

Vanninnfluks i Statfjord I1
Rapport for Eksperter i Team
Gullfakslandsbyen

Gruppe 7:

Torstein Tveit
Erlend Bjørdal
Stein Tore Wien
John Kenneth Grytten

1. mai 2001

Sammendrag

I “Eksperter i Team” skal studentene tilegne seg ferdigheter innen tverrfaglig prosjektarbeid. Det er viktig å presisere at de to læringsforløpene, faglig og prosessrelatert, ikke representerer to adskilte læringsforløp, men er sammen gjensidig avhengige og utgjør en helhet. Derfor er hoveddelen (det faglige) og gruppeprosessen henholdsvis første og andre del i denne rapporten.

I prosjektet har vi tatt for oss en oppgave som går ut på å undersøke en oppdatert simuleringsmodell for Statfjord segment I1 på Gullfaks-feltet, særlig med hensyn på vanninnstrømning. Vi har med hjelp av dataverktøy koblet sammen materialbalanseberegninger med simuleringer, for så å visualisere resultatene. Rapporten påviser en “feil” i det totale volumregnskapet, men resultatene i denne oppgaven ble ikke entydige nok til at vi vil komme med noen konkrete anbefalinger. Vår løsning tilsier en vanninnstrømning på $1.344 * 10^6 Sm^3 \pm 12\%$ i perioden fra 1. mai 1992 til 1. oktober 2000.

Store usikkerheter påvirker troverdigheten til de resultatene vi fikk. Det har vært vanskelig å vurdere kvaliteten på inndataene fordi vi ikke hadde noe å sammenligne med. I prosjektet har vi i stor grad hatt nok med å komme opp på brukernivå av simuleringsverktøyene. Å kontrollere våre inndata til materialbalansen med verdier i de eksisterende simuleringsmodellene er noe vi burde sett nærmere på, men som vi ikke var kvalifisert for.

Et annet omfattende tema er plasseringen av vanninnfluksen. Noe vi oppdaget mot slutten av prosjektet, når vi studerte visualiseringen av simuleringen, var at den høye trykkoppbyggingen i nederste lag kunne skyldes en lokal forkastning. Inntrykket vi har fått etter å ha diskutert denne problemstillingen i fagmiljøet er at plasseringsspørsmålet uansett blir preget av kvalifisert gjetning.

Det kunne vært interessant med ytterligere undersøkelser, spesielt innen geologi. Statoil undersøker vanninnstrømning nord i segmentet, noe vi ser som en bekreftelse på våre resultater.

Vi skulle gjerne ønsket å konkludere med at Statoils planlagte brønn PCSI13 burde flyttes som følge av lavere oljemetning enn tidligere antatt. Materialbalansen og våre grafiske resultater tyder på at oljemetningen faktisk er litt lavere. På grunn av usikkerheten velger vi å la være å begi oss inn på slike spekulasjoner. Vi har lært mye underveis, selv om vi ikke fikk resultatene vi så for oss. Problemene vi står igjen med er i hovedsak relatert til reservoarmodellen som er fremstilt. Vi vil til slutt trekke frem at tverrfaglig samarbeid har gjort at vi har fått løst en oppgave ingen av oss hadde klart på egenhånd.

Forord

I denne rapporten presenteres vårt arbeid i faget “Eksperter i Team”, våren 2001.

Oppgaven er gjort i Gullfakslandsbyen og er utført i tett samarbeid ved Petroleum Teknisk Senter, Institutt for Petroleumsteknologi.

Vi vil takke vår landsbyhøvdning professor Jon Kleppe og hans assistent Sveinung Winterstø for uvurderlig tilrettelegging og faglig veiledning. Brit Gunn Erslund (reservoarteknikk) har vært vår hovedkontaktperson hos Statoil, og vi begynte oppgavedefinisjonen med utgangspunkt i hennes innspill om Statfjord segment I1. For gode tips, vil vi også rette en varm takk til prosjektgruppene i faget SIF4038 høsten 2000. Vi setter også stor pris på hele miljøet i Gullfakslandsbyen som hele tiden har vært positivt innstilt selv om frustrasjoner som følge av samarbeidsproblemer og faglig utilstrekkelighet naturlig nok har dukket opp, særlig i starten.

Trondheim, 1. mai 2001

Torstein Tveit
Erlend Bjørdal
Stein Tore Wien
John Kenneth Grytten

Innhold

I	Hoveddel	v
1	Innledning	1
1.1	Problem definisjon	1
2	Bakgrunn	3
2.1	Definisjoner	3
2.2	Struktur-geologisk beskrivelse for Gullfaksfeltet	4
2.3	Reservoarbeskrivelse av Statfjordformasjonen	5
2.4	Produksjon og trykshistorie, Statfjord I1	7
2.5	Litteraturstudier	16
2.6	Tidligere arbeider	16
2.7	Litt om Statoils planer	16
3	Beregning av vanninnfluks	17
3.1	Materialbalanse	17
3.2	Usikkerhet i vanninnfluks	22
4	Simulering av segment I1, Statfjordformasjonen	24
4.1	Læring av eclipse	24
4.1.1	Første introduksjon	24
4.1.2	Problembasert læring	25
4.1.3	Kjøring av simuleringer	25
4.2	Mer om simuleringene	27
4.3	Visualisering med GLview	28
4.4	Unøyaktigheter i modellen	28
5	Resultater	29
5.1	Grafiske resultater	29
5.2	BASIS.RSM	38
5.3	Diskusjon	40
5.4	Usikkerhet	42

6	Faglige konklusjoner	43
II	Gruppeprosess	45
1	Eksperter i Team	47
2	Bakgrunn	48
3	Analyse	51
3.1	Oppgavetekst og læringsmål	51
3.2	Spørreskjema: Mitt selvbilde	52
3.3	Spørreskjema: Teamets utvikling	54
3.4	Spørreskjema: Personlighetstyper	55
3.5	Refleksjonsskriving	57
4	Refleksjoner	58
4.1	Struktur	58
4.2	Dynamikk	59
4.3	Dominans og synlighet	59
4.4	Kommunikative stiler og konflikter	59
5	Oppsummering	60
III	Vedlegg	64

Del I
Hoveddel

Kapittel 1

Innledning

I første delen av denne rapporten vil vi beskrive vår egen tverrfaglige tilnæringsmåte og løsning. I del to tar vi en gjennomgang av gruppeprosessen. Figurliste og referanseliste for hele rapporten står på slutten av andre del.

Motivasjon for Gullfaks. Ekspertene i Team skal være faglig utfordrende og gruppeprosessen er avgjørende for å løse utfordringen. Prosjektgruppen vår ble satt sammen helt tilfeldig, så alle var naturlig nok spent på hvordan samarbeidet ville fungere. Slik er det jo i arbeidslivet også.

Ekstern oppdragsgiver i Gullfaks-landsbyen var Statoil ved Gullfaks driftsorganisasjon på Sandsli i Bergen. Problemstillingen var optimistisk: "Hvordan få 10% mer olje fra Gullfaksfeltet?".

Vi fikk beskjed om at problemstillingen ikke skulle tas for bokstavelig, og at det var meningen at vi skulle definere mer konkrete oppgaver relatert til Gullfaks. Vi fant det nødvendig å senke ambisjonsnivået betraktelig. Likevel viste det seg underveis at vi måtte foreta ytterligere avgrensninger av prosjektets omfang for å kunne fokusere på kvalitet.

Prosjektet utviklet seg svært interessant, fra en ambisiøs start via frustrasjon til en hektisk slutt. Dette til tross for at vi jobbet jevnt med oppgaven gjennom hele semesteret.

1.1 Problem definisjon

Studie av vanninnfluks i Statfjord formasjonen, segment I1: Statfjord formasjonen er en produserende del av Gullfaksfeltet som er lokalisert 175 km. NV for Bergen, se figur 1.1. Operatør på feltet er Statoil.

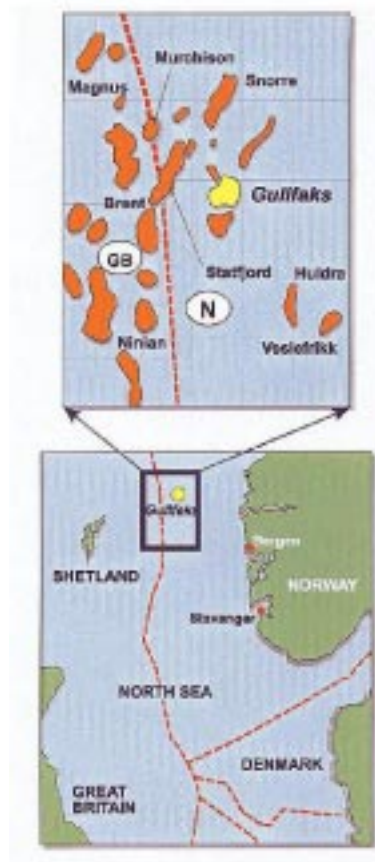
Formasjonen antas fra Statoils side ikke å ha trykkkommunikasjon med tilgrensende formasjoner. Formasjonen har vist seg å være noe problematisk,

både en produsent og en injektor er blitt plugget, og i dag har formasjonen kun en aktiv produsent.

Ved å ta utgangspunkt i en oppdatert simuleringsmodell for I1, skal vi undersøke momenter som kan påvirke drenering av segmentet.

Vi vil se på eventuell trykkommunikasjon til andre formasjoner ved å undersøke massebalansen for segment I1. Ved eventuell påvisning og kvantifisering av trykkommunikasjon vil denne forsøkes simuleres ved bruk av vanninjeksjon. Vi vil beskrive Statoils egne planer og eventuelt foreslå alternativer.

Opggaven vil i første omgang være å sette seg inn i balanse-ligninger og dataverktøy for simulering, for eventuelt senere å kunne se på de tekniske momentene ved drenering av reservoaret.



Figur 1.1: Oversiktsbilde, Gullfaks plassert i forhold til Sør-Norge

Kapittel 2

Bakgrunn

2.1 Definisjoner

Her beskriver vi kort dataverktøyene vi har brukt, som kanskje ikke er kjent for alle fagpersoner. Rapporten forutsetter for øvrig grunnleggende forståelse av petroleumsrelaterte ord og uttrykk.

BSCW Basic Support for Co-operative Work, system for å jobbe sammen og dele ressurser i en gruppe via Web.

Ceetron GLview Pro Microsoft Windows basert program som vi brukte for å visualisere 3D-modeller i `.vtf` format laget med **eclvtf**.

eclipse UNIX basert simulator for olje reservoar.

eclvtf UNIX basert program laget av Dr. ing student John Ivar Haugland for å konvertere simuleringsdata fra eclipse til `.vtf` format.

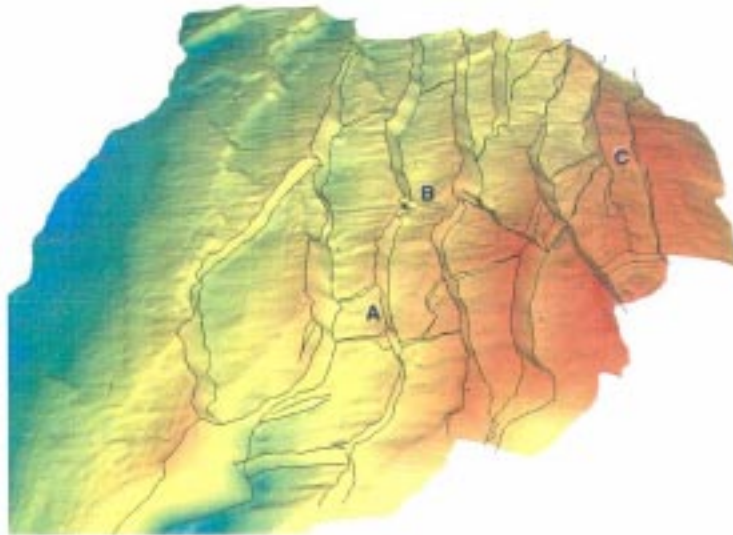
frame Elektronisk basert dokumentasjon for eclipse (PDF).

graf UNIX basert program for visualisering.

2.2 Struktur-geologisk beskrivelse for Gullfaksfeltet

Gullfaksfeltet deles inn i 3 hovedområder, et vestlig og sentralt liggende område dominert av roterte forkastningsblokker (dominoforkastninger), lengst øst et horstområde som ikke er rotert. I mellom finner vi et meget komplekst tilpasningsområde preget av foldestrukturer.

Dominoområdet, hvor I1 segmentet befinner seg (figur 2.2), preges av at hengsiden generelt sett er langt kraftigere deformert enn ligger. Dette kan sees i enten mindre forkastninger subparallellt med hovedforkastningen eller helst som en deformasjon på kornstørrelsesskala, ved omorganisering av individuelle korn. Deformasjonen øker mot vest.



Figur 2.1: Statfjordformasjonen

Den gjennomsnittlige laghelningen i dominoområdet er for Statfjord formasjonen 17 grader, men denne helningen avtar mot hengsiden av forkastningsblokkene, pga. storskala slepstrukturer. Disse slepstrukturene gjør at totalt sprang som en observerer i seismikken kan være langt større enn det brønncorrelasjonen viser.

Et sett av hovedforkastninger, hovedsakelig N-S orientert, deler opp feltet. Disse forkastningene kan ha et sprang på opptil 500 meter. Hovedforkastningene i dominoområdet har et fall på ca. 30 grader mot øst, mens de i horstområdet faller med ca. 60-65 grader mot vest.



Figur 2.2: Segment I1

I tillegg til disse hovedforkastningene er Gullfaksfeltet preget av en rekke mindre forkastninger. Disse har et sprang på null til flere titalls meter, og med et fall på 50-80 grader.

2.3 Reservoarbeskrivelse av Statfjordformasjonen

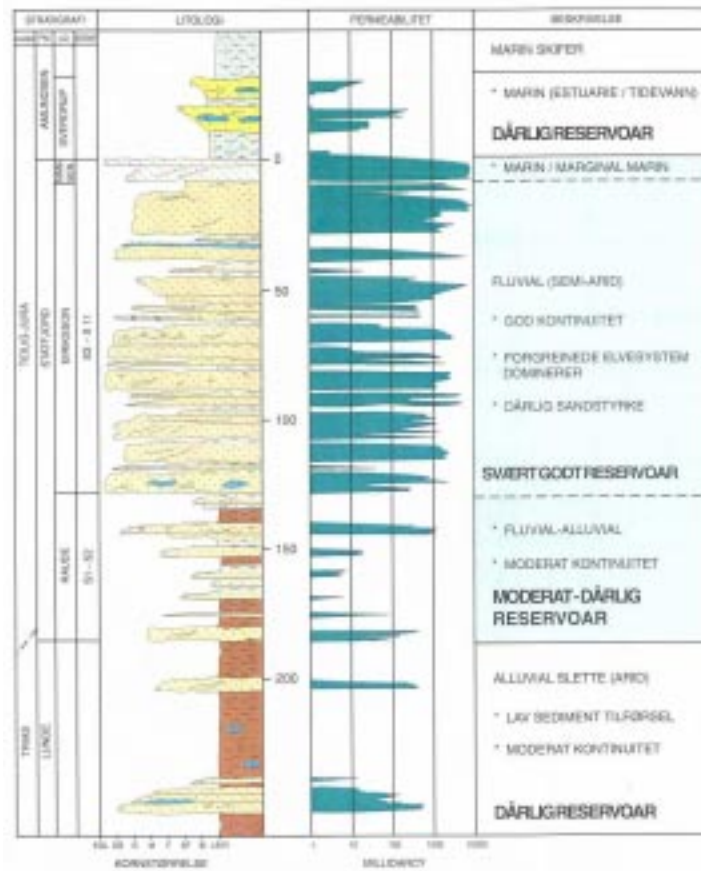
Statfjordformasjonen (se figur 2.1) er avsatt i sen trias/tidlig jura. Formasjonen preges av å ha vært avsatt i en periode hvor avsetningsmiljøet har vært i endring. Nederst finner vi alluviale avsetninger som preges av periodiske flomavsetninger. Øvre deler domineres av en dårlig drenert alluvial slette med sumper og elvekanaler i øvre deler.

Helt øverst er avsetningene dominert av fluviale avsetninger, men tidevannsstrukturer i de øverste metrene tyder på avsetning i estaurine kanaler. Dette markerer starten på en transgressjon som flømmet hele området, og

resultatet er Amundsenformasjonen, bestående av marine skifre, som ligger over Statfjord formasjonen.

Avsetningen har foregått i en periode med tektonisk aktivitet, og dette fører til mektighetsendringer i formasjonen relatert til forkastningene. I horstområdet øst er mektigheten 170 meter, mens den øker til over 250 i de vestlige områdene. Som følge av forkastningsaktiviteten ble den østlige delen hevet relativt til områdene i vest, og man fikk avsatt en 75-80 meter tykk lagpakke i vest. Det er sannsynlig at deler av denne sanden er erosjonsmateriale fra det hevede horstområdet.

Formasjonen er litostratigrafisk delt inn i 11 soner, benevnt S1-S11 fra bunnen. Dette er gjort for å prøve og skille sandrike intervaller fra skiferdominerte intervaller. Se figur 2.3 fra [1, side 70].



Figur 2.3: Litostratigrafisk logg, Statfjordformasjonen

Sone S3-S11 domineres av massive, høypermeable og relativt homogene sander. Noen skifer- og kullbenker finner vi også, og dette er spesielt i sone S7. Kommunikasjonen mellom sandene er god, og de er lateralt kontinuerlige. Denne delen har en mektighet varierende mellom 90-160 meter, økende vestover.

De to nederste sonene av reservoaret S1 og S2 er derimot langt mer heterogene. Tykkelsen varierer og denne delen domineres av vekslinger mellom sander av ulik tykkelse og reservoar-kvalitet, og skifre. Sonene preges av store trykk-forskjeller lateralt og vertikalt, og den laterale kommunikasjonen begrenses ved at tynne sander fører til sand mot skifer kontakt over forkastninger.

Segment I1 er gjennomskåret av en forkastning med 15-20 meter sprang, retning SV-NØ. Forkastningen deler I1 segmentet i et nordvestlig og et sørøstlig delsegment, der sistnevnte er forkastet ned. Basert på størrelsen av forkastningsspranget, antas det å være trykkkommunikasjon mellom delsegmentene. Det er observert to oljesystemer med ulik olje-vann kontakt i de respektive sandsystemer.

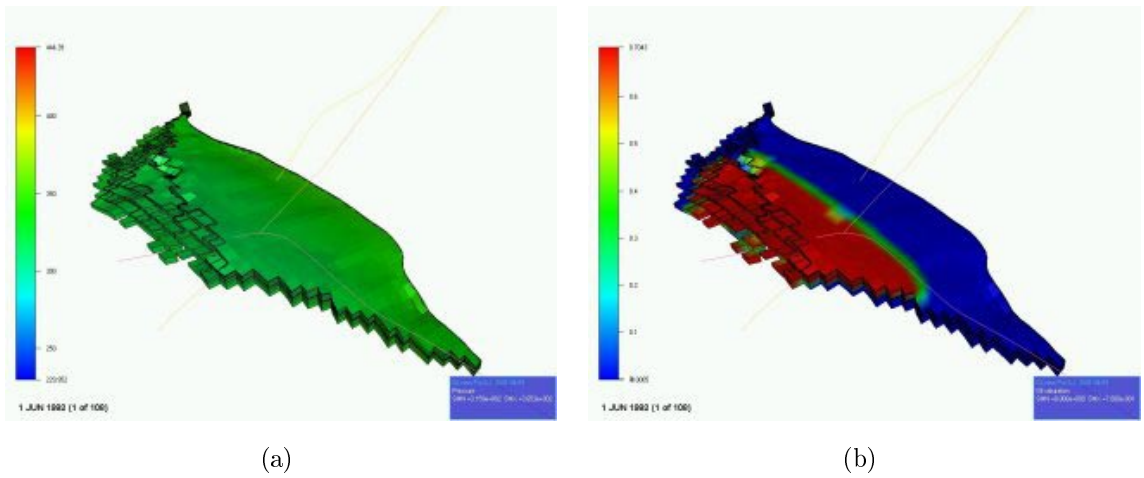
2.4 Produksjon og trykkinhistorie, Statfjord I1

Gullfaksfeltet ble oppdaget i 1978, og ble satt i produksjon i 1986.

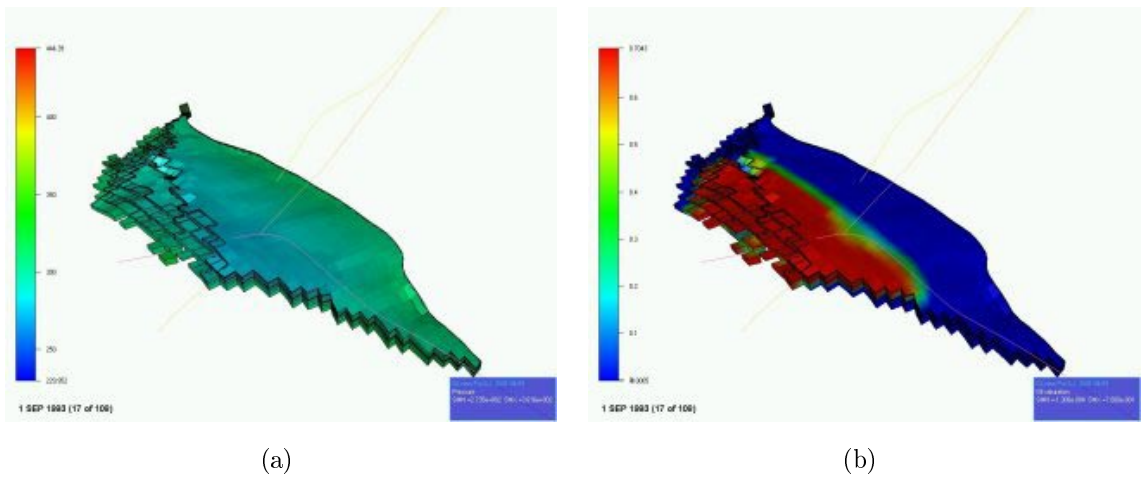
Statfjordformasjonen i segment I-1 representerer et eget produksjonsområde. Segmentet er gjennomskåret av en forkastning med 15-20 meter sprang, retning SV-NØ. Forkastningen deler I-1 segmentet i et nordvestlig og et sørøstlig delsegment, der sistnevnte er forkastet ned. Basert på størrelsen av forkastningsspranget, antas det å være trykkkommunikasjon mellom delsegmentene. Det er observert to oljesystemer, ett med OVK på 1946 m SVD MNH (lag X) for sandene S3 (evt. S2) til S11, og ett med kontakt på 1966 m SVD MNH for S1.

På figur 2.4 vises situasjonen per 1. juni 1992. Produksjonsområdet er hittil utviklet med to produsenter, brønnene A-36 og C-16. Disse ligger oppflanks for vanninjektoren, A-41, som injiserte i vannbassenget i vest. Alle brønnene er plassert innenfor det nordvestlige delsegment. A-36 var i drift i Statfjord fra juli 1992. Bildet til venstre viser initialtrykk mellom 325 og 350 bar i det øverste laget. Bildet til høyre viser initialmetninger for olje i segmentet. På dette tidspunkt er bare A-36 aktiv.

I oktober 1993 ble A-36 supplert med C-16 som ligger mer optimalt på strukturen. Trykket i området omkring produsentene har falt til verdier omkring 270 bar, slik vi ser på figur 2.5 (a). Vi kan også observere at oljemetningen gradvis synker nær A-36, en vannfront beveger seg mot brønnen (b).

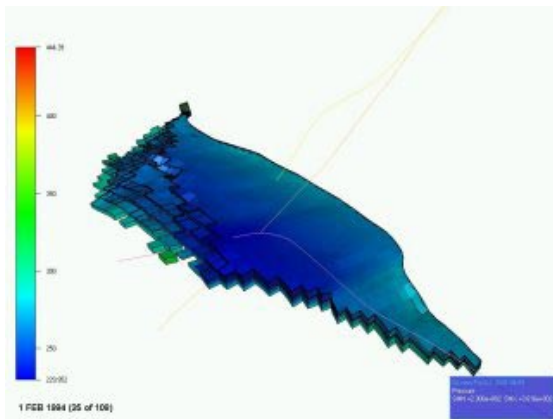


Figur 2.4: 1. juni 1992: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

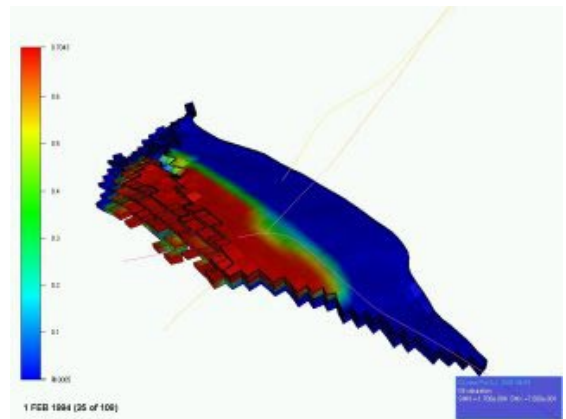


Figur 2.5: 1. september 1993: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

Av bildet til venstre ser vi at trykket i segmentet har sunket til verdier omkring 250 bar. Trykkstøtte ble etablert ved hjelp av vanninjeksjon i A-41 i januar 1994. Oljemetningen har falt ytterligere nær A-36 (se figur 2.6b).

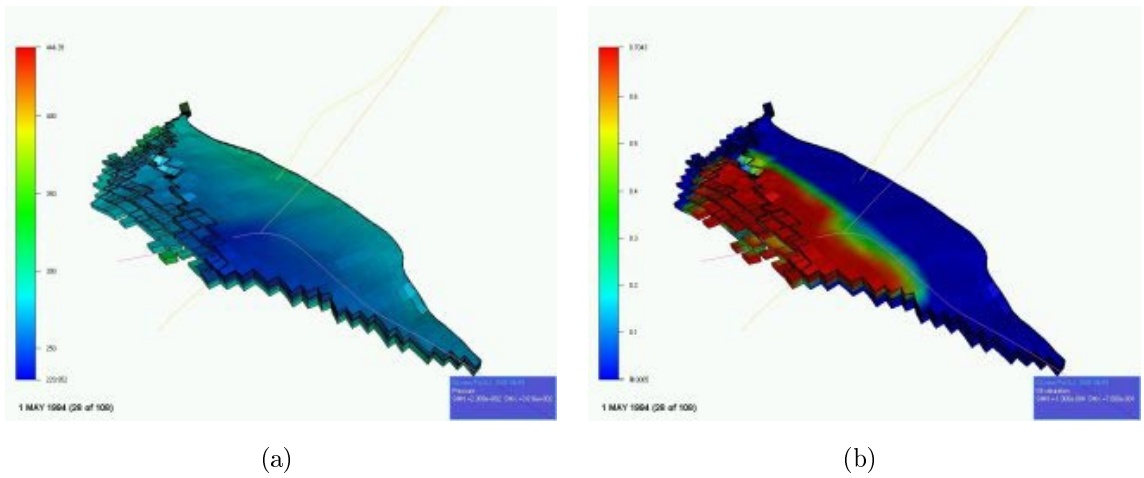


(a)



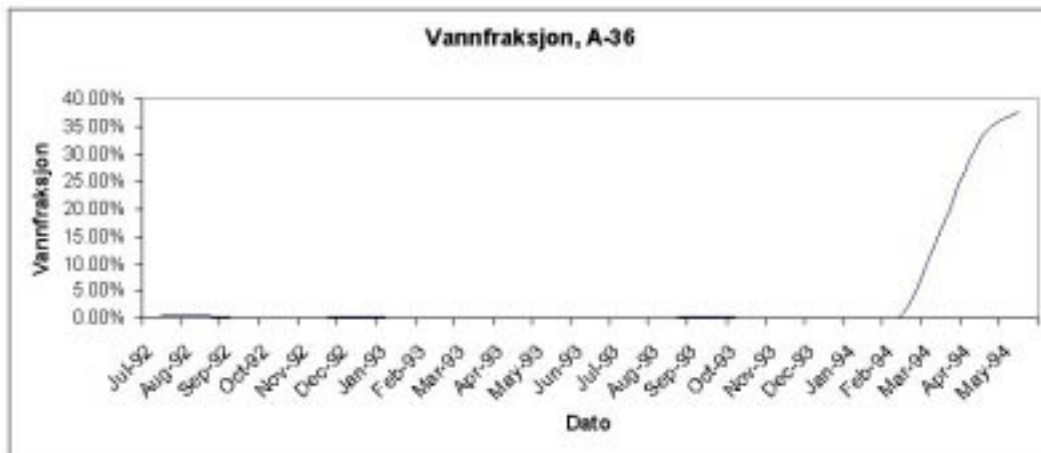
(b)

Figur 2.6: 1. februar 1994: (a) Trykkprofil (b) oljemetning



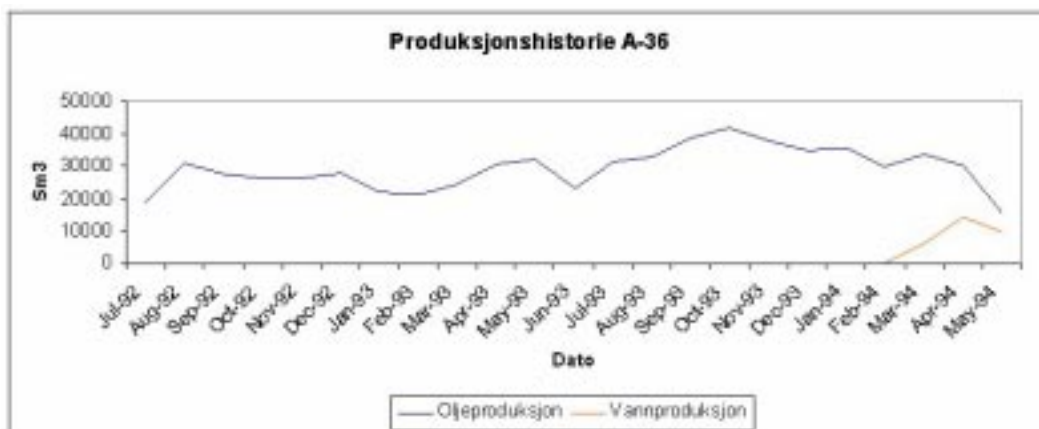
Figur 2.7: 1. mai 1994: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

Etter en periode med samproduksjon, ble A-36 stengt i mai -94. Av diagrammet under ser vi at vannfraksjonen i produksjonsstrømmen økte voldsomt etter injeksjon startet i A-41. Vi observerer også at trykket i segmentet har økt.

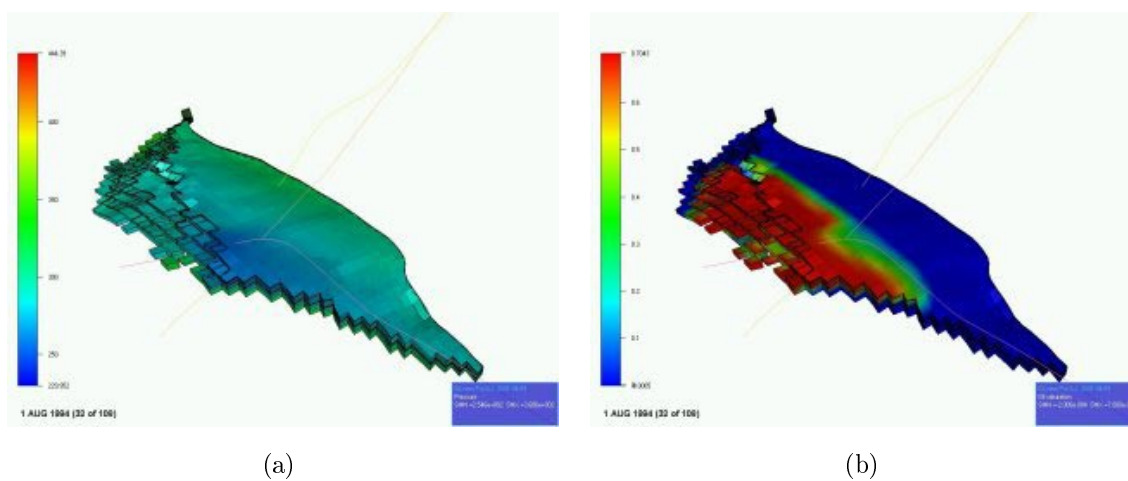


Figur 2.8: Vannfraksjon i A-36

Trykket i segmentet fortsetter å øke. Vannfronten beveger seg mot C-36 og oljemetningen synker.



Figur 2.9: Produksjonshistorie A-36

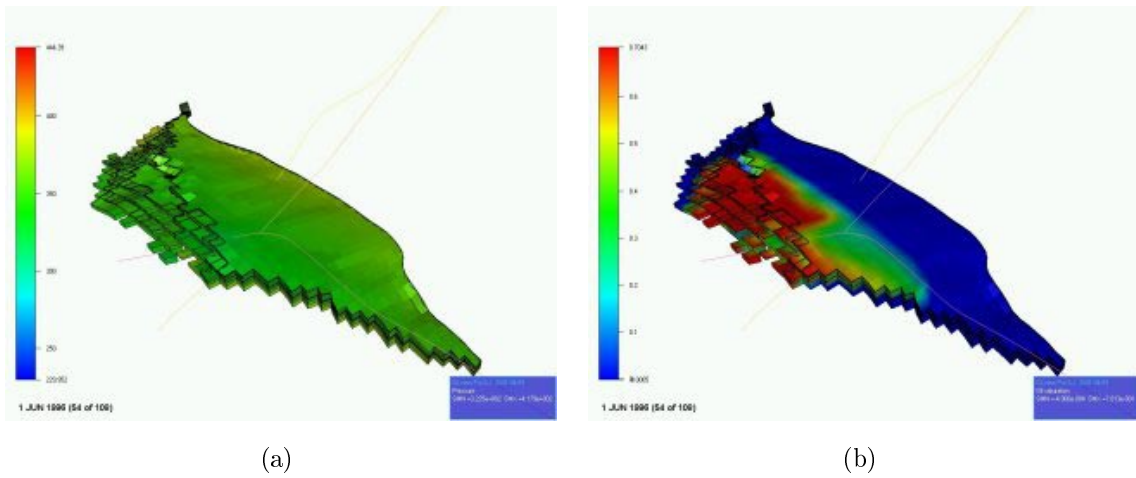


Figur 2.10: 1. august 1994: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

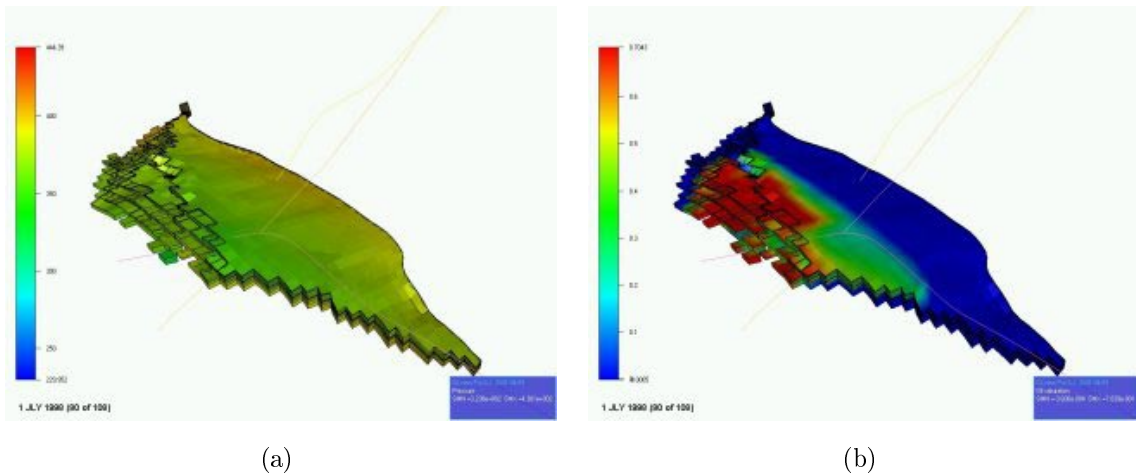
Trykket i hele delsegmentet igjen over 325 bar. Vannfronten har nådd C-36. Oljemetningen har sunket til verdier omkring 0.3 i nesten hele det nordøstlige delsegmentet.

Trykket i reservoaret fortsetter å stige, oljemetningen er relativt stabil.

Injektoren (A-41) ble plugget over Statfjord i mai -99. Brønn C-16 produserte under da under $200 \text{ Sm}^3/\text{dag}$, trykket i reservoaret var omtrent 340 bar.



Figur 2.11: 1. juni 1996: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

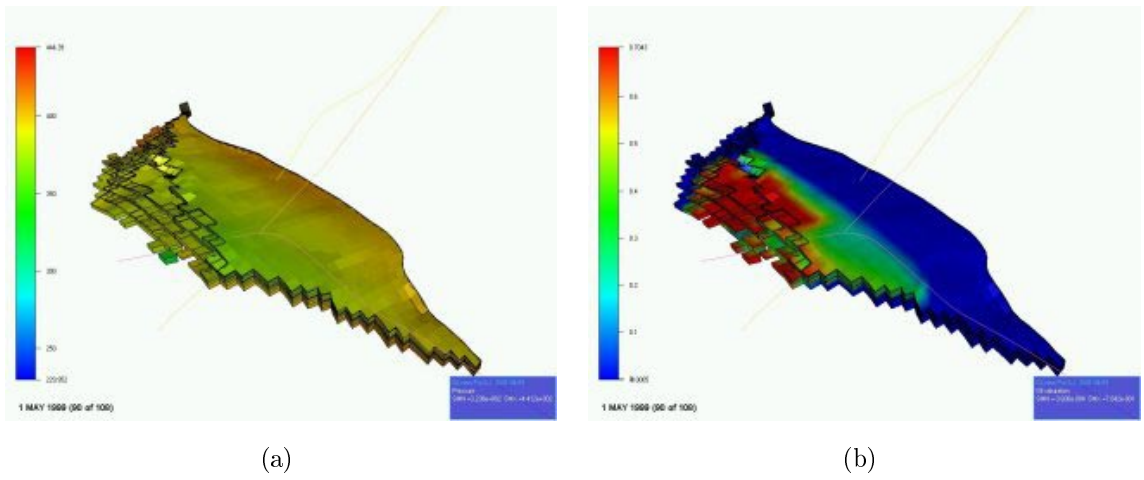


Figur 2.12: 1. juli 1999: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

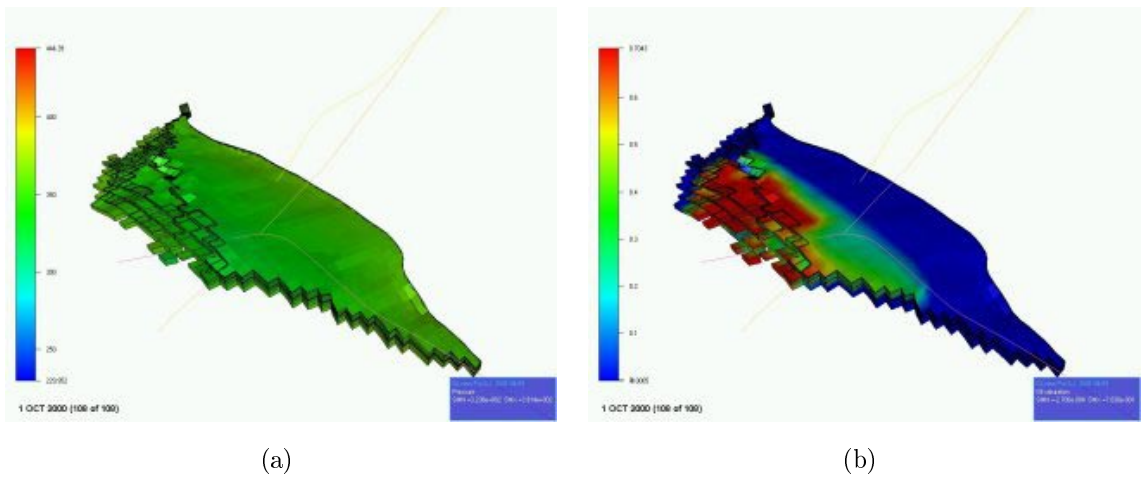
Etter injektoren ble plugget har trykket i segmentet falt fra ca.340 bar til 309 bar ved 1850 SVD MNH. Etter at trykket gradvis sank gikk vannfraksjonen i C-16 gått ned og oljeraten økte til i overkant av $500Sm^3/dag$.

Pr. 01.08.00 produserer C-16 ca. $350Sm^3/dag$ med en vannfraksjon på 80%.

En regner med at ca. 37% av de ressursene som er kartlagt i I1 segmentet

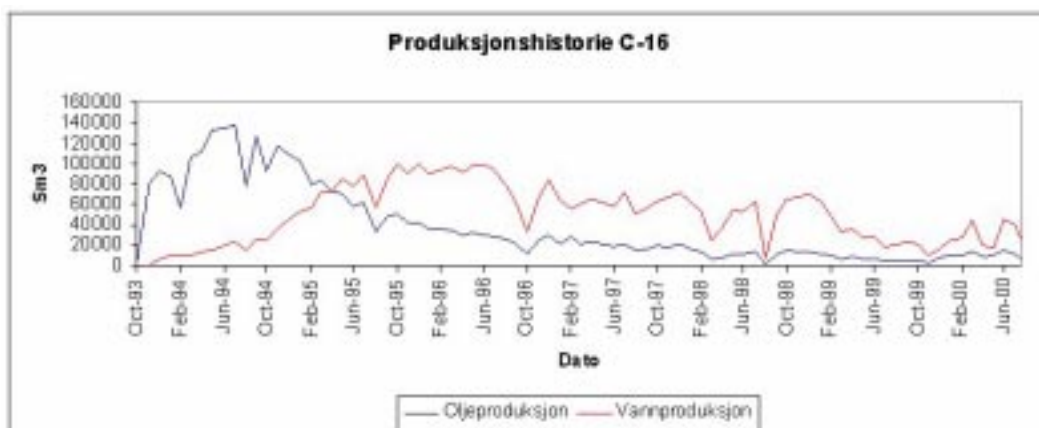


Figur 2.13: 1. mai 1999: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

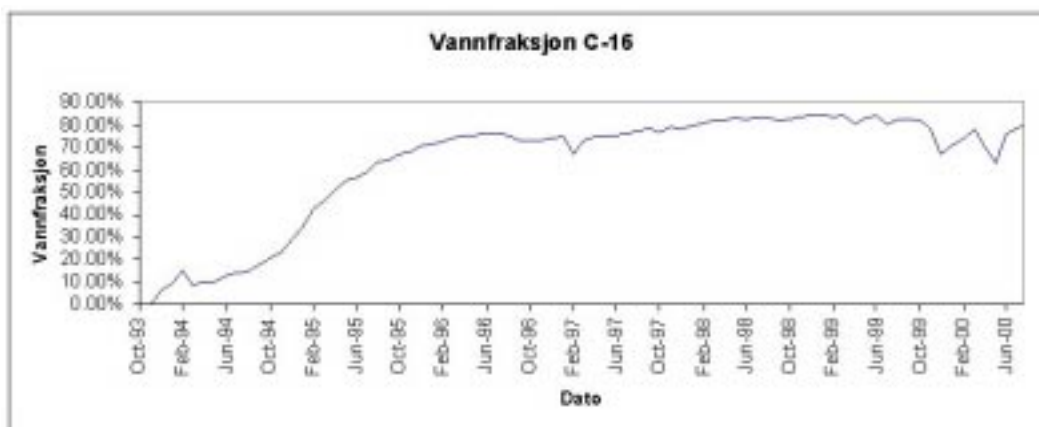


Figur 2.14: 1. august 2000: (a) Trykkprofil (b) oljemetning

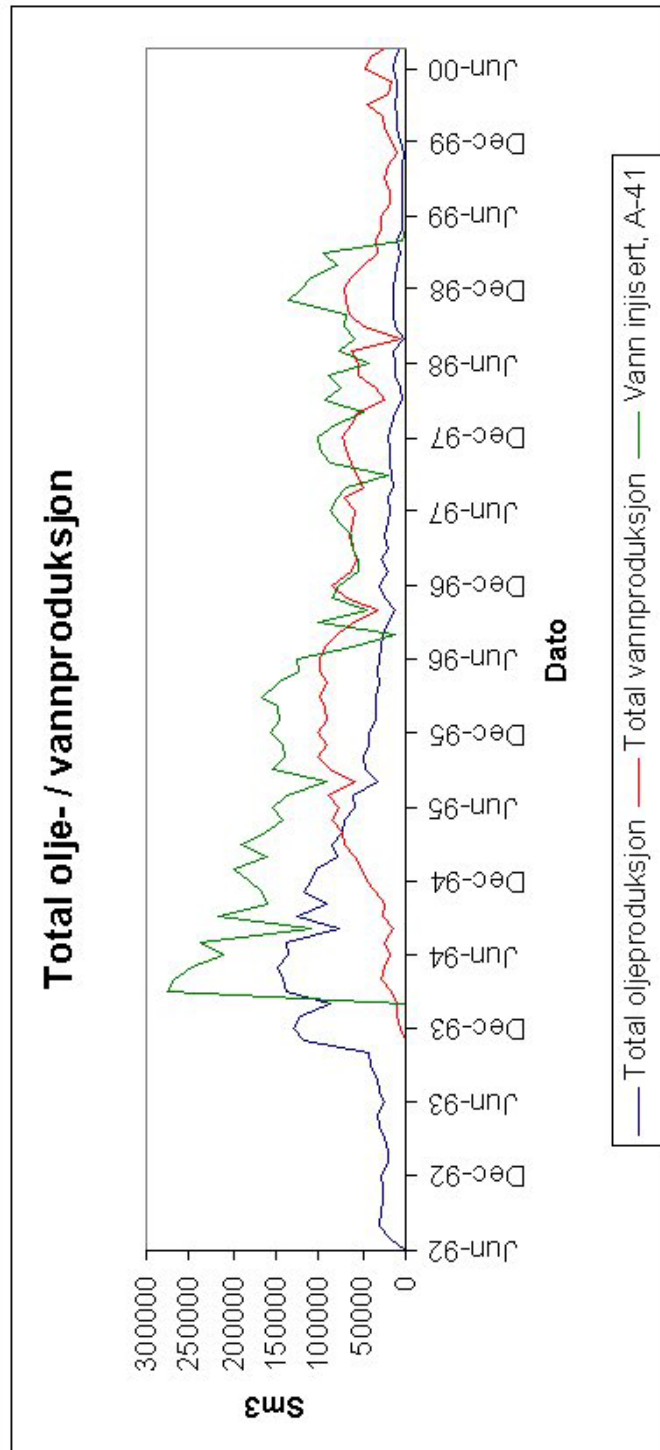
er produsert. De gjenværende ressurser antas gjennom reservoarsimulering og 4D seismikk å være i sør, mens området i nord virker å være vannflømmet.



Figur 2.15: Produksjonshistorie C-16



Figur 2.16: Vannfraksjon C-16



Figur 2.17: Total olje-/vannproduksjon

2.5 Litteraturstudier

I forbindelse med dette prosjektet fikk vi et kurs i litteratursøk. Vi hadde imidlertid ikke behov for å søke etter informasjon, da alle kjente opplysninger om Statfjord I1 er samlet ved Institutt for Petroleumsteknologi. Dette har vært mulig fordi Statoil har gjort Gullfaks til et satsningsområde for forskning og utdanning i samarbeid med NTNU.

Vi har i hovedsak benyttet oss av reservoarstyringsplanen, gullfaksdatabasen, grunnleggende bøker innen reservoarutvinning og forelesningsnotater for faget SIG4038 [7]. Se ellers referanselisten på slutten av denne rapporten.

2.6 Tidligere arbeider

I faget SIG 4038 Reservoir Recovery Techniques, forelest av prof. Jon Kleppe på NTNU høsten 2000, ble det gitt en omfattende PBL-oppgave, Gullfaks PBL. Denne oppgaven gikk ut på å studere mulighet for kommunikasjon mellom I1 og omkringliggende formasjoner og usikkerheter knyttet til dette. Samtale med en av gruppene på dette prosjektet gjorde oss klar over denne mulige vinklingen på oppgaven, og dette anser vi som å vært utløsende for vår problemstilling. Deres rapport [5] peker i viss grad på samme problemstilling omkring evt. vanninnstrømning. De foretar en materialbalanseberegning, men diskuterer lite rundt resultatene.

2.7 Litt om Statoils planer

Total utvinningsgrad fra Statfjord I1 er beregnet til 48%. Det er en stor utfordring å øke utvinningsgraden. Det største potensialet ligger i å lokalisere og drenere områder som ikke blir flømmet med eksisterende og planlagte brønnpunkter.

For å utvinne gjenværende ressurser sør i I1-segmentet planlegges en ny brønn, PCSI13, boret til det sørøstlige, nedforkastede delsegmentet. Etter planen skal denne bores i mai 2001. Produksjon forventes å starte september samme år. Siden A-41 sidestegsbores som en injektor til Nedre Brent skal C-16 konverteres til en gassinjektor eventuelt en WAG-injektor i I1 etter at PCSI13 er ferdig boret. En WAG-injektor alternerer mellom injeksjon av vann og gass.

Kapittel 3

Beregning av vanninnfluks

3.1 Materialbalanse

For ethvert hydrokarbonsystem kan det settes opp en materialbalanse, en volumetrisk balanse som likestiller total produksjon med differansen mellom initialvolum av fluider i reservoaret og gjenværende volum. Vi har volumendring som funksjon av trykkendring:

$$dV = C * V * \Delta P \quad (3.1)$$

Volumbalansene kan settes opp for hver type fluid separat, eller likningene kan slås sammen da summen av fluidenes metninger i porene alltid er en.

$$S_o + S_w + S_g = 1 \quad (3.2)$$

Materialbalansen for olje kan uttrykkes ved:

$$N - N_p = \frac{V_{p_2} S_{o_2}}{B_{o_2}} \quad (3.3)$$

$$S_{o_2} = \frac{(N - N_p) B_{o_2}}{V_{p_2}} \quad (3.4)$$

Materialbalansen for vann:

$$\frac{V_{p_1} S_{w_1}}{B_{w_1}} - W_p + W_i + W_e = \frac{V_{p_2} S_{w_2}}{B_{w_2}} \quad (3.5)$$

$$S_{w_2} = \left(\frac{V_{p_1} S_{w_1}}{B_{w_1}} - W_p + W_i + W_e \right) \frac{B_{w_2}}{V_{p_2}} \quad (3.6)$$

Da vi for Statfjord I-1 antar at ingen gasskappe var tilstede, kan de to metningsuttrykkene 3.4 og 3.6 slås sammen og sammenhengen uttrykkes som:

$$\frac{(N - Np)Bo_2}{Vp_2} + \left(\frac{Vp_1Sw_1}{Bw_1} - Wp + Wi + We \right) \frac{Bw_2}{Vp_2} = 1 \quad (3.7)$$

N	Initiell mengde olje tilstede i reservoaret	Sm^3
Np	Produsert mengde olje	Sm^3
Vp ₁	Porevolum ved initialt trykk	Rm^3
Vp ₂	Porevolum, P2	Rm^3
So ₁	Oljemetning ved initialt trykk	-
So ₂	Oljemetning ved P2	-
Bo ₁	Formasjonsfaktor olje ved initialt trykk	$\frac{Rm^3}{Sm^3}$
Bo ₂	Formasjonsfaktor olje ved P2	$\frac{Rm^3}{Sm^3}$
Sw ₁	Vannmetning ved initialt trykk	-
Sw ₂	Vannmetning ved P2	-
Bw ₁	Formasjonsfaktor vann ved initialt trykk	$\frac{Rm^3}{Sm^3}$
Bw ₂	Formasjonsfaktor vann ved P2	$\frac{Rm^3}{Sm^3}$
Wi	Mengde vann injisert	Sm^3
Wp	Mengde vann produsert	Sm^3
We	Vanninnstrømning	Sm^3

Kommentarer:

- Materialbalansen er null-dimensjonal, noe som betyr at den evalueres ved ett gjennomsnittspunkt i reservoaret.
- Selv om trykket bare opptrer eksplisitt i vannets og porenes kompressibilitetstermer som stemmer som $\Delta P = Pi - P$, er det implisitt i alle andre termer. Dette er fordi PVT-parametrene Bo, Rs og Bg også avhenger av trykket. Vanninnfluks er også trykkavhengig.

Ligningen løses med hensyn på We:

$$We = \frac{Vp_2}{Bw_2} - \frac{(N - Np) * Bo_2}{Bw_2} - \frac{Vp_1 * S * W_1}{B * W_1} + Wp - Wi \quad (3.8)$$

der

$$Vp_2 = Vp_1(1 + Cr\Delta P) \quad (3.9)$$

$$Vp_1 = \frac{NBo_1}{1 - Sw_1} \quad (3.10)$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (3.11)$$

Initialt trykk, P_1 Initialt reservoartrykk er i reservoarstyringsplanen gitt å være 318 bar.

Trykk pr 01.08.2000, P_2 Trykket i reservoarstyringsplanen er gitt å være 290 bar i Desember 2000. Avleste brønndata den 01.08.2000 viser ca 300 bar. Det har ikke vært mulig å oppdrive eksakte målinger for denne dato. Har valgt å benytte 295 bar i beregningene.

Initialt porevolum, V_{p1}

Initialt porevolum er i reservoarstyringsplanen for Gullfaksfeltet gitt å være $12.8 * 10^6 \text{ } Rm^3$. Sonene S3-S11 inneholder $12.0 * 10^6$ og S1-S2 $0.8 * 10^6 Rm^3$. Dette er en nedjustert verdi da totalvolumet i 1999 var anslått til $13.5 * 10^6 Rm^3$. Vi har valgt å bruke $V_{p1} = 16.77 * 10^6$ da denne verdien samsvarer med formel 3.10.

Porevolum ved P_2 Nåværende porevolum kan beregnes ved formel 1.8, og avhenger av formasjonens kompressibilitet samt trykkfallet som har funnet sted.

Bergartens kompressibilitet, C_r

Statfjordformasjonen er lokalisert i det meget komplekse dominoområdet. Vi har ikke klart å oppdrive en representativ gjennomsnittskompressibilitet. Har benyttet $C_r = 4.0 * 10^{-5}$. Denne verdien er hentet fra [7].

STOIIP, N

Initiell mengde olje tilstede i reservoaret er i reservoarstyringsplanen for Gullfaksfeltet gitt å være $10.1 * 10^6 Sm^3$.

Mengde produsert olje, NP

Produsert oljemengde var pr. 01.08.2000 $3.757 * 10^6 Sm^3$.

Initiell formasjonsfaktor olje, Bo_1

Initiell formasjonsfaktor er i reservoarstyringsplanen gitt å være $1.26 Rm^3/Sm^3$.

Formasjonsfaktor olje ved P2, Bo_2

Formasjonsfaktoren er beregnet ved hjelp av konstruerte PVT data der vi har antatt lineær sammenheng mellom Bo og reservoartrykk. $Bo_2 = 1.29$.

Oljens kompressibilitetsfaktor kan beregnes med grunnlag i formasjonsfaktorene og trykkendringene i reservoaret:

$$Co = \frac{Bo - Bo_i}{Bo_i \Delta P} = 3.85 * 10^{-4} bar^{-1} \quad (3.12)$$

Mengde produsert vann, Wp

Produsert mengde vann var pr. 01.08.2000 $4.148 * 10^6 Sm^3$.

Mengde injisert vann, Wi

Mengde injisert vann var pr 01.08.2000 $7.237 * 10^6 Sm^3$.

Initiell vannmetning, Sw_i

Initiell vannmetning er i reservoarstyringsplanen for Gullfaksfeltet gitt å være 0.24 for S1-S2 og 0.26 for S3-S11. Da 94% av porevolumet befinner seg i S1 og S2 benytter vi et vektet snitt på 0.241.

Initiell formasjonsfaktor vann, Bw_i

Det har ikke vært mulig å oppdrive initialverdi for vannets formasjonsfaktor. Vi benytter derfor en verdi fra [7]. $Bw_i=1.024$.

Formasjonsfaktor for vann ved P_2 , Bw_2

Har benyttet følgende sammenheng:

$$Bw_2 = Bw_1 e^{Cr\Delta P} = 1.025 \quad (3.13)$$

Kompressibilitet for vann, Cw

Har benyttet verdi fra [7]. Det er også verdien som brukes i modellen for simuleringen i eclipse. $Cw = 4.64 * 10^{-5} bar^{-1}$

3.2 Usikkerhet i vanninnfluks

Når vi beregnet vanninnfluksen fant vi det naturlig og også se litt på hvor stor usikkerhet det faktisk lå i den. Litt av motivasjonen var også å finne om det var noen parametre som var viktigere å beregne nøyaktig enn andre, samt å finne en skranke vi kan være sikker på at innfluksen ligger innenfor. Ideen som ligger bak usikkerhetsberegningen er veldig enkel. Vi tenker oss at innfluksen vi har beregnet består av både av den eksakte innfluksen og en feil. Hvis vi da trekker ifra den eksakte innfluksen fra den vi har beregna vil vi kunne få opp en skranke som feilen skal befinne seg innenfor.

$$\text{BeregnetInnfluks} = \text{EksaktInnfluks} + \text{Feil} \quad (3.14)$$

Dersom vi gjør det samme med alle parametrene i ligninga for vanninnfluksen og trekker ifra den eksakte løsninga vil vi få et uttrykk for hvor mye innfluksen kan variere ut fra den vi har beregna. Vi finner skrankene ut ifra den beregnede innfluksen. Når vi regner på slike usikkerheter er det naturlig å gjøre noen forenklinger uten at det behøver å ha innvirkning på resultatet. Vi kan f.eks se bort ifra høyere ordens ledd siden feilen her gjerne vil forsvinne i feilen til de lavere ordens leddene.

Antagelser vi må gjøre:

- At tallene vi har oppgitt faktisk er riktig til siste desimal.

Ligninga for vanninnfluksen er gitt ved:

$$W_e = \frac{V_{p2}}{B_{w2}} - \frac{(N - N_p) * B_{o2}}{B_{w2}} - \frac{V_{p1} * S * W_1}{B * W_1} + W_p - W_i \quad (3.15)$$

Vi finner nå feilen ved å se på:

$$\Delta W_e = (W_e + \Delta W_e) - W_e \quad (3.16)$$

Dersom vi nå setter inn usikkerhet for alle parametrene og kommer vi frem til dette uttrykket:

$$\begin{aligned} \Delta W_e = & \frac{\Delta V_{p2}}{B_{w2} + \Delta B_{w2}} \\ & + \frac{(\Delta N + \Delta N_p)B_{o2} + (N - N_p)\Delta B_{o2} + (\Delta N + \Delta N_p)\Delta B_{o2}}{B_{w2} + \Delta B_{w2}} \\ & + \frac{S_{w1}\Delta V_{p1} + \Delta S_{w1}V_{p1} + \Delta S_{w1}\Delta V_{p1}}{B_{w1} + \Delta B_{w1}} + \Delta W_p + \Delta W_i \end{aligned}$$

Leddene av andre orden kan vi stryke. De vil være små i forhold til førsteordensleddene. Vi får da en litt enklere versjon:

$$\Delta W_e = \frac{\Delta V_{p2}}{B_{W2} + \Delta B_{W2}} + \frac{(\Delta N + \Delta N_p)B_{o2} + (N - N_p)\Delta B_{o2}}{B_{w2} + \Delta B_{w2}} + \frac{S_{w1}\Delta V_{p1} + \Delta S_{w1}V_{p1}}{B_{w1} + \Delta B_{w1}} + \Delta W_p + \Delta W_i$$

Dersom vi nå setter inn våre verdier i dette uttrykket finner vi en ΔW_e på $1.6 * 10^5$. Relativ usikkerhet er gitt ved $\frac{\Delta W_e}{W_e}$. Vi får dermed en relativ usikkerhet i innfluksen på omkring 0.12

På et senere tidspunkt fant vi dessverre ut at mange av parametrene hadde høyere usikkerhet enn det vi krevde i antagelsen til denne beregningen. Det var spesielt opprinnelig olje tilstede og porevolum som var mer usikre enn hva de var oppgitt som.

Kapittel 4

Simulering av segment I1, Statfjordformasjonen

4.1 Læring av eclipse

4.1.1 Første introduksjon

Første gang vi hørte om **eclipse 100** var på andre gruppemøte på Gullfakslandsbyen. Da var representanter fra Statoil på besøk og fortalte litt generelt om Gullfaks. I samtaler etter presentasjonene fikk vi høre om eclipse og at det kunne brukes til simuleringer i oljefeltet. Vi fikk og se en 3D-demonstrasjon som var laget i eclipse og presentert i **Ceetron GLview Pro**. Dette ga mersmak og vi ble enige om at en oppgave der vi brukte eclipse både kunne være interessant og ha tverrfaglig potensiale.

Vi fant ut at Statfjord I1 ble betraktet av Statoil som en isolert forkastning og at det derfor egnet seg til simulering for oss som ikke hadde erfaring med eclipse fra før.

Det ble arrangert et lite eclipse kurs for at vi kunne sette oss inn i det helt grunnleggende av eclipse. Her lærte vi litt om hva det ulike parametrene i ".DATA" fila står for. Vi fikk også et lite innblikk i hva visualiseringsprogrammet **graf** kunne gjøre for oss. Det ble mye informasjon å fordøye på dette komprimerte eclipse kurset.

Deretter satte vi oss ned for lære hvordan programmet brukes rent praktisk på UNIX maskinene. Det innebar å lære hvordan vi rent konkret kjørte simuleringer og editere input filer.

4.1.2 Problembasert læring

Heretter var det problembasert læring som var i fokus. Vi hadde nå problemdefinisjonen klar og visste hva vi skulle simulere, men ikke nøyaktig hvordan dette kunne gjøres. Vår målsetning var ikke å lære alt om eclipse, men å lære nok til å løse oppgaven vår innenfor tiden vi hadde til rådighet. Et viktig hjelpemiddel her var eclipse-manualen "frame".

Vi trodde det skulle gå greit å modellere injeksjonsbrønnen ved hjelp av en negativ produksjon i en vanlig brønn. Her tok vi feil, og det tok kanskje for lang tid før vi spurte fagfolk om hjelp. Men litt av poenget var at vi skulle løse problemet på egenhånd og ikke spørre etter hjelp med det samme vi stod fast.

Etter halveisrapporten var det klart at vi stod fast og trengte hjelp. Vi avtalte da med Kleppe at han skulle se på problemet sammen med oss onsdagen etter. Vi fikk nå vite hvordan vi kunne spesifisere en injektor ved hjelp av "WCONINJE" og syntaksen for denne kommandoen.

På dette tidspunktet var massebalansen klar og vi kunne sette inn riktig verdi for innfluks. Vi så for oss forskjellige scenario der innfluksen kunne komme fra en punktkilde, linjekilde (rift) eller fra en flate. Vi mente det var mest sannsynlig at innfluksen kom fra de nedre lagene og gjerne ute ved kanten av forkastningen. Riften simulerte vi ved å legge flere injektorbrønner på rekke og fordele innfluks utover dem. Simulering av innfluks fra en flate gikk utenfor de tidsrammer vi satte for prosjektet, men fremgangsmåten for å gjennomføre dette er lik den vi brukte for simulering av rift. Plasseringen av punkt og rift innfluks kan gjøres på mange forskjellige måter. Her måtte vi bare bestemme oss for et alternativ vi syntes ikke brøt med sunn fornuft. Riften kunne for eksempel vært både lenger og kortere. Vi valgte å legge den slik at den fulgte hele kanten oppe i det nordøstlige hjørnet.

4.1.3 Kjøring av simuleringer

Når vi jobbet med eclipse var feil den mest vanlige meldingen. For å effektivt kunne søke etter feil i kjøringene lot vi all output teksten fra eclipse gå inn i en egen tekstfil. Her kunne vi etter simulering søke raskt ved hjelp av teksteditoren pico for å lokalisere feilmeldinger. I praksis vil dette si "`@eclipse < input.txt > feilmeldinger.txt`". `input.txt` er her en peker til fila med kildekode som kjøres inn i eclipse mens `feilmeldinger.txt` er består av all teksten eclipse vanligvis sender ut til skjermen.

I praktisk tok vi kopier av `BASIS.DATA` som `MEDFLUX.DATA` og `MEDRIFT.DATA`, for så å redigere disse for å simulere punktformet innfluks og en linjeformet innfluks (rift).

Her er et utdrag fra MEDFLUX.DATA som viser hvordan vi simulerte en punktformet innfluks.

```
--vårt tillegg
WELSPECS
'INFLUX' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
/

--komplettings specs for "brønn"/vanninnflux
COMPDAT
'INFLUX' 11 6 12 12 'OPEN' 2* 0.5 /
/

--kontroll data for produksjonsbrønn (side 1320)
WCONINJE
'INFLUX' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 424.37 /
/
```

Her er et utdrag fra MEDRIFT.DATA som viser hvordan vi simulerte en linjeformet innfluks (rift).

```
--vårt tillegg
WELSPECS
'INFLUX1' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX2' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX3' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX4' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX5' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX6' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX7' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX8' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX9' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
'INFLUX10' 'G' 11 6 1850 'WATER' /
/

--komplettings specs for "brønn"/vanninnflux
COMPDAT
'INFLUX1' 8 3 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX2' 9 4 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX3' 10 5 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
```



```
'INFLUX4' 11 6 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX5' 12 8 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX6' 13 9 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX7' 13 10 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX8' 14 11 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX9' 15 12 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
'INFLUX10' 16 13 12 12 'OPEN' 2* 0.5/
/
```

```
--kontroll data for produksjonsbrønn (side 1320)
```

```
WCONINJE
```

```
'INFLUX1' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX2' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX3' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX4' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX5' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX6' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX7' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX8' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX9' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
'INFLUX10' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 42.437 /
/
```

Som det går frem av koden til riften blir det mange flere linjer å skrive fra en punktformet kilde til en rift. Dette vil øke dramatisk om vi hadde fordelt innfluksen over en større flate. Hvis vi skulle simulert dette kunne det vært fornuftig å lage et program som tok seg av plassering av injektorene og fordeling av innfluks mellom dem. Det er mulig at eclipse inneholder funksjoner som kunne gjort dette for oss, men vi hadde ikke satt oss som mål å gå veldig i dybden på eclipse. I et større prosjekt ville det antageligvis vært behov for å utvikle en metode som gjorde det enkelt å simulere en slik innfluks.

4.2 Mer om simuleringene

Vi kjørte først en simulering uten modifikasjoner på BASIS.DATA filen vi fikk fra Statoil.

Scenario A. Her simulerte vi at innfluksen kom ifra en punktkilde. Dette er den enkleste modellen med hensyn på å gjennomføre simuleringen.

Vi hadde noen holdepunkter å gå etter når vi plasserte denne injektoren. 4D-seismikk [1, side 65] viser høy vannmetning i den nordre delen av seg-

mentet, og vi antar derfor at det er i denne delen av segmentet vanninnfluksen er. Videre anser vi det som svært sannsynlig at vanninnfluksen kan knyttes til en lekk forkastning. Hvorvidt denne vanninnfluksen skal plasseres på øst- eller vestsiden av segmentet er et langt mer usikkert moment, men vi valgte å plassere den på østsiden. Segment I2 og J-rekken antas å kommunisere med K-rekken, og vi regner da med at man har videre trykkommunikasjon vestover langs grensen mellom I2A og K1, mot I1.

Scenario B. Her simulerte vi innfluksen ved hjelp av en rift. Slik vi modulerte riften krevde det at vi plasserte mange injektorer langs den kurven vi ville at riften skulle ligge på.

Vi plasserte riften i samme området som vi hadde lagt punktinnfluksen. Vi lot den gå langs kanten helt på bunn av feltet over 10 gridblokker. Det gjorde også at utregningen av hvor stor rate per injektor gikk greit uten kalkulator.

4.3 Visualisering med GLview

Vi benyttet `eclvtf` for å konvertere simuleringsmodellen fra eclipse til et format kompatibel med GLview. Begge disse programmene utvikles i NT-NU/SINTEF miljøet og vi har ingen videre referanser utenom veilederne for denne oppgaven.

4.4 Unøyaktigheter i modellen

Se diskusjonen i neste kapittel.

Kapittel 5

Resultater

5.1 Grafiske resultater

Følgende avsnitt viser grafisk de ulikheter som følger av vanninjeksjon i I1. Scenario A representerer tilfellet der all vanninnfluks strømmer inn gjennom en enkel blokk nord-øst i segmentet, i grenseflaten mot I2. Scenario B representerer tilfellet der vanninnfluksen er fordelt over flere blokker som en rift, i grenseflaten mot I2. Bildene som sammenlignes er skjermbilder fra simulering i Ceetron GLview Pro, og viser oljemetning og trykkfordeling ved utvalgte tidspunkt i produksjonsperioden. Vi har hovedsakelig valt å se på ulikheter i de nederste lag da vanninnstrømming er plassert her, samt segmentets øverste lag, da produksjonsbrønner vanligvis perforeres i øvre lag av reservoaret.

Om skalene brukt på bildene. Følgende gjelder hvis ikke annet står i kommentaren til figurene. Oljemetning er generelt 0 til 0.7. Trykket går generelt fra 250 til 550 bar.

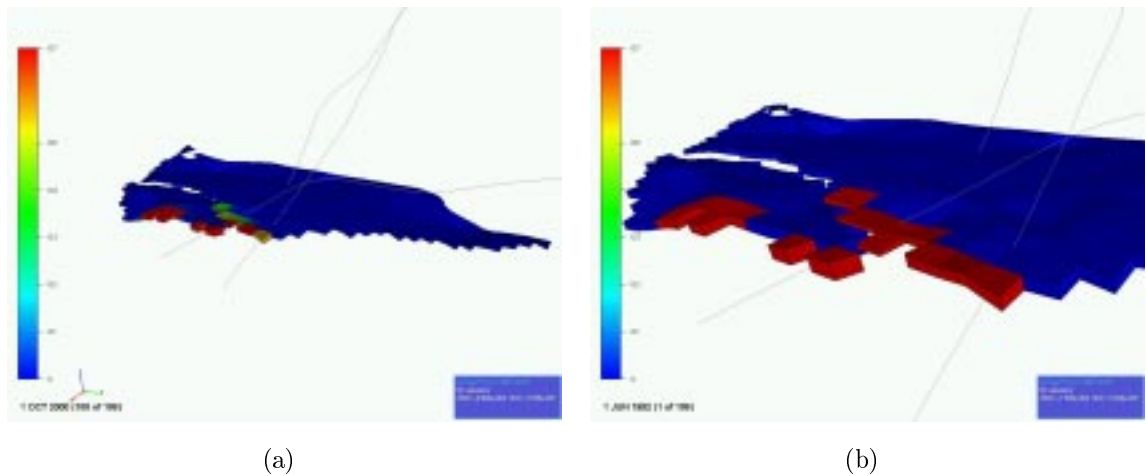
Lag 12. Segmentets nederste lag viser initialtrykk mellom 350 og 400 bar. Trykket er høyest i grenseflaten mot vest. Metningsprofilen viser at oljeforekomstene i laget er lokalisert i øst, og da i all hovedsak på randen. Ellers kjennetegnes laget med en rift fra sør-vest mot nord-øst, alle brønnene er plassert i det vestlige delsegmentet.

Forskjellen mellom modellene er ikke stor men kan observeres i figurene 5.3 (a og b). Merk at trykkskalaen på akkurat disse bildene går fra 390 til 410 bar.

Den 3. oktober 1993 kan en observere ulikheter i trykket mellom opprinnelig modell og scenario A / scenario B. Mens trykket i den opprinnelige modellen i øst har sunket til verdier omkring 270 bar, er det for de to sce-



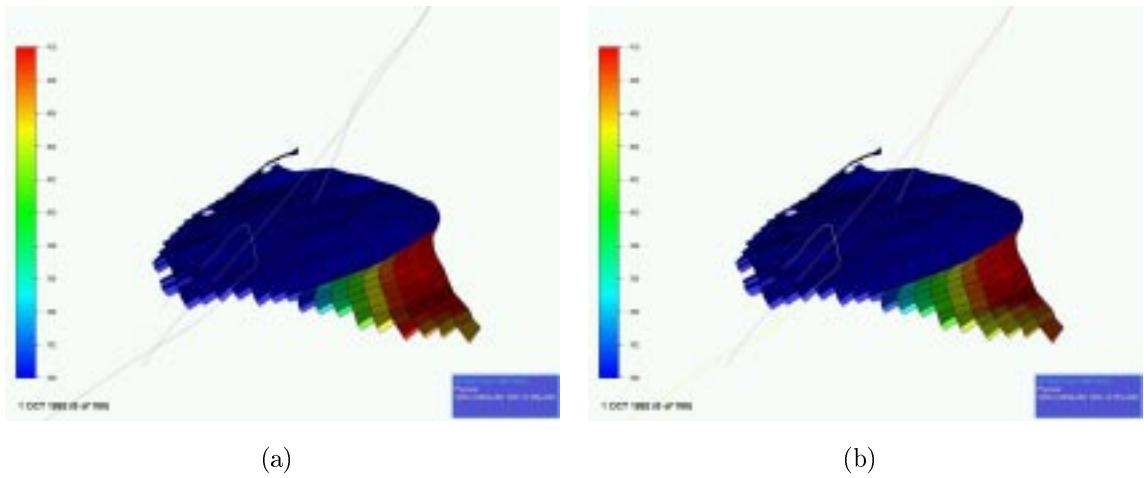
Figur 5.1: 1. juni 1992: Trykk ved første tidssteg



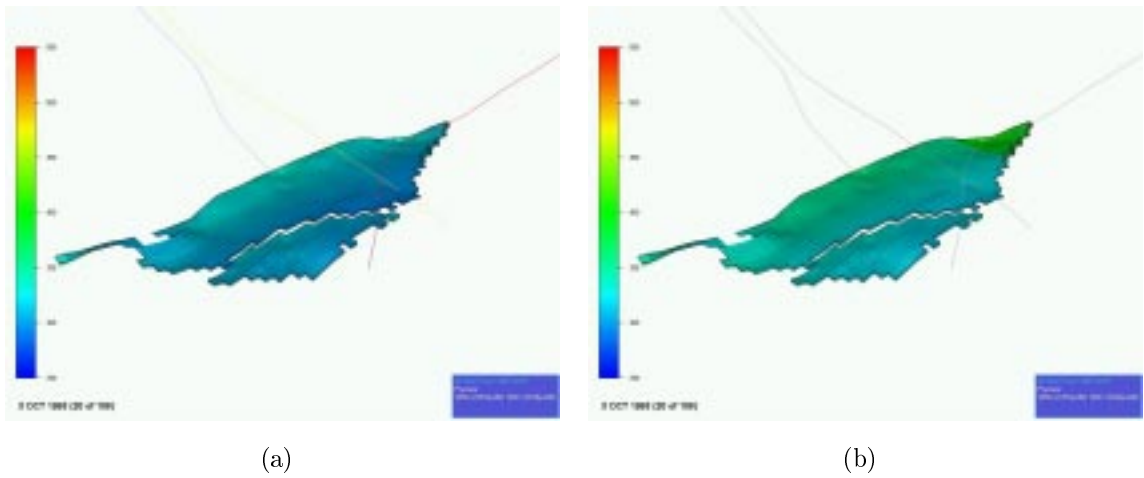
Figur 5.2: (a) Oversiktsbilde (b) Initiell oljemetning

nario fortsatt over 300 bar. Denne trykkforskjellen skyldes at injisert vann bidrar til å opprettholde trykket.

Studerer en oljemetning ved samme tidspunkt, understrekes dette inntrykket. Mens oljemetningen fortsatt er omkring 0,7 i opprinnelig modell, har den sunket til 0,5 for de to scenaro. Vannet har erstattet olje på noen områder langs randen, og mer væske har medført høyere trykk. Det er imidlertid vanskelig å observere ulikheter mellom de to scenario, noe som er gjennomgående for hele perioden (se figur 5.5).



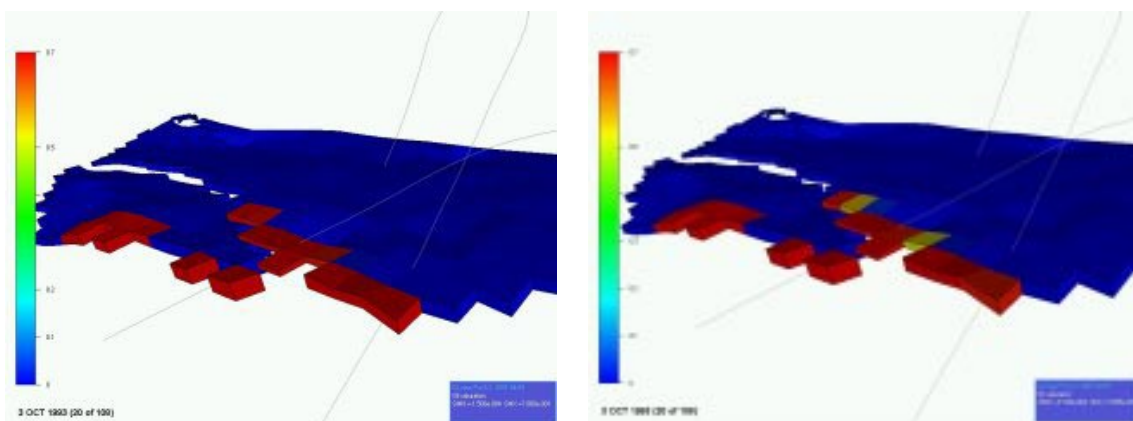
Figur 5.3: 1. oktober 1992: (a) Scenario A (b) Scenario B



Figur 5.4: 3. oktober 1993: (a) Opprinnelig modell (b) Scenario B

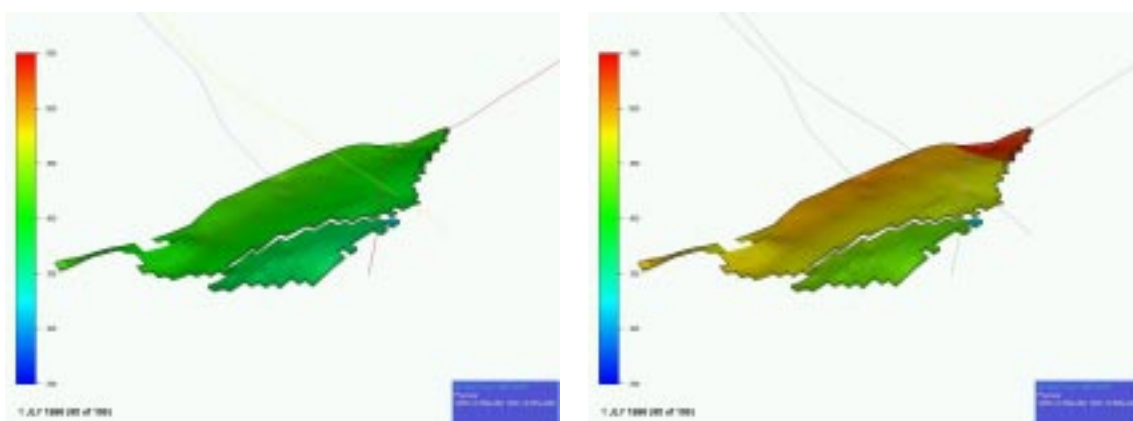
Metningsprofiler fra den 1.1.1995, og 1.1.1996 viser samme tendens. Oljemetningen i laget synker raskere og trykket synker senere for våre scenario enn for den opprinnelige modellen. De to scenario oppfører seg så og si identisk.

Om vi studerer laget mot slutten av perioden observeres store forskjeller. Mens trykket i øst den 1. juli 1998 er omkring 400 bar i den opprinnelig mod-



(a)

Figur 5.5: 3. oktober 1993: (a) Metning opprinnelig modell (b) Metning scenario B

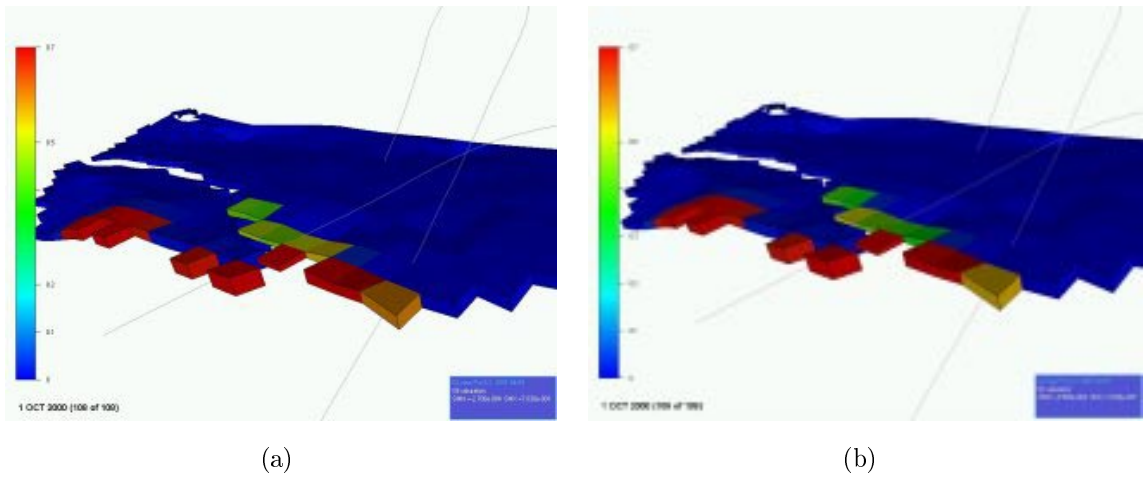


(a)

(b)

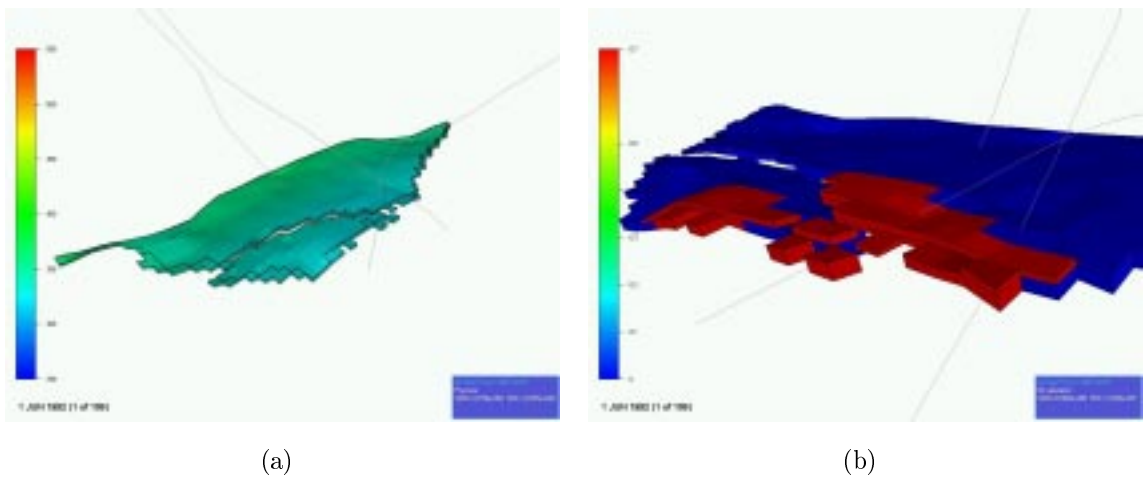
Figur 5.6: 1. juli 1998: (a) Trykk opprinnelig modell (b) Trykk scenario B

ellen, er det 425-450 bar i scenario A og scenario B. Ved dette tidspunkt kan en også observere veldig høye trykk (550 bar) helt nord i laget der vanninnfluksen er plassert. Denne trykkøkningen finner imidlertid sted innenfor et tydelig avgrenset område, sannsynligvis definert med en form for forkastning i reservoarmodellen.



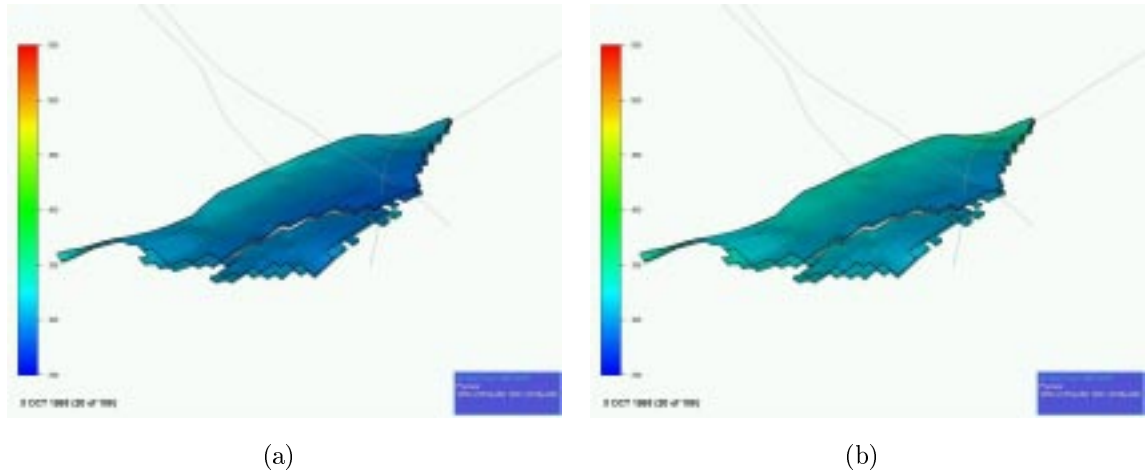
Figur 5.7: 1. august 2000: (a) Metning opprinnelig modell (b) Metning scenario A

Metningsprofilen for siste dato i perioden viser, om ikke like klart, de samme resultater som tidligere. Dette er naturlig da trykkøkningen i nord tydeligvis ikke påvirker området omkring brønnene.



Figur 5.8: 1. juni 1992: (a) Trykk ved start (b) Metning ved start

Lag 11. Laget har initaltrykk omtrent likt det for lag 12, men inneholder mer olje. Oljeforekomstene er lokalisert langs randen i øst. Også lag 11 kjennetegnes av den store gjennomgående riften fra SV til NØ. Starttidspunktet er naturlig nok likt for alle simuleringene.



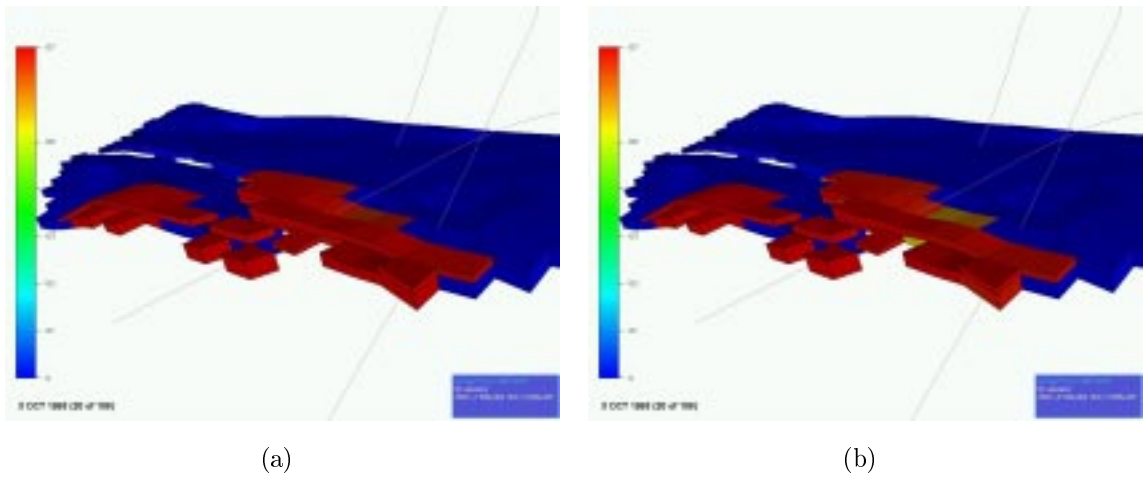
Figur 5.9: 3. oktober 1993: (a) Trykk for opprinnelig modell (b) Trykk scenario A

Den 3. oktober 1993 kan en observere ulikheter i trykket mellom opprinnelig modell og scenario A / scenario B. Mens trykket langs riften i den opprinnelige modellen har sunket til verdier omkring 250 bar, er det for de to scenario fortsatt omkring 300 bar. På dette tidspunkt har også oljemetningen begynt å synke i våre scenario.

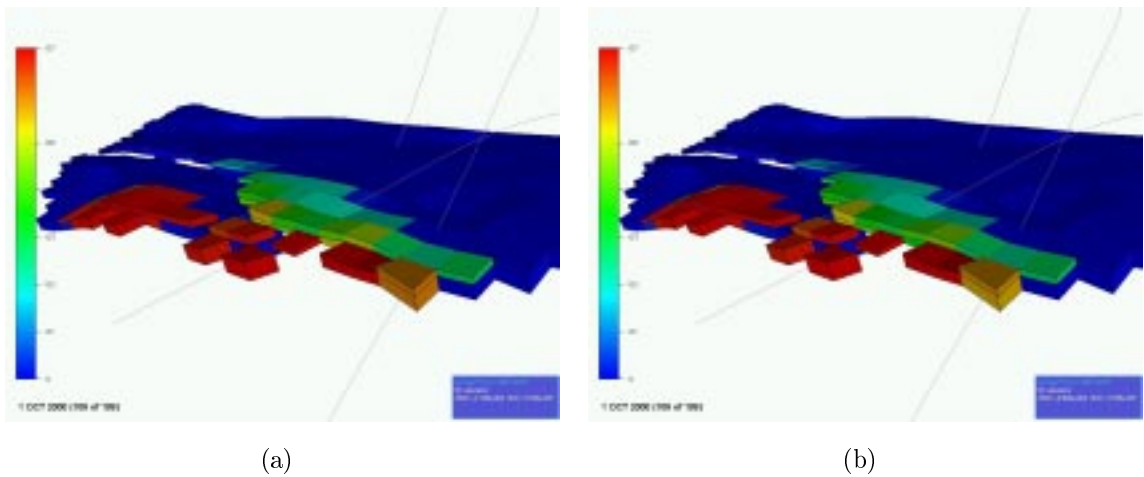
Metningsprofiler fra 1.1.1995, 1.1.1996 viser ikke like tydelige ulikheter. Bildene viser ørsmå farge-forskjeller mellom opprinnelig modell og våre scenario, men nyansene tilsier at oljemetningen synker senere i opprinnelig modell. Som for lag 12 oppfører scenario A og scenario B seg så og si identisk.

Studerer trykkhistorien ser en også her forskjeller mellom lag 11 og lag 12. Trykket er lavere i lag 11 enn i lag 12, og en kan ikke observere den samme trykkoppbyggingen i nord. Sammenhengen mellom opprinnelig modell og våre scenario er likevel den samme, trykket holder seg høyere grunnet vanninnfluks.

Metningsprofilen 1.8.2000 viser også nyanseforskjeller som viser generelt lavere oljemetning i opprinnelig modell. Trykket er høyere i våre to scenario, noe som er mest tydelig langs grenseflaten i vest.



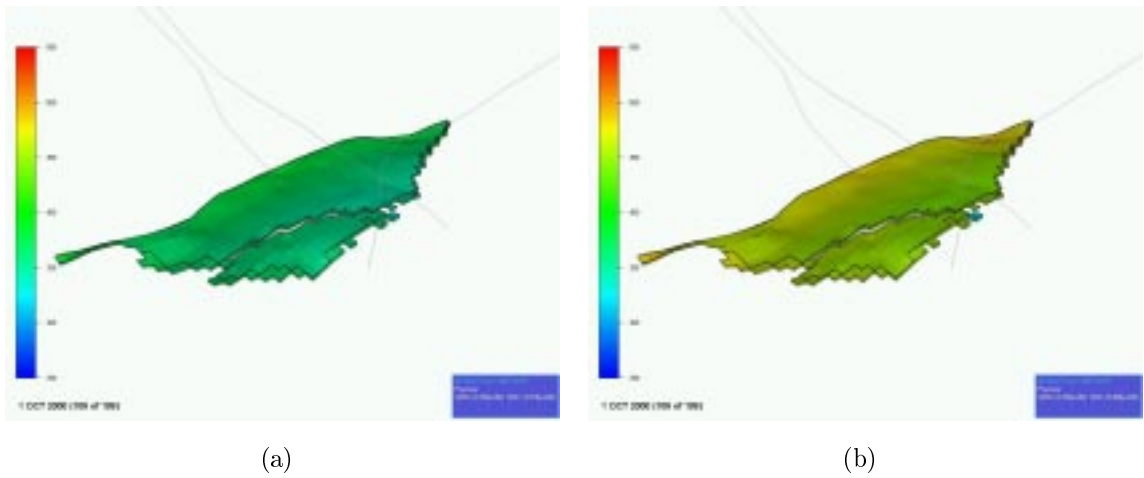
Figur 5.10: 3. oktober 1993: (a) Metning for opprinnelig modell (b) Metning i scenario A



Figur 5.11: 1. august 2000: (a) Metning for opprinnelig modell (b) Metning i scenario B

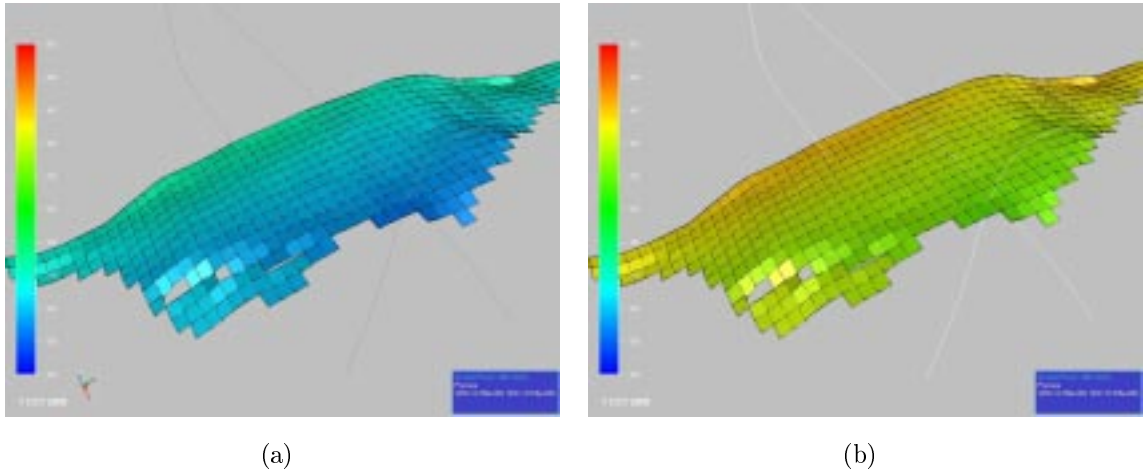
Lag 10. Vi simulerte også lag 10, og så de samme trender som for underliggende lag. Ulikehetene var så små at vi ikke ser noen grunn til å inkludere bilder fra dette laget.

Trenden er at oljemetningen er litt lavere, og trykket er høyere.

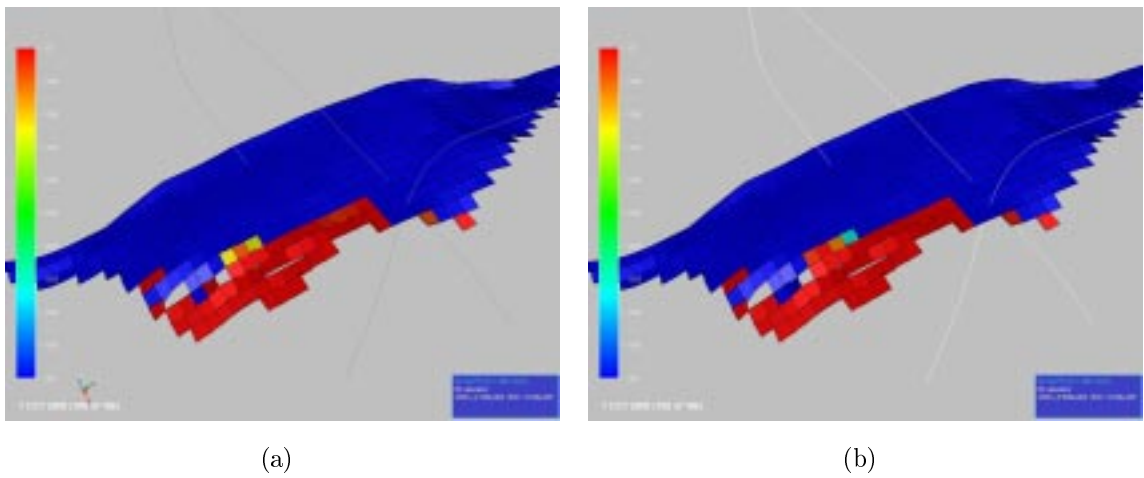


Figur 5.12: 1. august 2000: (a) Trykk for opprinnelig modell (b) Trykk scenario B

Lag 1. For lag 1 vises bare skjermbilder fra siste dato. Trykkutviklingen er den samme for dette laget som for de nederste lag, metningsforskjeller er imidlertid svært vanskelig å observere. Metningskalaen er derfor endret til å vise bare ulikheter i området Solje = 0.6 til 0.7. Trykkskalaen går her fra 300 til 500. Heller ikke i lag 1 er det mulig å skille våre to scenario fra hverandre.



Figur 5.13: 1. august 2000: (a) Trykk for opprinnelig modell (b) Trykk scenario A

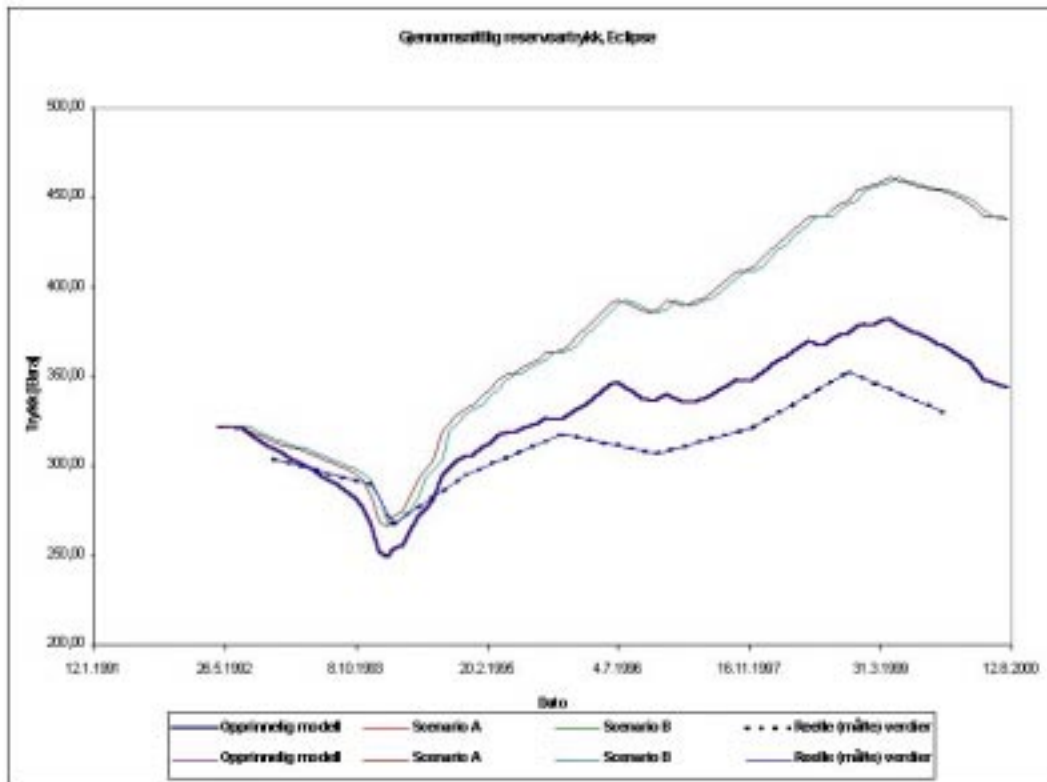


Figur 5.14: 1. august 2000: (a) Metning for opprinnelig modell (b) Metning i scenario A

5.2 BASIS.RSM

I de foregående avsnitt sammenlignet vi grafiske resultater fra opprinnelig modell med våre to scenario.

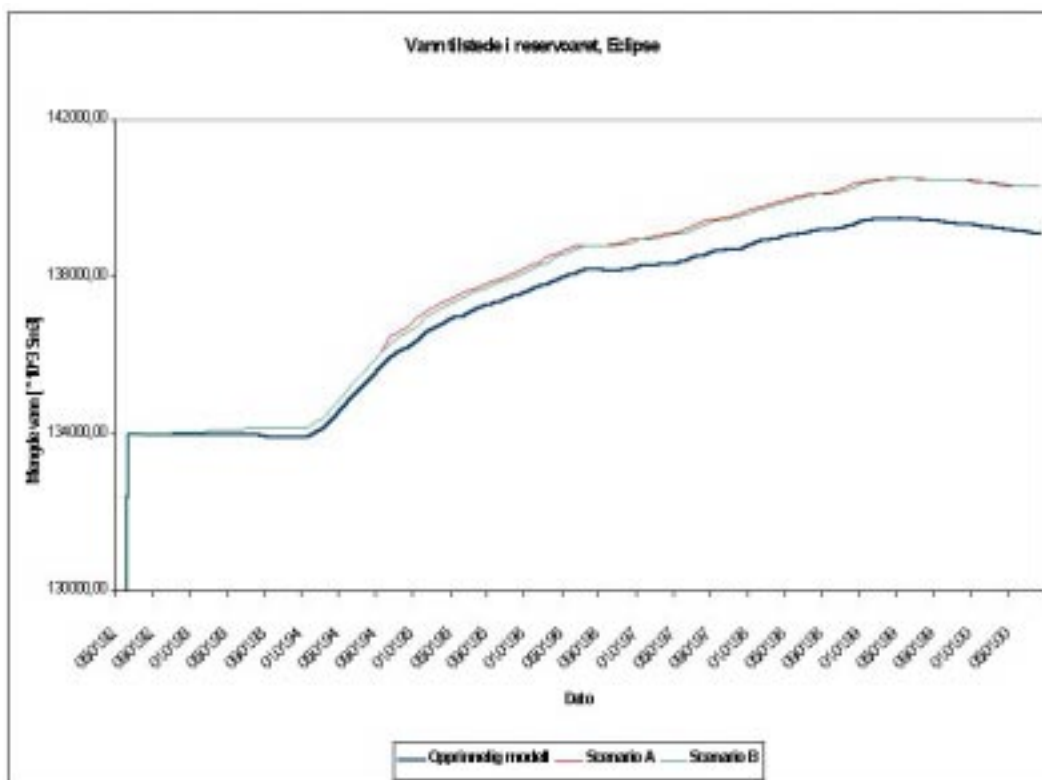
Ved kjøring av eclipse opprettes en fil `BASIS.RSM` som blant annet viser gjennomsnittstrykk og produksjonsdata gjennom produksjonstiden for modellen. Figurene 5.15 og 5.16 viser resultatene fra denne filen, laget i Microsoft Excel



Figur 5.15: RSM Trykk

Opprinnelig modell. Reservoarstyringsplanen gav initialtrykk lik 318 bar. Den 01.08.00 var trykket v 1850 m TVD MSL (True Vertical Depth Mean Sea Level) mellom 314,6 bar og 288 bar. Disse målingene ble foretatt henholdsvis 02.05.00 og 31.10.00.

Øvrige trykk er interpolert ut i fra verdier gitt i reservoarstyringsplanen [1].



Figur 5.16: RSM Vann

Den opprinnelige modellen til Statoil viser starttrykk på 322 bar og sluttrykk på 344 bar. Av dette kan vi se at modellen samsvarer godt med reelle data tidlig i perioden, mens avviket er litt større mot slutten.

Scenario A og Scenario B. Modellene viser starttrykk på 322 bar og sluttrykk på omtrent 438 bar. Begge scenario samsvarer derfor godt med reelle data tidlig i perioden, mens avviket er stort siste dato.

Vann. Om en først ser på vannmengden i opprinnelig modell kontra våre to scenario, ser en at ved siste dato (01.08.00) er differansen på mengde vann i reservoaret 1,21 millioner Sm^3 , mens injisert volum var 1,35 millioner Sm^3 .

5.3 Diskusjon

Metningsprofiler/plassering av innfluks. Resultatene som fremkommer i 5.1 viser at innføring av vanninnfluks i Statfjord I1 har medført at oljemetningen i noen områder er lavere enn tidligere antatt.

Ved starten av dette prosjektet så vi for oss at forskjellene ville være store, så store at dramatiske endringer ved plassering av ny brønn var nødvendig. Dette er ikke tilfellet. Differansene i de øvre lag er så små at metningsskalaene måtte snevres inn for at de i det hele tatt skulle være synlige.

Som vi ser av 5.6 får vi en forholdsvis kraftig trykkoppbygging i nordspissen av segmentet ved simulering av lag 12. Det skyldes trolig at injektoren er plassert nord for en Ø-V gående forkastning. Forkastningen vil hindre kommunikasjon til sørlig del av segmentet. Dermed minker antageligvis innvirkningen på området rundt produsenten C-16. Det er derfor rimelig å anta at en plassering av vanninnfluks sør for denne forkastningen ville påvirket de grafiske simuleringresultatene i større grad. Vil vi anta at oljemetningen ville sunket raskere omkring C-16, samtidig som trykkoppbyggingen i den nordlige delen ville ha blitt redusert kraftig. Det har vi ikke prøvd i dette prosjektet, men vi ser i etterkant at det kunne vært interessant å forsøke et slikt scenario. Horisontale permeabilitetsbarrierer er ikke tatt i betraktning ved plassering av injektor, da den vertikale heterogeniteten i reservoaret ikke var kjent for oss. Et annet interessant scenario hadde derfor vært å plassere innfluksen noe høyere i modellen, for å bekrefte eller avkrefte dette.

Trykkprofiler. I trykkprofilene registreres det derimot større forskjeller. Langsommere trykkfall i våre to scenario følger logisk av mer væske i tilstede i reservoaret. Problemet er at sluttrykket etter innfluks er alt for høyt i forhold til reelt (målt) trykk i formasjonen. Materialbalanse-beregningen stemmer ikke overens med eclipse-simuleringen. Hvilken beregningsmetode er riktig?

eclipse. Simulatorer som eclipse benytter seg av dynamiske materialbalanser, det ble for omfattende å sette seg inn i dette i et så begrenset prosjekt. Et aspekt som likevel bør merkes, er at sluttrykket etter simulering også blir for høyt for Statoils opprinnelige modell. Dette kan tyde på at metodene som benyttes enten inneholder en unøyaktighet eller at reservoarmodellens inndata ikke samsvarer med våre uten at dette bør utgreies ytterligere her. Plottet på figur 5.15 indikerer at trykket i våre to scenario, med unntak av en jevn trykkoppbygging, har de samme tendenser som trykket i opprinnelig modell.

Materialbalansen. Om materialbalansen kan det sies at denne med riktige inndata skal gi et representativt svar så lenge akviferen ikke er for stor. Dersom akviferen blir større, vil det ta lengre tid før trykkendringer forplanter seg gjennom akviferen, og da må andre modeller benyttes fordi store akviferer krever en matematisk modell som inkluderer tidsavhengighet. To slike modeller nevnes i litteraturen [2], en fra Hurst og van Erdingen, en fra Fetkovitch. Vi valgte å gjøre materialbalanseberegning, til tross for at beregninger viser mengde vann ved starttidspunktet utgjør 30 % av totalt væskevolum i reservoaret. Vårt bidrag på $1.344 * 10^6 Sm^3$ representerer bare 6 % økning i dette volumet, noe som langt på vei forklarer de små endringene i metningsprofilene.

Det bør merkes at der finnes flere usikkerheter knyttet til temaet akvifer enn noe annet innen reservoarvitenskap. Dette skyldes at det sjelden bores brønner inn i akviferer for bestemmelse av porøsitet, permeabilitet, tykkelse og fluidegenskaper. Istedenfor benyttes oftest verdier hentet fra selve reservoaret. Enda mer usikker er geometri og arealkontinuitet i akviferen.

At beregningen bare ble foretatt en gang over hele produksjonsperioden har også påvirket våre resultater. Hadde likningen blitt løst trinnvis for hver måned, eller aller helst for hver dag, ville vanntilsiget variert, og dette ville påvirket trykkendringene for samme periode. Med litt hell kunne vi muligens på denne måten også observert sammenhenger som indikerte hvor og hvorfor vanninnstrømningen virkelig finner sted. En slik løsningsmetode var dessverre ikke mulig å gjennomføre grunnet mangel på eksakte trykkdata. Til forsvar for vår løsning bør det nevnes at sluttsummen av innstrømningsbidrag blir den samme. Dette medfører antakeligvis også at sluttrykket etter simulering i eclipse ville vært like høyt eller svært nær det trykket vi fikk.

Inndata. Uvissheter omkring inndata gjør saken enda mer komplisert. Estimater av STOIP kan for eksempel være feil, og høyere STOIP vil medføre lavere innfluks. Likevel er det slik at selv 20% økning av denne verdien ikke påvirker We med mer enn omtrent $60.000 Sm^3$. Inkonsekvens omkring opprinnelig porevolum påvirker løsningen betraktelig. Faktisk er det slik at dersom porevolumet er lik oppgitt volum i Reservoarstyringsplanen, er det $1.6 * 10^6 Sm^3$ for mye væske i reservoaret.

Sluttrykket vi har benyttet i materialbalansen er muligens for lavt. Det var ikke mulig å oppdrive et målt trykk den 01.08.00, og trykket er derfor en snittverdi av trykket i formasjonen mellom 02.05.00 og 31.10.00.

Det bør her også nevnes at dersom materialbalansen løses for start og sluttrykk som fremkommer etter kjøring av opprinnelig modell i eclipse, blir $We = 1.5 * 10^6 Sm^3$. We blir da null om porevolumet oppjusteres til $1.466 *$

$10^6 Sm^3$. Alternativt kan en løse likningen lik null med porevolum likt det i reservoarstyringsplanen og de trykk som fremkommer i eclipse. STOIP må da nedjusteres til $8.98 * 10^6 Sm^3$.

5.4 Usikkerhet

Som en ser finnes det utallige justeringer og beregninger som kan gjøres, men grunnet tidsrammen omkring prosjektet og stor variasjon i parametere, har vi derfor valgt å se på benyttede data som sanne verdier. Usikkerhet i resultatet er vurdert ut i fra antall gjeldene siffer i disse. Vi viser her til 3.2.

Kapittel 6

Faglige konklusjoner

Vi har med dette prosjektet koblet sammen materialbalanseberegninger med simuleringer i eclipse, for så å visualisere resultatene i GLview.

Vi har påvist en “feil” i det totale volumregnskapet, men resultatene i denne oppgaven ble ikke entydige nok til at vi vil komme med noen konkrete anbefalinger. Vår løsning tilsier en vanninnstrømning på $1.344 * 10^6 Sm^3 +/- 12\%$ i perioden 1. mai 1992 til 1. oktober 2000.

Store usikkerheter påvirker troverdigheten til de resultatene vi fikk. Det har vært vanskelig å kvalitetssjekke de inndataene fordi vi ikke hadde noe å sammenligne med. Mot slutten av prosjektet fikk vi vite at vi kunne sammenligne våre inndata til materialbalansen med verdier som allerede lå i eclipse datafiler. Dette burde vært undersøkt nærmere, men ble ikke gjort på grunn av begrenset kunnskap om eclipse.

Plasseringen av innfluksen er et omfattende tema og kunne vært et prosjekt i seg selv. Det vi oppdaget mot slutten prosjektet, når vi studerte visualiseringen av simuleringen, var at den høye trykkoppbyggingen i lag 12 kunne skyldes en lokal forkastning.

Hadde vi prøvd vanninnstrømning i lag 11 kunne muligens resultatene blitt helt forskjellig. Det er lett å si i etterkant at bedre forundersøkelser av den geologiske struktur i Statfjord I1 kunne gitt bedre kvalifikasjoner for å plassere innfluksen. Inntrykket vi har fått etter å ha diskutert denne problemstillingen i fagmiljøet er at plasseringsspørsmålet uansett blir preget av kvalifisert gjetning.

Vi skulle gjerne ønsket å konkludere med at Statoils planlagte brønn PCSI13 burde flyttes som følge av lavere oljemetning enn tidligere antatt. Materialbalansen og våre grafiske resultater tyder på at oljemetningen faktisk er litt lavere. På grunn av usikkerheten velger vi å la være å begi oss inn på slike spekulasjoner.

Det kunne vært interessant med ytterligere undersøkelser, spesielt innen

geologi. Ting tyder på at vi likevel ikke er helt på villspor da Statoil nå undersøker vanninnstrømning nord i segmentet.

Vi har lært mye underveis, selv om vi ikke fikk resultatene vi så for oss. Problemene vi står igjen med er i hovedsak relatert til reservoarmodellen som er fremstilt. Vi forstår nå de grunnleggende reservoarmekaniser knyttet til vanninnstrømning, og har fått belyst relevante problemstillinger. Nye spørsmål dukket opp etter hver som vi lærte mer, og slik er det nok i de fleste sammenhenger når man går dypere inn i materien. Vi vil også trekke frem at tverrfaglig samarbeid har gjort at vi har fått løst en oppgave ingen av oss hadde klart på egenhånd.

Del II
Gruppenprozess

Her vil vi presentere det ikke-faglige i prosjektet. Vi presenterer først grunnlaget for analysen før vi går nærmere inn på de sentrale forholdene ved prosjektet som vi her skal drøfte spesielt. Refleksjoner rundt prosessen og resultatet av denne kommer så før vi oppsummerer med de viktigste konklusjonene.

Kapittel 1

Ekspert i Team

Mål med faget "Ekspert i Team" er gitt i "Visjon og læringsmål" [6, EiT sentralt på web]). Den sentrale målsettingen for prosjektgruppen er å lære seg til å sette seg inn i nye problemer fra flere forskjellige synsvinkler og gjøre seg kjent med relevante kunnskaper fra flere forskjellige fagfelt for å kunne løse oppgaven. Det blir da helt kritisk at hver enkelt prosjektdeltaker tar ansvar for å finne sin plass i prosjektet og gjøre sin kompetanse kjent for de andre gruppemedlemmene. Det vil da også oppstå behov for å erverve seg nye kunnskaper innen sitt eget fagfelt, og ikke insistere på at "jeg vet allerede best, fordi det er mitt fagfelt". Selv om man kanskje er den ekspert som er best kvalifisert for oppgaven, vil det generelt sett være behov for korrigeringer ute i den praktiske virkeligheten. Denne forståelsen av gruppeprosessens rolle i tverrfaglig samarbeid ligger til grunn for arbeidet i vår prosjektgruppe.

Det er viktig å presisere at selv om de to læringsforløpene, faglig og prosessrelatert, undersøkes parallelt i oppgaven. De representerer ikke to rent adskilte læringsforløp, men er sammen gjensidig avhengige og utgjør en helhet. Ved en analyse er det derimot hensiktsmessig å prøve og skille disse mest mulig, slik at analysen blir mest mulig oversiktlig og effektiv.

Kapittel 2

Bakgrunn

EiT har sentralt og på landsbynivå bidratt med flere tilretteleggende faktorer. I starten av semesteret ble det gitt et informasjonssøkekurs. Hensikten med kurset var å gi en innledning i bruk av BIBSYS, et biblioteksystem som brukes av alle universitetene, Nasjonalbiblioteket, de fleste statlige høyskoler, og en rekke andre fagbibliotek i Norge, og de databasene/elektroniske tidsskriftene som UBiT abonnerer på. Omtrent halvveis i semesteret ble det gitt et rapportskrivingskurs, hvor det ble gitt en mal for hvordan en akademisk rapport bør organiseres.

Første landsbydag fikk hver gruppe utdelt en refleksjonsbok. Meningen med den var at hvert enkelt medlem her kunne skrive tanker og refleksjoner rundt selve gruppeprosessen. Dette for å bevisstgjøre gruppeprosessen underveis, men også som et hjelpemiddel ved den senere evalueringen i rapporten.

Som hjelpemiddel for gruppesamarbeid ble BSCW (Basic Support for Cooperative Work) gjort tilgjengelig for de ulike gruppene. Dette er et internettbasert program som tillater lagring, lesing og nedlasting av dokumenter og deling av informasjon innad i gruppen på et felles gruppeområde. Hensikten med dette vil i hovedsak være at man mye lettere kan koordinere arbeid som foregår på ulike steder eller til ulik tid. Men har her mulighet til å kommentere innlagte dokumenter og eventuelt lage forbedrede utgaver. Programmet er laget slik at hver bruker ser aktivitetene til de andre gruppemedlemmene på BSCW. Man kan da se hvem som har lagt inn hvilket dokument, hvem som har lest hvilke dokumenter og lignende. For utdyping av BSCW's ulike funksjoner henvises det til deres hjemmeside <http://bscw.gmd.de/>

Tanken bak EiT er at det er gruppen selv som skal definere en problemstilling og sin rolle. Oppgaven til veilederen vil derfor være å opptre som en fasilitator, ikke som en faglig veileder med ansvar for gruppens resultater. Det er gruppens eget ansvar å stille de rette faglige spørsmålene. Studentassistentenes rolle er å observere og hjelpe gruppen med prosessdelen av arbeidet,

hvis de ser at det trengs. Gruppen vil med hjelp fra problemeier bli enige om problemstillingen, men det er også her gruppens ansvar å definere seg inn i oppgaven.

Et annet hjelpemiddel som ble brukt for å belyse og bevisstgjøre gruppeprosessen var tre ulike skjemaer som ble utdelt av stud.ass. Disse skjemaene inneholdt ulike påstander hvor man ved hjelp av avkrysning beskriver hvordan man forholder seg til de. Skjema 1 het "Analyse av mitt selvbilde", og handler om hvordan man oppfatter seg selv, og da spesielt i relasjon til andre. Denne ble gitt i starten av semesteret, for å på et tidlig tidspunkt bevisstgjøre sin egen rolle i gruppen. I skjema 2, "Teamets utvikling", ble man bedt om å vurdere alle gruppemedlemmene individuelt (også seg selv) i ulike spørsmål angående bidrag/holdninger til gruppen. Dette skjemaet ble gitt to ganger, først tidlig og så i slutten av semesteret. Dette for å se om, og i så fall hvordan, teamet utvikler seg etter hvert som prosjektet skrider frem og går inn i ulike faser. I det siste skjemaet, "Personlighetstyper", prøver man ved hjelp av adferdsmønster å si noe om personlighetstypene til de ulike gruppemedlemmene, og hvordan ulike personlighetstyper passer sammen i et gruppearbeid. Dette skjemaet ble gitt mot slutten av semesteret.

Egen erfaring om prosjektorganisering hos gruppemedlemmene er generelt sett svært begrenset, da de fleste fagene på siv.ing studiet baserer seg individuelle øvinger, og ikke på prosjektbasert læring. Dette er nok noe som er i endring, men som vårt kull ikke har fått smake mye av. Prosjektorganisering handler i stor grad om holdninger, og er derfor ikke noe som kan læres i en håndvending, men som krever mye og kontinuerlig erfaring.

Av formell erfaring har alle gruppemedlemmene SIS 1070 Teknologiledelse, hvor halvparten av faget var viet til prosjektorganisering. Om dette faget i seg selv fører til større bevissthet om gruppeprosessen forbundet med et prosjekt stiller vi oss svært tvilende til. Dette fordi vi, som tidligere nevnt, har svært liten erfaring med prosjektorganisering. Faget fortøner seg da som teori, hvor man ikke har mulighet til å se sammenheng til praksis.

Av gruppens fire medlemmer har vi ikke valgt en enkelt leder, men en rullerende ledelse på én person. Vi syntes det ble noe kunstig å utrope en bestemt leder ut i fra vårt svært begrensede kjennskap til hverandre, og valgte derfor en ordning hvor alle får prøvd seg. Ledelsens oppgave blir da å være koordinator og ordstyrer, og også hovedansvarlig for refleksjonsskriving. Tanken bak dette var å stimulere til å skrive, samtidig som at ingen skulle dominere over andre i refleksjonsskrivingen.

For å hjelpe oss med progresjon i gruppearbeidet ble det satt milepæler. Milepælene innbefatter definisjon av problemstilling og en halvveisrapport (skriftlig og muntlig).

En to timer lang forelesning ble gitt av Julie Feilberg, første amensuensis

v/institutt for anvendt språkvitenskap, HF-fakultetet NTNU. Forelesningen hadde fokus på kommunikasjon i gruppeprosessen, og det ble gitt en del tips fra pilotforsøkene med EiT de to foregående år.

Kapittel 3

Analyse

I analysedelen vil vi ha bruk for å referere resultatene til enkeltpersoner. Her vil vi da for enkelthets skyld kun bruke initialer.

3.1 Oppgavetekst og læringsmål

Før utarbeidelsen av oppgaveteksten hadde Statoil en presentasjon med mulige oppgaver og oppfordringer om å komme med egne ideer. Et av forslagene pekte seg ut som en oppgave hvor alle i gruppen kunne bidra med sine kunnskaper. Vi var nå i startfasen og ambisjonene var store, men det var ikke satt konkrete mål. Det gjorde at førsteutkastet til oppgaveteksten ble veldig utydelig i forhold til hva vi konkret skulle jobbe med.

Tilbakemelding på førsteutkastet fra veilederne var derfor at vi burde sette oss mer konkrete mål og formulere arbeidsoppgaver. Vi forsøkte så å bryte oppgaven i flere deler slik at den skulle være enklere å angripe. Etter denne oppdelingen og omformulering av problemstillingen satte vi i gang med de første arbeidsoppgavene. Da viste det seg raskt at oppgaven var alt for stor og at vi hadde tydelig undervurdert vanskelighetene. For å gjennomføre simuleringer måtte vi tilegne oss nye kunnskaper i fagfelt som var ukjent for alle, og verktøyene vi skulle benytte var kompliserte å sette seg inn i.

De to gruppemedlemmene med bakgrunn fra landsbyens fagområde hadde best forutsetning for å sette seg inn i de rent teoretiske aspektene ved oppgaven, men det var nødvendig med innspill fra veilederne og oppdragsgiver. Det var vanskelig å se noen begrensninger for hvor mye teori som kunne benyttes, da den valgte oppgaven lå et godt stykke utenfor de individuelle fagspesialiseringer. Den andre delen av gruppen satte igang med de rent tekniske delene av å kjøre simuleringer. Også her var det nødvendig med flittig oppslag i manualer, og solide datakunnskaper viste seg å være veldig

nyttig for å komme videre uten å snuble i småproblemer og bruke for mye tid på å få hjelp fra ressurspersoner.

Selv om vi delte oppgaven i en teoretisk og en teknisk del, hadde vi hele tiden kontakt og diskuterte fremdriften i prosjektet. Helt bevisst brukte vi onsdagene, altså landsbydagen, aktivt til å jobbe sammen, slik at ingen jobbet på egenhånd med ting som kunne vise seg å bli irrelevant for oppgaven. For å ikke skyve for mange problemer foran oss, var det helt nødvendig med denne arbeidsdelingen. Vi ville ha tidlig en oversikt over hvilke problemer som måtte løses både teoretisk og teknisk, og ved å dele arbeidet slik som beskrevet, forhindret vi å møte alvorlige problemer sent i prosjektfasen. Dette kunne i verste fall ha ført til at vi ikke fikk nok tid til å gjennomføre prosjektet som planlagt. Ulempen ved å velge en slik parallell-strategi er at vi alle møtte problemene samtidig på et tidlig tidspunkt i prosessen. Dette vil oppleves som svært frustrerende, men dette var vi hele tiden bevisste på, og mistet ikke motet selv om vi møtte motgang. Vi unngikk derfor å sitte lenge med illusjoner om hva vi var i stand til å rekke på prosjektets tilmålte tid, og dette var med på å begrense oppgaveformuleringen videre.

Når vi hadde kommet så langt som til halvveisrapporten hadde vi trimmet ned oppgaveteksten til en realistisk gjennomførbar oppgave, som følge av frustrasjonene vi hadde opplevd. Konkrete faglige læringsmål for hver enkelt fikk også plass, i tillegg til de "høyere" målene knyttet direkte til EiT. Vi har ikke forandret oppgaveteksten etter dette, vi har bare gjort enkelte småjusteringer på selve formuleringene for å få bedre ordlyd. Det skyldes nok at vi startet såpass tøft som vi gjorde.

I ettertid ser vi at det kunne vært hensiktsmessig å starte enda tøffere, men dette blir etterpåklokskap. Vi kunne vært mer pågående for å få hjelp til å løse problemer underveis, men litt av poenget med prosjektet er at man skal løse reelle problemer på egen hånd. Dessuten kunne vi ikke legge beslag på veilederne så mye som vi kanskje ville, men i ettertid vil vi nok se dette som en nyttig læringsprosess. I fremtida regner vi med å måtte sette våre egne læringsmål i større grad enn ved NTNU.

3.2 Spørreskjema: Mitt selvbylde

Skjema 1, "Mitt selvbylde", omhandler hvordan en oppfatter seg selv og sin væremåte. Det ble gitt ut og gjennomgått tidlig i semesteret. Formålet med skjemaet var på et tidlig tidspunkt å hjelpe oss med å definere våre roller i en gruppesammenheng.

Det første er å undersøke om det som kommer frem gjennom spørreskjemaet stemmer med virkeligheten. Det gjorde vi sammen med studentassis-

tentene. Det som kom frem var i hovedsak at det førsteinntrykket vi fikk av hverandre stemte ganske bra med selvbildet som hver enkelt hadde av seg selv. Vi vil her gjøre rede for de uoverenstemmelsene vi fant ved hjelp av dette skjemaet.

En del forvirring oppstod av hvordan hver enkelt tolket spørsmålene, men ved hjelp av studentassistene korrigerer vi besvarelsene med piler som viser hvilken retning hver enkelt ønsker å utvikle seg.

Gjennomgang av spørsmål. De fire første spørsmålene dreier seg om følelsesmessige reaksjoner i gruppeprosess sammenheng og hvordan man tar hensyn til andre og deres synspunkter.

Det kom frem at ST har lett for å snakke med andre om følelser, men han og TT er de som lettest tar ting for personlig. JK hadde inntrykk av at de andre er flinkere til å ta hensyn til andre. Ellers var alle positive til å takle åpenhjertig tilbakemeldinger på sin væremåte, men også på hvordan vi reagerer følelsesmessig på uenighet og konflikter.

De fire neste kartlegger de individuelle medlemmene sitt forhold til andre mennesker. Spørsmålene går fra normer og regler, via tillit til andre mennesker, beslutningsdyktighet til innflytelse i sosiale situasjoner.

EB regnet seg som den minst opptatt av å følge normer og regler, men også den minst tillit til andre. De andre var kanskje mer naive. TT virker som den mest beslutningsdyktige, mens ST utsetter regningene i det lengste. JK regnet seg selv som den med minst innflytelse i sosiale situasjoner.

De tre neste spørsmålene tar opp synet på arbeidsstrategi. Det betyr hvorvidt man gir opp lett eller aldri, er samarbeidsorientert, og et spørsmål om arbeidsstil.

Arbeidsdisiplinen i gruppa viste seg å være jevnt høy. Vi kom frem til at samarbeidsorienteringen i gruppa er veldig situasjonsavhengig, men ved et prosjekt som dette var alle i utgangspunktet innstilt på en høy grad av samarbeid. JK skiller seg ut i arbeidsstil med en tendens til skippertak, mens resten regner seg selv for å ha en jevn arbeidsstil.

De tre siste dreier seg om sosialt nettverk, initiativ og risikovillighet. Vi mener disse hører sammen fordi man gjerne må ta initiativ for å skaffe seg nettverk, men også for bevisst å kunne ta risiko i for eksempel oppstart av nye industriprosjekter.

Når det gjelder sosialt nettverk, svarer alle at de har en bred kontaktflate, og ST svarer faktisk at kan skulle ønske han hadde færre kontakter. Alle er opptatt av å ta initiativ, men TT er den regner seg for å være mest initiativrik. Ved spørsmål om risikovillighet, svares det likt, alle viser i viss grad en hang til å ta sjanser.

Som en konklusjon for hva vi fikk ut av skjema 1, vil vi understreke hvor viktig det var å få frem de implisitte inntrykkene vi hadde av hverandre i en eksplisitt form. Ved første landsbydag tok vi allerede opp hvor viktig det er å anta at man kjenner hverandre. Problemer som man selv ikke ser, kan man få hjelp av andre til å kunne se.

3.3 Spørreskjema: Teamets utvikling

Skjema 2, "Teamets utvikling", ble gitt like etter skjema 1 og mot slutten av prosjektet. Formålet er å se hvordan teamet utvikler seg, sett i lys av hvordan hver enkelt vurderer hverandre.

Vi hadde en mistanke om at vi ikke ville få frem store forskjeller. Det viste seg i hovedsak å stemme veldig godt med virkeligheten. Forskjellene ble faktisk mindre etter hvert, noe vi synes er naturlig med bakgrunn i utviklingen i prosjektet. For alle spørsmålene gjelder at vi vurderte hverandre tilnærmet likt både på starten og på slutten, så vi ser ikke noen grunn til å omtale ørsmå forskjeller spesifikt. Vi også slått sammen resultatene fra flere forskjellige spørsmål i forskjellige avsnitt, fordi de går ut på mer eller mindre på det samme.

På faglig forberedelse vurderte alle hverandre tilnærmet likt. Sammen med studentassistentene fant vi ut at bare individuell bruk av skalaen varierte, og at alle i bunn og grunn vurderte de andre og seg selv likt. Vi hadde ikke kommet så godt i gang, og hadde kanskje en smule dårlig samvittighet på grunn av lite fremgang. Diskusjonen som oppstod endte i enighet om at vi ville konsentrere jobbingen til landsbydagen for å utnytte maksimalt fokus på oppgaven denne dagen. Avtalene som vi ble enige om var motivert av å få gjort ferdig påbegynte oppgaver, ikke individuell utvikling av nye ideer. Alle har møtt til avtalte tider.

Det var små forskjeller når det gjelder å bidra til konstruktiv teamprosess og teamutvikling. Årsakene her skyldes trolig forskjellig prosjekterfaringer, og ikke holdninger. Det kom mange forslag, noen avsporet samtalene, men det bidro som regel til god gruppestemning og kan vel sies å være konstruktivt det og. Gruppen var flink til å ta hensyn til fruktbare forslag som gikk på teamutvikling. Alle vurderer hverandre likt når det gjelder å støtte hverandre, og vi sitter med inntrykket av at ingen uoverensstemmelser ikke har kommet frem til overflaten.

Når det gjelder hvem som dominerte i teamet, så var det en del forskjeller i starten men det avtok ettersom vi fikk definert oppgaven. Det var helt naturlig at de med faglig bakgrunn mest relevant for problemområdet tok føringen og initiativ til å definere mulige oppgaver. Det foregikk helt bevisst,

og de andre på gruppen stilte helt fra starten av kritiske spørsmål for å utdype og etter hvert avgrense oppgaven. Det bidro i seg selv til god gruppestemning, noe som reflekteres i, og forsterkes av, at hver enkelt har vært aktiv og jobbet tverrfaglig. Når alle føler eierskap til problemstillingen, har det heller ikke vært vanskelig å være motivert for å delta regelmessig på team-møtene. Når alle har vært engasjerte, er det heller ikke mulig å være tilbakeholden eller anonym. Med dette har vi i grunn besvart hvorvidt enkeltmedlemmer har stilt gode og avklarende spørsmål som hjelper teamet. Besvarelsene bekrefter også det, i likhet med tilbakemeldingene fra studentassistentene.

Sett under ett virker gruppa på overflaten å bestå av personer med like ambisjoner og holdninger til gruppearbeid. Når dette har holdt seg over tid og gjennom "kriseperioden", så kan det også indikere at personlighetstypene er like eller at sammensetningen virker utfyllende med hensyn på personlige egenskaper.

3.4 Spørreskjema: Personlighetstyper

Skjema 3, "Personlighetstyper", har som formål å si noe om den enkeltes personlighetstype. Videre vil resultatene belyse hva som er hensiktsmessig adferd for teamdynamikken.

Et viktig moment ved skjema 3 blir å se om personlighetstypene er like, slik som analysen av skjema 2 gir inntrykk av. Ut i fra hvordan vi har oppfattet hverandre gjennom gruppeprosessen, er ikke personlighetstypene nødvendigvis like. En svakhet med en slik test er at adferdsmønsteret vil endres over tid, og vil farges av psykisk press. Det er derfor ikke et mål å kartlegge noen dypere personlighetsstruktur. Vi vil derfor fokusere på ytterpunktene i personlighetstesten, da det er mest sannsynlig at dette er gjeldende for den aktuelle personen.

Først vil vi se om hver enkelt kjenner seg igjen i karakteristikken, og så bruke dette til å kartlegge hvordan denne sammensetningen vil fungere i de ulike fasene av prosjektet.

Resultater og kommentarer. JK fikk i testen størst utslag på resultat (5), dernest nyskapning (3), så kvalitet (2) og relasjon (2). JK sier at han kjenner seg igjen i disse resultatene, hvertfall som et generelt bilde på seg selv. Han er opptatt av å få ferdig forskjellige arbeidsoppgaver, og mener at han kan trenge noen som passer på kvaliteten i arbeidet sitt ettersom han har en tendens til å velge de enkleste løsningsmetodene så sant de fungerer. Han kunne godt tenke seg å være mer kvalitetsorientert og bevisst på relasjoner.

ST fikk jevne resultater mhp orientering, kvalitet (4), nyskapning (3), relasjon (3) og resultat (2). I følge ST stemmer disse resultatene bra, han anser seg først og fremst som kvalitetsorientert, og lite resultatorientert. Han er altså veldig opptatt av å produsere noe med høy kvalitet fremfor å få et resultat raskt, og dette på godt og vondt. ST mener derfor at å jobbe sammen med noen som er mer resultatorientert er mest fruktbart, slik at fremdriften sikres og ikke all innsats settes inn på kvalitet. Han føler seg ofte litt for relasjonsbevisst, og skulle gjerne ha vært mer resultatorientert.

TT fikk i testen størst utslag på kvalitet (5), dernest resultat (4), så relasjon (3) og nyskapning (0). Han innrømte at han kjente seg igjen i resultatene, men ville ikke akseptere at nyskapingsevnen var lik null. Resultatorienteringen ble ytterligere understreket senere i prosjektet da store usikkerheter medførte uklare konklusjoner, noe som for TT medførte stor frustrasjon.

EB fikk sterkest utslag på relasjon (5), så resultat (4), dernest kvalitet (2) og nyskapning (1). Erlend er enig i at han kan ha en hang til å være relasjonskappende, men mener at han ikke er så resultatorientert som testen hevdet. Der og da var kanskje Erlend påvirket av at han ville bli ferdig med studentassistentene og ta fatt på arbeidet igjen. Erlend mener også at han er litt mer nyskappende og kvalitetsbevisst enn det testen sa han var.

Teamdynamikk. Det vi umiddelbart ser av resultatene, er at det varierer ganske kraftig i hvor stor grad man gjenkjenner seg selv. ST og JK er de to som kjenner seg mest igjen, mens både TT og EB føler at testen ikke treffer særlig godt.

Gruppen ser ut til å bestå av ulike personlighetstyper. JK er den resultatbevisste, ST er kvalitetsorientert og lite resultatorientert. TT er tydelig kvalitets- og resultatorientert, men lite nyskappende. EB betegner seg også som lite nyskappende, men er den relasjonsorienterte av oss.

Summerer vi resultatene og ser gruppen under ett, ser en at vi skårer tilnærmet likt på kvalitet (13), relasjoner (13) og kvalitet (15). Nyskapning skiller seg her kraftig ut, og skårer kun 7. Dette synes kanskje som en litt snodig måte å se resultatene på, og både TT og EB synes at de skårer litt ufortjent lavt her. Likevel kan vi se litt ut av dette. Vi synes som å være en veldig jevn og stødig gruppe (typisk guttegruppe?), som ikke er veldig opptatt av nyskapning. Dette stemmer godt med hvordan vi føler vi har jobbet og hva vi har vektlagt i rapporten. Vi har arbeidet jevnt hele tiden, og hele tiden vært bevisst på å ikke ta oss vann over hodet med tanke på arbeidsoppgaver. Vi lærte fra vår første og svært ambisiøse problemstilling at skal man komme noen vei må man være langt mer selektiv og ha en mer realistisk holdning til hva man rekker å gjøre. Selv om ingen av oss er spesielt

nyskappingsorienterte var vi nok litt for ivrige etter å redde verden. Dette skyldes nok i større grad at ingen av oss hadde særlig kompetanse innenfor dette området, enn at vi er veldig opptatt av nyskaping som gruppe.

3.5 Refleksjonsskriving

Å skrive i refleksjonsboka tvang oss til å tenke konkret gjennom gruppeprosessen. Å la skrivingen gå på rundgang gjorde også at alle automatisk ble engasjert, og i etterkant kan vi se hvordan ambisjonsnivået utviklet seg til å bli mer realistisk utover i prosjektet.

Utfordringen er å få boka til å fungere som noe mer enn en loggbok. Vi dokumenterte for eksempel den kritiske fasen før halvveis-rapporten hvor vi opplevde en krise i forhold til ambisjonsnivået på oppgaven. Sammen med halvveisrapporten hjalp dette oss til å forstå at denne krisen var naturlig for å komme videre. Derfor vil vi si at refleksjonsskrivingen hadde en funksjon utover dokumentering av gruppeprosessen.

Vi synes det er vanskelig å peke på andre vesentlige gevinster som refleksjonsskrivingen bidro med underveis i prosjektet, bortsett fra at vi nå ikke behøver å gjette på hva som skjedde når. Hvorvidt vi burde ha brukt refleksjonsboka mer aktivt er ikke så lett å si, heller ikke nå i ettertid. Det var ingen på gruppen som i særlig grad følte et behov for å ytre sine meninger skriftlig istedet for muntlig underveis i prosessen. Dette henger sammen med at alle på gruppen har en eksplisitt uttrykkelsesform, ting som skurrer blir dermed raskt brakt på overflaten. Det synes naturlig å tro at en gruppe, bestående av personer med forskjellig nivå av tydelighet i uttrykkelsesformen, ville kunne ha større nytte av en slik bok. Der ville potensialet for at folk snakker forbi hverandre eller at folk ikke blir hørt vært langt større, og dermed behovet for en slik "utlufting" vært større.

Kapittel 4

Refleksjoner

I forrige kapittel gjorde vi en analyse, så vi vil her i større grad konsentrere oss om refleksjoner for å komme frem til resultater. For å konsentrere oss om vesentlige momenter, tar vi utgangspunkt i skrivet av Julie Feilberg [4, utdelt via BSCW].

Her vil vi reflektere rundt viktige faser i teamarbeidet, og se på de tiltak eller endring av adferd som i større eller mindre grad var bevisst og påvirket prosessen videre.

4.1 Struktur

Strukturen i gruppen er en av de mest grunnleggende faktorene som vil påvirke gruppesamarbeidet. Siden vi ikke bestemte gruppesammensetningen selv, var det vanskelig å forutsi for eksempel noe som helst om spesielle allianser ville oppstå.

Etterhvert forstod vi at faglig sett så var det naturlig at to allianser oppstod mellom henholdsvis de fra FIM og de med mest kompetanse innen oljeproduksjon. Vi var klar over denne situasjonen og prøvde å utnytte det for å komme igang med prosjektet etter at det første utkastet til oppgaveteksten var definert. Når vi så møtte på problemer i hver våre allianser, samlet vi oss for å klargjøre arbeidsoppgavene videre. Dermed unngikk vi at alliansene ødela helheten i prosjektet.

Ved halvveis i prosjektet ble de to alliansene brutt noe opp, og vi jobbet da mer som en enhet, med et felles mål. Dette var naturlig siden de mest grunnleggende faglige betraktningene var gjort, og vi var klar for tverrfaglig problemløsning for å danne en helhetlig rapport.

4.2 Dynamikk

Det er allment kjent at ulike personlighetsprofiler vil påvirke gruppeprosessen forskjellig. Analysen i 3.4 viser at gruppen var tydelig resultatorientert, men ellers svært forskjellig sammensatt med hensyn på personlighetsprofilene. Det kan i seg selv virke motstridene, men vi må huske på at testene baserer seg på sterkt forenklet psykologi.

Diskusjonen av hverandres selvbilde gjorde at vi fikk bekreftet førsteinntrykket vi hadde av hverandre, men en slik diskusjon var nok nødvendig for å skape den trygghet som er en forutsetning for vellykket samarbeid.

Det andre skjemaet, analysert i 3.3, viser at arbeidsmåtene til gruppe-medlemmene var nærmest identiske og at dette holdt seg over tid. Det oppstod derfor ikke problemer som følge av forskjellighet, men vi ser selv at denne sammensetningen kan ha vært uheldig i den kreative fasen i starten, med tanke på å definere en utradisjonell oppgave - slik vi ble oppfordret til. En annen faktor som antakelig har ført til direkte kommunikasjon i gruppen er at alle er av samme kjønn.

I vår gruppe opplevde vi at prosessen gikk relativt smertefritt, kanskje til og med litt for lett. Med det mener vi at vi møtte lite motstand i hverandre og at det kanskje kunne være verdifullt å "krangle" (som kan være veldig konstruktiv kommunikasjon) litt mer.

4.3 Dominans og synlighet

På side 54 kom vi til at ingen dominerte og at alle ble hørt i gruppa. Vi vil tro at dette er en helt grunnleggende suksessfaktor, og at det hadde vært mer å reflektere over her hvis samarbeidet hadde stoppet opp.

4.4 Kommunikative stiler og konflikter

Vi har alle forskjellige måter å kommunisere på, men gutter har en tendens til å kommunisere på en mer direkte måte enn jenter. Dette kan tenkes å være grunnen til at vi raskt ble enige om at hver enkelt har ansvar for å gjøre de andre klar over hva som faktisk oppfattes som problemer. Vi diskuterte første dagen, men også senere med studentassistentene, hvordan hver enkelt kommuniserer i ulike sammenhenger og takler konflikter. Det som kom frem var at alle hadde erfart at det lønner seg å ta opp konflikter på et tidlig stadium på en tydelig måte. Siden vi alle har en relativ eksplisitt uttrykksmåte og et ganske likt syn på arbeidsrutiner, slapp vi at noen konflikter fikk anledning til å utarte seg i det skjulte.

Kapittel 5

Oppsummering

Vi har gjennom prosjektet vært veldig oppmerksomme på gruppeprosessen. Årsaken til det er nok måten faget er lagt opp. Det er sterk fokus på tverrfaglighet, og egne studentassistenter er ansatt for å støtte opp om samarbeidet i gruppene.

Bevisstheten om gruppeprosessen har vært sentral for å etablere trygghet i det tverrfaglige samarbeidet, særlig da ingen av oss hadde jobbet sammen tidligere. Likevel opplevde vi frustrasjoner som følge av faglig utilstrekkelighet. Vi har jo ikke veldig mye prosjekt erfaring, så det var vanskelig å ha noe begrep om hvor stor oppgaven vi definerte først i virkeligheten var.

For å sikre kvalitet i prosjektet, ser vi nå at det er fornuftig å være skeptisk til ambisiøse prosjektoppgaver. På grunnlag var dette kan vi spekulere i at frustrasjonene kunne blitt enda større hvis vi ikke hadde vært opptatt av den ikke-faglige delen av prosjektet. Det er vanskelig å si noe sikkert om avveiningen mellom tidsbruk på det faglige og på prosess, men ved å gjøre prosessdelen skikkelig har vi ihvertfall erfart at det er mulig å unngå ubehagelige overraskelser mot slutten av prosjektet.

Gjennomgangen av spørreskjemaer har fungert som et utgangspunkt for diskusjoner rundt gruppeprosessen. For vår del så vi dette som en grei gjennomgang selv om vi nok til tider kunne tenke oss et mindre tidkrevende og obligatorisk opplegg. Dette fordi vi jobbet såpass tett sammen at vi raskt fikk en forståelse av at alle ønsket å bidra etter beste evne, og gruppesammensetningen fungerte godt. Sett i lys av dette, ble analysene av skjemaene, og refleksjonsskrivingen, mest for denne rapporten sin skyld.

Vi ser imidlertid at vi har hatt nyttige diskusjoner i Gullfakslandsbyen. Erfaringene vil nok være gode å ta med seg inn i arbeidslivet hvor omfanget av tverrfaglig samarbeid blir stadig større.

Figurer

1.1	Oversiktsbilde, Gullfaks plassert i forhold til Sør-Norge	2
2.1	Statfjordformasjonen	4
2.2	Segment I1	5
2.3	Litostratigrafisk logg, Statfjordformasjonen	6
2.4	1. juni 1992: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	8
2.5	1. september 1993: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	8
2.6	1. februar 1994: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	9
2.7	1. mai 1994: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	10
2.8	Vannfraksjon i A-36	10
2.9	Produksjonshistorie A-36	11
2.10	1. august 1994: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	11
2.11	1. juni 1996: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	12
2.12	1. juli 1999: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	12
2.13	1. mai 1999: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	13
2.14	1. august 2000: (a) Trykkprofil (b) oljemetning	13
2.15	Produksjonshistorie C-16	14
2.16	Vannfraksjon C-16	14
2.17	Total olje-/vannproduksjon	15
5.1	1. juni 1992: Trykk ved første tidssteg	30
5.2	(a) Oversiktsbilde (b) Initiell oljemetning	30
5.3	1. oktober 1992: (a) Scenario A (b) Scenario B	31
5.4	3. oktober 1993: (a) Opprinnelig modell (b) Scenario B	31
5.5	3. oktober 1993: (a) Metning opprinnelig modell (b) Metning scenario B	32
5.6	1. juli 1998: (a) Trykk opprinnelig modell (b) Trykk scenario B	32
5.7	1. august 2000: (a) Metning opprinnelig modell (b) Metning scenario A	33
5.8	1. juni 1992: (a) Trykk ved start (b) Metning ved start	33
5.9	3. oktober 1993: (a) Trykk for opprinnelig modell (b) Trykk scenario A	34

5.10	3. oktober 1993: (a) Metning for opprinnelig modell (b) Metning i scenario A	35
5.11	1. august 2000: (a) Metning for opprinnelig modell (b) Metning i scenario B	35
5.12	1. august 2000: (a) Trykk for opprinnelig modell (b) Trykk scenario B	36
5.13	1. august 2000: (a) Trykk for opprinnelig modell (b) Trykk scenario A	37
5.14	1. august 2000: (a) Metning for opprinnelig modell (b) Metning i scenario A	37
5.15	RSM Trykk	38
5.16	RSM Vann	39

Bibliografi

- [1] Statoil *Reservoarsytringsplan for Gullfaksfeltet*
STATOIL 2000, dokument nummer GF-PETEK-00 00161
- [2] L. P. Dake *Fundamentals of Reservoir Engineering*
ELSEVIER 1978, ISBN 0-444-41830-X
- [3] M. Golan, C. H. Whitson *Well Performance*
PENTICE HALL 1986, ISBN 0-13-949819-2 01
- [4] Julie Feilberg *Evaluering av gruppeprosessen*
NTNU 2000/2001, utdelt via BSCW
- [5] Shrestha, Spiridonov, Bjørndal, Vevenstad, Vu *PBL Exercise, Gullfaks Group Project*
NTNU 2000
- [6] Ekspert i Team (sentralt) *Visjon og læringsmål*

http://www.ntnu.no/Ekspert_i_Team/
- [7] Prof. Jon Kleppe *SIG4038 Reservoir Recovery Techniques* (hjemmeside for faget)

<http://www.ipt.ntnu.no/~kleppe/SIG4038/00>

Del III
Vedlegg

Førsteutkast til problemstilling

SIG 0101 Ekspert i Team, tverrfaglig prosjekt 2001.

Gullfakslandbyen, Gruppe 7:

Stein Tore Wien (georessurser/geologi), John Kenneth Grytten (datateknikk/visualisering), Erlend Bjørdal (industriell matematikk/numerikk), Torstein Tveit (petroleumsteknologi/boring).

Aktuelle veiledere: Brit Gunn Ersland (reservoarteknikk, Statoil), Jon Kelleppe (reservoarsimulering), Harald Aasheim (reservoarstyring), Arild Rødland (boring), Terje Strøm (økonomi).

Optimal drenering av Statfjord formasjonen, segment I1:

Statfjordformasjonen er en produserende del av Gullfaksfeltet som er lokalisert 175 km. NV for Bergen. Operatør på feltet er Statoil. Formasjonen antas fra Statoils side ikke å ha trykkommunikasjon med tilgrensende formasjoner.

Formasjonen har vist seg å være noe problematisk, både en produsent og en injektor er blitt plugget, og i dag har formasjonen kun en aktiv produsent. Vi skal studere en oppdatert simuleringsmodell for I1 og lokalisere oljesystemer, vann-olje kontakter, sandsystemer, metningsprofil etc. Vi ønsker å identifisere aktuelle parametre som har relevans for simuleringen. Med dette skal vi foreslå tiltak for optimal drenering av reservoaret. Vi vil beskrive Statoils egne planer og eventuelt foreslå alternative løsninger. Eksempler på slike kan være alternativ plassering av produsenter, bruk av injektorer og ulike injiseringsmetoder som WAG-injeksjon og injeksjon av tensider, men også se på eventuell trykkommunikasjon til andre formasjoner. Simulering av alternative løsninger skal dokumenteres i den endelige rapporten. Oppgaven skal i hovedsak ha fokus på økt utvinning, men momenter rundt økonomisk lønnsomhet og tidsperspektiver vil også inkluderes.

CD-ROM

På innlevert CD-ROM ligger rapporten, en SPE-artikkel som sammenfatter oppgaven og de visualiseringsmodellene vi har studert i GLview. Dokumentene er i PDF-format og modellene er i `vtf` format.