and mix"), gitt eksisterende eller ny ruteplan, se 3.4
- optimalisering av antall og lokalisering av omlastingssteder, se 3.5

VRP-verktøy kan også benyttes for å optimalisere frekvens og ukedag for henting.

3.9.1 Grunnlagsdata

Som nevnt over er gode resultater fra bruk av VRP-verktøy helt avhengig av gode grunnlagsdata ("garbage in" -> "garbage out"). Spesielt er det behov for gode data for:

- elektronisk veinett (GIS), med kjørerestriksjoner
- husstandenes og omlastingsstedenes posisjon
- eksisterende eller tenkt kjøretøyflåte (type, antall, kapasiteter og egenskaper)
- kjørekostnader (drivstoff, timekostnader, bompenger, fergeavgifter, per biltype)
- investerings- og avskrivingskostnader (ved flåtesammensetting)
- kjørehastighet, tilpasset de ulike biltyper
- betjeningstid for hver husstand
- avfallsvolum for hver husstand
- tidsvindu for rutene

Med et godt elektronisk veinett, gode posisjonsdata og gode modeller for kjørehastighet og betjeningstid vil et godt VRP-verktøy automatisk beregne realistiske avstander, tider og kjørekostnader. Fergestrekninger kan være en utfordring i denne sammenheng.

Optimaliseringskriteriet/kriteriene må være godt definert. For RIR og NIR synes kostnadsminimering å være et rimelig utgangspunkt. Viktige tilleggskriterier synes å være rutebalansering (når det gjelder varighet/antall stopp). Kompakte, ikke-overlappende ruter er et kjent tilleggskriterium i avisombæring som antakelig er aktuelt også i renovasjon. Et verktøy som Spider tar hensyn til disse kriteriene.

Viktige føringer er varighet på rutene, kapasitet på bil, og tilgjengelig kjøretøyflåte. Spesielt for renovasjon er at full bil fører til en tur til omlastingssted.

De VRP-verktøy vi kjenner til kan ikke ta høyde for usikkerhet i hentevolumer og kjøretider. Noe kan gjøres ved å kjøre ulike scenarier. Dersom volum og kjøretider varierer betydelig med stor grad av forutsigbarhet over året, er det mulig å lage ulike planer tilpasset sesong.

3.9.2 Optimalisering av eksisterende ruteopplegg

Gitt at de nødvendige grunnlagsdata beskrevet over er på plass er det forholdsvis enkelt å kjøre optimaliseringer av eksisterende ruteopplegg med eksisterende kjøretøyflåte. Slike optimaliseringer kan begrenses til visse delområder, eller foretas for hele området. Selv optimalisering med unøyaktige, men rimelige gode data og en forenklet modell kan gi en god pekepinn når det gjelder besparingspotensial. Dersom utarbeiding av grunnlagsdata ikke er for omfattende kan dette egne seg for en pilotstudie.

For store, sammensatte områder kan antall besøkpunkter bli for høyt for effektiv optimalisering. En VRP-løser som Spider har funksjoner for aggregering av stopp basert på veinettet, se 3.7. Erfaringsmessig reduseres antall stopp med en faktor 3-10, avhengig av tetthet.

3.9.3 Optimalisering av flåtesammensetting

Optimalisering av eksisterende ruteopplegg kan settes opp slik at også kjøretøyflåten optimaliseres.

En enkel utvidelse av dette er å kjøre scenarier med alternative, tenkte biltyper; optimalisert flåtesammensetning og tilhørende konkrete ruter vil være resultat av optimaliseringen. Dette er en type strategisk optimalisering der forventet fremtidig behov for henting bør legges til grunn. Det er også mulig å kjøre ulike scenarier der behovet for henting varierer.

3.9.4 Optimalisering av antall og lokalisering av omlastingssteder

En VRP-løser som Spider kan operere med alternative lokaliseringer for henting og levering. Dersom RIR og NIR kan definere et begrenset antall potensielle lokaliseringer av fremtidige omlastingssteder vil VRP-verktøyet kunne finne beste valg av slike ut fra oppgitte behov for henting. Derved er det mulig å kjøre scenarier med optimalisering av antall og lokalisering av omlastingssteder, gjerne for ulike fremtidige behovsscenarier. Antall alternative potensielle lokaliseringer må være begrenset for at dette skal være praktisk gjennomførbart når det gjelder responstid og plankvalitet. Optimalisert valg av kjøretøyflåte og konkrete ruter gitt de valgte omlastingssteder vil være resultater av kjøringen.

3.10 Potensielle innsparinger

Hovedhensikten med et fremtidig hovedprosjekt vil være å identifisere og, om mulig, kvantifisere potensielle innsparinger ved et nærmere samarbeid mellom RIR og NIR der man i større eller mindre grad ser bort fra geografisk grenser. Forprosjektet skal berede grunnen for et hovedprosjekt ved å beskrive dagens situasjon og skissere en plan for hovedprosjektet. Det er i denne sammenheng naturlig å se litt nærmere på hvordan man kan spare kostnader i ruteopplegget dersom det i større grad åpnes opp for ruter som krysser kommunegrenser, både internt i NIR-området og mellom RIR-området og kommuner i NIR-området.

I prosjektgruppa har noen eksempler på mulige innsparinger vært diskutert. Generelt vil det være interessant å se på «grenseområder» som i dag representerer hindringer, som for eksempel:

- Bør Bergsøya, som hører til Gjemnes kommune, betjenes fra Tingvoll?
- Bør det gjøres justeringer langs sørsiden av Langfjorden, der både Rauma (NIR) og Nesset (RIR) har ruter nær hverandre?
- Det samme spørsmålet kan stilles om vestsiden av Sunndalsfjorden, der Sunndal og Nesset kommuner møtes.
- Fræna, Eide og Averøy kommuner har abonnenter nær hverandre i Vevang-området. Kan ruteopplegget forbedres i dette området?

En rute som overtar abonnenter som i dag betjenes av en annen rute vil bli større, og må sannsynligvis levere fra seg abonnenter til andre ruter. Man må derfor løse et ruteplanleggingsproblem som omfatter et større område, der det aktuelle «grenseområdet» inngår, for å svare på spørsmålene over. Dette krever at korrekte data er tilgjengelige, noe som representerer et omfattende arbeid:

- Alle hentepunkter og omlastingssteder må være kjent og plassert i veinettet.
- Alle avstander i veinettet må være tilgjengelige. Dersom et ruteplanleggingsproblem med f. eks. 2 000 hentepunkter skal løses betyr det at en stor del av de totalt $2\,000 \times 2\,000 = 4\,000\,000$ avstandene må være kjent for å finne en god løsning.
- Detaljer om veinettet som har betydning for hvordan rutene kan kjøres må være kjent. Det gjelder for eksempel hvor det er nødvendig å snu eller rygge for å komme fram, hvilken hastighet kan påregnes, osv.

- Kostnader og tidsbruk for kjøring, start/stopp, henting, tømning og tilbakesetting av dunker og andre operasjoner må kunne beregnes ned tilstrekkelig nøyaktighet.

Dersom man prøver å løse et ruteplanleggingsproblem basert på unøyaktige eller feilaktige data, vil man naturlig nok få løsninger som ikke er realistiske, hverken med hensyn på tidsbruk eller kostnader.

Dette betyr at vi i forprosjektet kan peke på noen muligheter, men at vi ikke kan svare på hvor store innsparinger det er mulig å finne.

4 GRUNNLAG FOR VIDEREFØRING – HOVEDPROSJEKT

En videreføring i form av et større prosjekt vil kunne brukes til å finne svar på flere av spørsmålene som blir stilt i forprosjektet. Det vil naturligvis være slik at et prosjekt tar lengre tid, medfører mer arbeid og koster mer jo mer man vil finne ut.

Hensikten med et hovedprosjekt vil være å søke mer kostnadseffektive løsninger i form av bedre ruteplaner, bedre utnyttelse av kjøretøyer, mer hensiktsmessig antall og plassering av omlastingssteder. Et hovedprosjekt kan fokusere på et eller flere av disse temaene.

Skisse til gjennomføringsplan for hovedprosjekt:

- **Problembeskrivelse og modellering**, herunder valg av modell (kun ruteplanlegging, kun lokalisering, location routing), jfr. 3
 - En fullstendig matematisk modell er ikke absolutt nødvendig for å løse et ruteplanleggings/lokaliseringsproblem, siden det ikke er aktuelt å bruke eksakte løsningsmetoder som krever en slik modell. Det er ofte likevel en stor fordel å lage en matematisk modell, siden det gir en bedre forståelse og innsikt i problemstillingen som skal løses.
- **Datainnsamling** (kostnader, avstander, mm)
 - Innsamling av data og beregning av ulike parametere vil utgjøre en stor del av jobben i et hovedprosjekt. Alle geografiske punkter (omlastingssteder og hentepunkter) må være kjent, alle avstander mellom disse må beregnes. Tidsforbruk og kostnader for alle operasjoner må beregnes med tilstrekkelig nøyaktighet. Dette innebærer for eksempel at man må innhente tilstrekkelige opplysninger om hvert stopp til å beregne hvor lang tid det tar å stoppe, hente dunkene, tømme disse på bilen, sette dunkene tilbake, for så å kjøre videre. Dette vil blant annet være avhengig av om stoppet er i enden av en vei som krever at bilen snur eller rygger, om dunker må trilles i oppover- eller nedoverbakke når de er fulle/tomme, om det er trangt og vanskelig å manøvrere, osv. Beregning av hastighet under kjøring vil også kreve mye arbeid, det samme gjelder beregning av drivstofforbruk og dermed driftskostnader.
- **Forenkling/reduksjon av problemet**, jfr.3.7
- **Valg av løsningsmetode**, kjøpe programvare eller utvikle selv?
 - Her er det viktig å være oppmerksom på at det å lage en algoritme/ løsningsmetode som gir gode løsninger, ikke er det samme som å ha et ferdig system som kan brukes til planlegging. En løsningsmetode er en «optimeringskjerne», et ferdig system må inneholde mye mer. Det trengs funksjonalitet for feilhåndtering, data må hentes inn fra databaser eller andre kilder, systemet må være brukervennlig og ha et godt grensesnitt, for å nevne noe. Denne type vurderinger vil ofte tale for å videreutvikle eller tilpasse et eksisterende system til å kunne håndtere problemet på en god måte, siden et allerede eksisterende system inneholder det som er nødvendig når det gjelder grensesnitt, feilhåndtering osv.

- **Finne nye og bedre løsninger** basert på problembeskrivelse/modell, innsamlede data og valgt løsningsmetode.

Et hovedprosjekt vil måtte planlegges og utvikles etter at mål og omfang er klarlagt. Det er vanskelig å vurdere varighet og kostnader for et prosjekt før det er planlagt i detalj, men ved å se på sammenlignbare prosjekt kan en varighet på minst 2 år og kostnader på minst 2 mill brukes som et anslag.

Implementering av løsning vil normalt finne sted etter at prosjektet er avsluttet. Systemet skal normalt ikke bestemme *hvilken* løsning som skal implementeres, det bør være en beslutningstaker som ser på ulike løsningsforslag og gjør nødvendige justeringer før en beslutning tas. Implementering kan medføre større eller mindre investeringer i materiell og anlegg, avhengig av hvor omfattende endringer løsningen innebærer.

Når det gjelder finansiering av et hovedprosjekt, så finnes det flere muligheter. Foruten aktørene selv (RIR og NIR) vil det være aktuelt å undersøke mulighetene for videre støtte fra Møre og Romsdal Fylkeskommune og Norges Forskningsråd (sentralt og regionalt). Det vil være en viktig del av planleggingen av et eventuelt hovedprosjekt å skaffe oversikt over mulige finansieringskilder og søke støtte fra disse.

Referanser

[1] G.B. Dantzig og J.H.Ramser. The truck dispatching problem. *Management Science*, 6:80-91, 1959.

[2] J. Oppen og A. Løkketangen. Arc routing in a node routing environment. *Computers & Operations Research*, 33:1033-1055, 2006.

[3] Z. Drezner og H.W. Hamacher. *Facility Location*. Springer, 2001.

[4] J. Oppen og A. Løkketangen. A tabu search approach for the Livestock Collection Problem. *Computers & Operations Research*, 35:3213-3229, 2008.

[5] OR/MS Today http://www.orms-today.org/surveys/Vehicle_Routing/vrss.html

PUBLIKASJONER AV FORSKERE TILKNYTTET HØGSKOLEN I MOLDE OG MØREFORSKING MOLDE AS

www.himolde.no – www.mfm.no

2011 - 2013

Publikasjoner utgitt av høgskolen og Møreforskning kan kjøpes/lånes fra
Høgskolen i Molde, biblioteket, Postboks 2110, 6402 MOLDE.
Tlf.: 71 21 41 61, epost: biblioteket@himolde.no

NASJONAL/NORDISK PUBLISERING

Egen rapportserie

Oppen, Johan; Oterhals, Oddmund og Hasle, Geir: (2013): *Logistikkutfordringer i RIR og NIR. Forprosjekt.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1305. Molde. Møreforskning Molde AS. 27 s. Pris: 50,-

Bergem, Bjørn G.; Bremnes, Helge; Hervik, Arild og Opdal, Øivind (2013): *Konsekvenser for Aukra som følge av utbyggingen av Ormen Lange. En oppsummering av analyser gjort av Møreforskning Molde.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1304. Molde. Møreforskning Molde AS. 33 s. Pris: 50,-

Johannessen, Gøran; Oterhals, Oddmund og Svindland, Morten (2013): *Sjøtransport Romsdal. Potensiale for økt sjøtransport i Romsdalsregionen.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1303. Molde. Møreforskning Molde AS. 33 s. Pris: 50,-

Rekdal, Jens og Zhang, Wei (2013): *Hamnsundsambandet. Trafikkberegninger og samfunnsøkonomisk kalkyle for 4 alternative traséer.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1302. Molde: Møreforskning Molde AS. 86 s. Pris: 100,-

Hervik, Arild; Bergem, Bjørn G. og Bræin, Lasse (2013) *Resultatmåling av brukerstyrt forskning 2011.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1301. Molde: Møreforskning Molde AS. 71 s. Pris: 100,-

Larsen, Odd I (2012): *Samfunnsøkonomisk vurdering av reduksjon i tillatt totalvekt for vogntog fra 50 til 40 tonn og utvidet veinett for modulvogntog.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1217. Molde. Møreforskning Molde AS. 55 s. Pris: 100,-

Hervik, Arild; Oterhals, Oddmund; Bergem, Bjørn G. og Johannessen, Gøran (2012): *NCE Maritim klyngeanalyse 2012. Status for maritime næringer i Møre og Romsdal.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1216. Molde. Møreforskning Molde AS.

Guvåg, Bjørn; Oterhals, Oddmund; Johannessen, Gøran; Moghaddam, Sasan Mameghani; Seth, Anne Tafjord; Ona, Terje og Furstrand, Ronny (2012): *STX OSV. Supplier Analysis.* Report / Møreforskning Molde AS number. 1215. Molde. Møreforskning Molde AS 66 p. Price: 50,-

Kristoffersen, Steinar (2012): *NextShip – Lean Shipbuilding. State of the art and potential to be "lean" in multifariously distributed maritime design, engineering and construction.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1214. Molde. Møreforskning Molde AS. 26 s. Pris: 50,-

Oterhals, Oddmund (2012): *Nyfrakt II. Sluttrapport.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1213. Molde. Møreforskning Molde AS. 13 s. Pris: 50,-

Oterhals, Oddmund; Hjelle, Harald M.; Hervik, Arild og Bråthen, Svein (2012): *Nyfrakt II. Virkemidler for fornying av nærskipsflåten.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1212. Molde. Møreforskning Molde AS. 19 s. Pris: 50,-

Kristoffersen, Steinar (2012) *Safe and robust content distribution.: challenges and solutions related to internet-based sharing of business critical documentation.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1211. Molde. Møreforskning Molde AS 50 s. Pris: 100,-

Bråthen, Svein; Hagen, Kåre P.; Hervik, Arild; Larsen, Odd I.; Pedersen, Karl R.; Rekdal, Jens; Tvetter, Eivind og Zhang, Wei (2012): *Alternativ finansiering av transportinfrastruktur. Noen utvalgte problemstillinger.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1210. Molde. Møreforskning Molde AS. 92 s. Pris: 100,

Oterhals, Oddmund; Bråthen, Svein og Husdal, Jan (2012) *Diagnose for kystlogistikken i Midt-Norge – Forprosjekt.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1209. Molde. Møreforskning Molde AS 62 s. Pris: 100,-

Rekdal, Jens; Larsen, Odd I.; Steinsland, Christian og Zhang, Wei (2012) *Eksempler på analyser av Kjøprising med TraMod_By : konsekvenser av tidsdifferensierte bompengesatser i Oslo, Bergen og Trondheim.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1208. Molde. Møreforskning Molde AS.

Dugnås, Karolis og Oterhals, Oddmund (2012) *Logistikkoptimalisering i Villa-gruppen : kartlegging og forbedring av logistikkprosesser.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1207 KONFIDENSIELL. Molde. Møreforskning Molde AS. 53 s.

Rekdal, Jens; Larsen, Odd I.; Stensland, Christian, Zhang, Wei og Hamre, Tom N. (2012) *TraMod_By del 2. Delrapport 2 : eksempler på anvendelse.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1206. Molde. Møreforskning Molde AS. Pris: 150,-

Bråthen, Svein; Halpern, Nigel og Williams, George (2012) *The Norwegian Air Transport Market in the Future. Some possible trends and scenarios.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1205. Molde: Møreforskning Molde AS. 82 s. Pris: 100,-

Hervik, Arild; Bræin, Lasse og Bergem, Bjørn G. (2012) *Resultatmåling av brukerstyrt forskning 2010.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1204. Molde: Møreforskning Molde AS. 129 s. Pris: 150,-

Rekdal, Jens; Larsen, Odd I.; Løkketangen, Arne og Hamre, Tom N. (2012): *TraMod_By Del 1: Etablering av nytt modellsystem.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1203. Molde: Møreforskning Molde AS. 176 s. Pris: 200,-

Bråthen, Svein; Saeed, Naima; Sunde, Øyvind; Husdal, Jan; Jensen, Arne and Sorkina, Edith (2012): *Customer and Agent Initiated Intermodal Transport Chains.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1202. Molde: Møreforskning Molde AS. 153 s. Pris: 150,-

Bråthen, Svein; Draagen, Lars; Eriksen, Knut S.; Husdal; Jan, Kurtzhals, Joakim H. og Thune-Larsen, Harald (2012): *Mulige endringer i lufthavnstrukturen – samfunnsøkonomi og ruteopplegg.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1201. Molde: Møreforskning Molde AS. 125 s. Pris: 150,-

Kristoffersen, Steinar (2011): *Complete Documentation for Commissioning. Knowledge and document management in ship building.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1111. Molde: Møreforskning Molde AS. 32 s. Pris: 50,-

Hervik, Arild; Oterhals, Oddmund; Bergem, Bjørn G. og Johannessen, Gøran (2011): *NCE Maritime klyngeanalyse 2011. Status for maritime næringer i Møre og Romsdal.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1110. Molde: Møreforskning Molde AS. 35 s. Pris: 50,-

Fillingsnes, Anne Berit; Sandøy, Marit og Ulvund, Ingeborg (2011): *Ny praksismodell i sykehjem. Rapport fra et samarbeidsprosjekt mellom Molde kommune, Kristiansund kommune og Høgskolen i Molde.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1109. Molde: Møreforskning Molde AS. 50 s. Pris: 100,-

Oterhals, Oddmund; Johannessen, Gøran og Hervik, Arild (2011): *STX OSV. Ringvirkninger av verftsvirksomheten i Norge.* Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1108. Molde: Møreforskning Molde AS. 28 s. Pris: 50,-

Hjelle, Harald M. og Bø, Ola (2011): *Implementering av IT-systemer i verdikjeden for frossen fisk. Sluttrapport for FIESTA-prosjektet*. Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1107. Molde: Møreforskning Molde AS. 124 s. Pris: 150,-

Rekdal, Jens (2011): *Konsekvensutredning; Måseide – Vedde – Gåseid. Delrapport: Trafikkanalyse og samfunnsøkonomisk kalkyle for "Borgundfjordtunnelen"*. Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1106. Molde: Møreforskning Molde AS. 112 s. Pris: 150,-

Hjelle, Harald M. og Bø, Ola (2011): *Sporbarhet, RFID og frossen fisk. Om potensialet til innføring av RFID-basert sporingsteknologi i forsyningskjeden for frossen fisk*. Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1105. Molde: Møreforskning Molde AS. 51 s. Pris: 100,-

Sandsmark, Maria og Hervik, Arild (2011): *Internasjonalisering av merkevarer i petroleumsnæringen i Midt-Norge*. Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1104. Molde: Møreforskning Molde AS. 41 s. Pris: 50,-

Bremnes, Helge; Hervik, Arild og Sandsmark, Maria (2011): *Merkevarer i petroleumsnæringen i Midt-Norge*. Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1103. Molde: Møreforskning Molde AS. 41 s. Pris: 50,-

Hervik, Arild; Bræin, Lasse og Bergem, Bjørn (2011): *Resultatmåling av brukerstyrt forskning 2009*. Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1102. Molde: Møreforskning Molde AS. 105,[42] s. Pris: 150,-

Oterhals, Oddmund (2011): *shipINSIDE – Vurdering av et nytt konsept for skipsinnredning*. Rapport / Møreforskning Molde AS nr. 1101. Molde: Møreforskning Molde AS. 25 s. Pris: 50,-

ARBEIDSRAPPORTER / WORKING REPORTS

Rye, Mette (2013) *Merkostnad i privat sektor i sone 1A og 4A etter omlegging av differensiert arbeidsgiveravgift*. Arbeidsrapport / Møreforskning Molde AS nr. M 1301. Møreforskning Molde AS. 17 s. Pris: 50,-

Oterhals, Oddmund (2012) *Nyfrakt II. Vareierdeltakelse og kontraktsmegling*. Arbeidsrapport / Møreforskning Molde AS nr. M 1202. Møreforskning Molde AS. 12 s. Pris: 50,-

Rye, Mette (2012): *Merkostnad i privat sektor i sone 1a og 4a etter omlegging av differensiert arbeidsgiveravgift : estimat for 2012*. Arbeidsrapport / Møreforskning Molde AS nr. M 1201. Molde: Møreforskning Molde AS 19 s. Pris: 50,-

Bremnes, Helge; Kristoffersen, Steinar og Sandsmark, Maria (2011): *Evaluering av IKT-investeringer – et forprosjekt*. Arbeidsrapport / Møreforskning Molde AS nr. M 1103. Molde: Møreforskning Molde AS. 18 s. Pris: 50,-

Hervik, Arild; Hekland, Jon og Bræin, Lasse (2011): *Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF). Screening av eksisterende erfaringer internasjonalt med måling/kartlegging av effekter av forskning innen fiskeri- og havbrukssektoren*. Arbeidsrapport / Møreforskning Molde AS nr. M 1102. Molde: Møreforskning Molde AS. 25 s. Pris: 50,-

Rye, Mette (2011): *Merkostnad i privat sektor i sone 1a og 4a etter omlegging av differensiert arbeidsgiveravgift. Estimat for 2011*. Arbeidsrapport / Møreforskning Molde AS nr. M 1101. Molde: Møreforskning Molde AS. 17 s. Pris: 50,-

ARBEIDSNOTATER / WORKING PAPERS

Rønhovde, Lars Magne (2012) *Innovasjon i offentlig sektor : en studie av prosessene knyttet til initiering av og iverksetting av samhandlingsreformen i fem kommuner på Nordmøre*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:1. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50. –

Berg, Celia M.; Wallace, Anne Karin og Aarseth, Turid (2012) *IKT som hjelper og tidstyv i videregående skole : elevperspektiv på bruk av IKT i norsk og realfag*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:2. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 100. –

Helgheim, Berit Irene (2012) *Operasjonsforløp i kirurgisk divisjon : Sykehuset Østfold – forprosjekt : kommentarutgave*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:3. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 100.-

Lohne, Marianne og Ødegård, Atle (2012) *Fosterforeldres opplevelser av utilsiktet flytting : beskrivelse av prosjektet, foreløpige funn og refleksjoner*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:4. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50.-

Halskau sr., Øyvind (2012) *On routing and safety using helicopters in a hub and spoke fashion in the off-shore petroleum's industry*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:5. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50.-

Helgheim, Berit Irene og Foss, Bjørn (2012) *Redegjørelse for bruk av 25,25 transportvogntog i Nordland og Västerbotten : økonomiske og miljømessige konsekvenser*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:6. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50.-

Gjerde, Ingunn; Meese, Janny; Rønhovde, Lars; Stokke, Inger og Aarseth, Turid (2012) *Helhetlige pasientforløp i utvikling : del 1*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:7. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50.-

Gribkovskaia, Irina; Halskau sr., Øyvind and Kovylov, Mikhail Y, (2012) *Minimizing takeoff and landing risk in helicopter pickup and delivery operations*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2012:8. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50.-

Ludvigsen, Kristine og Jæger, Bjørn (2011) *Roller og rolleforventninger ved bruk av avatarer i en fjernundervisningskontekst*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2011:1. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50. –

Sandsmark, Maria (2011) *A system dynamic approach to competitive advantage : the petro-industry in Central Norway as a case study*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2011:2. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50. –

Bremnes, Helge; Bergem, Bjørn and Nettet, Erik (2011) *Coherence between policy formulation and implementation of public research support? : an examination of project selection mechanisms in the Norwegian Research Council*. Arbeidsnotat / Høgskolen i Molde, nr. 2011:3. Molde : Høgskolen i Molde. Pris: 50. –

Rapporter publisert av andre institusjoner

Vatnar, Solveig Karin Bø og Bjørkly, Stål (2011) *Forskningsbasert kunnskap om partnerdrap : en systematisk litteraturgjennomgang*. Rapport / Kompetansesenter for sikkerhets-, fengsels- og rettspsykiatri for Helseregion Sør-Øst, 2011-2. Oslo : Kompetansesenteret.

Nilsen, Inge Berg (red.); Angell, Elisabeth; Bergem, Bjørn Greger, Bræin, Lasse; Hervik, Arild; Nilsen, Trond og Karlstad, Stig (2012) *Erfaringsstudie om ringvirkninger fra petroleumsvirksomhet for næringsliv og samfunnet for øvrig*. Norut Alta Rapport, 2012:8. Alta : Norut.

© Forfatter/Møreforskning Molde AS

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller fremstille eksemplar til privat bruk. Uten spesielle avtaler med forfatter/Møreforskning Molde AS er all annen eksemplarframstilling og tilgjengelighetsgjøring bare tillatt så lenge det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettshavere til åndsverk.



MØREFORSKING
MOLDE

MØREFORSKING MOLDE AS
Britvegen 4, NO-6410 Molde

Telefon +47 71 21 40 00
Telefaks +47 71 21 42 99

mfm@himolde.no
www.mfm.no



Høgskolen i Molde
Vitenskapelig høgskole i logistikk

HØGSKOLEN I MOLDE
Postboks 2110, NO-6402 Molde

Telefon +47 71 21 40 00
Telefaks +47 71 21 41 00

post@himolde.no
www.himolde.no