

INDUSTRIMINERALER

NGU rapport 2154

ERTENVÅG DOLOMITTFELT

Gildeskål kommune, Nordland

1984

2154

xxxx

Ertenvåg dolomittfelt

Odd Øvereng

NGU/entreprenør M. Isaksen, Inndyr,
Nordland

Nordland

Gildeskål

Bodø

Saltstraumen 2029 III

16

Ertenvåg dolomittfelt 729-472

0

Sommeren 1983

26.3.1984

2154

Odd Øvereng

Etter anmodning fra entreprenør Magnus Isaksen, Inndyr har NGU undersøkt et dolomittfelt i Ertenvågdalen, Gildeskål kommune, Nordland. Undersøkelsene innbefattet også et sonderende diamantborprogram, ialt ca. 122 m fordelt på 8 hull. Dolomittfeltet utgjør et begrenset område av et flere km langt dolomittdrag. Dolomitten er middels til grovkornet og hvit av farge. I det aktuelle området er dolomitten homogen og må karakteriseres som meget ren. Sintringsforsøk viser at dolomitten har en utpreget tendens til dekripitering under brenning. Reflektivitetmålingene som er utført på diamantborkjernematerialet, viser meget høy "hvithet". Den brytbare tonnasje (dagbrudd) innenfor det diamantborete område er beregnet til ca. 700 000 tonn. Forekomsten er meget interessant med tanke på en eventuell økonomisk utnyttelse. Det er derfor anbefalt at undersøkelsene fortsetter, og at de også bør omfatte et større område av feltet.

Industrimineraler

Kartlegging, diamantboring

Dolomitt

Sintring

Reflektivitetmålinger

INNHold

	<u>Side</u>
INNLEDNING	4
Dolomitt generelt	4
Anvendelse av dolomitt, generelt	5
GEOLOGI	6
Beliggenhet	6
Geologi	6
KJEMISKE ANALYSER	7
Analyseprogram	8
Analysetabeller	
Kommentarer til analyseresultatene	9
KALSINERING	9
REFLEKTIVITETSMÅLINGER	10
Analyseprogram	10
Analysetabell	
DIAMANTBORING	10
Diamantborprogram	11
TONNASJE	11
SYNSPUNKTER VEDR. VIDERE UNDERSØKELSER	12
KONKLUSJON	12

Bilag:

- Bilag 2154-01: Utsnitt av geol. kartblad Strømøen, 1:50 000
av A. Solli m/lok. av Ertenvåg dolomitfelt
- 02: Geol. kart 1:5 000, Ertenvågen dolomitfelt m/
lokalisering av diamantborhull
- 03: Profiler i forb. med tonnasjeberegningen

INNLEDNING

I brev av _____ fra entreprenør Magnar Isaksen, Inndyr ble NGU anmodet om å foreta en befaring av Ertenvåg dolomittfelt. Befaringen ble foretatt 22.9.1981.

Med på befaringen var Magnus Isaksen, grunneieren, Iver Pherson fra Norwegian Talc A/S og undertegnede.

Etter befaringen ble det fra Isaksens side antydnet at det ville ha vært ønskelig med sonderende diamantboring i feltet. I brev av 15.6.1983 ble NGU anmodet om å gjennomføre et sonderende diamantborprogram innenfor et begrenset område av dolomittfeltet.

Diamantboringen ble utført sommeren 1983.

Hensikten med undersøkelsen var å få vurdert om dolomitten er av en slik kvalitet at den vil kunne egne seg som råstoff til forskjellige industriprodukter.

Dolomitt generelt

Ren dolomitt er en monomineralsk bergart bestående av mineralet dolomitt ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Ren dolomitt har følgende sammensetning:

21.86 % MgO -magnesiumoksyd

30.41 % CaO - kalsiumoksyd

47.73 % CO_2 - kullsyre

Ren dolomitt har sp.v. 2.86 og hårdhet 3.5-4 (Moh's skala).

I vanlige dolomittforekomster er det ofte overskudd av det ene karbonatet, slik at forholdet CaO/MgO varierer mellom 0.1-10, vanligvis mellom 1.4-1.7 mot det teoretiske forhold som er 1.39.

Dolomitt ligger i sedimentære lag og er representert i nær alle perioder i jordens historie. Forekomster av dolomitt forekommer en rekke steder på jorden, men kvalitet og forurensningsnivå er sterkt varierende. Variasjoner i sammensetningen kan delvis forklares ved utluting av kalkstein i magnesiumholdige vannløsninger (sekundær dolomitt). De fleste dolomittforekomstene er dannet på denne måten. Primær dolomitt antas å være dannet ved utfelling av dobbeltkarbonatet

$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ fra kullsyrerike vannopløsninger.

Dolomitt kan opptre tilnærmet fri for forurensninger, men inneholder normalt større eller mindre mengder kvarts (SiO_2), jern (Fe_2O_3), aluminiumoksyd (Al_2O_3) samt mindre mengder av andre oksyder. I realiteten er som regel endel av disse komponentene bundet som silikater som samtidig kan inneholde Ca og/eller Mg.

Dolomitt har en sterkt varierende farge fra rent hvitt over gult og brunt til blått, avhengig av forurensninger ofte i form av sporstoffer eller flyktige organiske forbindelser.

Anvendelse av dolomitt, generelt.

Forekomster av dolomitt forekommer verden over, og endel av de viktigste er nevnt i litteraturen. På sidel6 finnes en tabell med analyser fra de mest kjente dolomittforekomster i Europa.

Dolomitt må med få unntak regnes som et billig mineralsk råstoff. Dette fører igjen til et en kommersiell utnyttelse ikke bare er avhengig av kvalitet og tonnasje, men også av en gunstig beliggenhet. Store forekomster som kombinerer gode kjemiske og fysiske egenskaper med en god plassering er meget sjeldne. Av den grunn er verdens dolomittproduserende industri dominert av et begrenset antall storprodusenter som baserer sin produksjon på fluks og ildfast materiale i jern- og stålindustrien. I tillegg til de store produsente av dolomitt, finnes det en rekke småprodusenter som leverer spesialkvaliteter av dolomitt til fremstilling av metallisk Mg og MgO. Bare i begrenset omfang brukes dolomitt som jordforbedringsmiddel.

Norge hadde i 1976 en årsproduksjon av dolomitt på ca. 520 mill. tonn, og produksjonen er stigende. Her i landet er det to hovedleverandører av dolomitt:

A/S Norwegian Talc, som har sitt brudd (Hammerfall) like nord for Fauske (Sørfold kommune)

Franzefoss Bruk A/S, som har sitt brudd (Hekkelstrand) like ved Ballangen (Ballangen kommune).

Av den dolomitten som produseres her i landet, går over halvparten til den elektrometallurgiske industrien. Videre går endel til filler (maling, plast, gummi, papir og isolasjon). Endel går også til jordforbedringsmiddel.

De forskjellige anvendelsesområdene stiller forskjellige krav til kjemiske og/eller fysiske egenskaper. Tabell 1', side 1^b, gir en oversikt over typiske dolomittkvaliteter som produseres i Europa.

Hovedanvendelsesområder:

- jordforbedringsmiddel
- tilsetningsmiddel i metallurgiske prosesser
- tilsetningsmiddel i glassproduksjon
- fyllstoff i maling og plast
- kunstfiberframstilling
- ildfast (høytemperatur)materialer
- framstilling av MgO og Mg-metall

GEOLOGI

Beliggenhet (Bilag 2154-01)

Ertenvåg dolomittfelt ligger øverst i Ertenvågdalen, fra kommunegrensen mot Bodø og sydover. Feltet ligger ved kystriksveien. Avstanden langs veien ned til Nygårdsjøen er ca. 3.5 km. Nede på Nygårdsjøen ligger et industriområde med djupvannskai.

Geologi

Dolomittfeltet dekker et begrenset område av en dolomittsone som stort sett følger bunnen av Ertenvågdalen og går i sjøen ved Saura ca. 1.5 km syd for Nygårdsjøen.

Dolomittsonen stryker NNW-SSV med steiltstående fall mot øst 70° - 80° . Sonens mektighet er varierende med de største mektigheter innenfor det aktuelle området. Mektigheten er her anslått til maks. 60 m.

Mot vest går dolomitten gradvis over i en uren blågrå kalkstein. Mot syd grenser sonen til glimmerskifer/polymikt konglomerat.

Feltet er kraftig overdekket og bortsett fra i veiskjøringene er blotningene små og spredte. Overalt hvor dolomitten er blottet, har den en løs og ryen konsistens. Selv i de relativt "nye" veiskjøringene er dolomitten i overflaten løs og ryen.

Dolomitten virker relativt homogen og lite forurenset. Av forurensninger kan nevnes opptreden av mindre slirer/årer av kvarts, feltspat og glimmer. Enkelte steder ble det også observert aggregater av Fe-holdige mineraler (rustutfelling). Resultatet av diamantboringen var en bekreftelse på det inntrykket en fikk ved overflatekartleggingen. Det bør imidlertid understrekes at feltobservasjonene er gjort på små og spredte blotninger.

Dolomitten er middels til grovkornet og overveiende hvit av farge. I dolomitten er det påvist aksessoriske mengder av følgende mineraler: kloritt, muskovitt, amfibol, grafitt, kvarts, feltspat, zirkon, svovelkis og magnetitt.

KJEMISKE ANALYSER

Krystallinsk dolomitt kan være tilnærmet fri for forurensninger, men normalt er den oppblandet med større eller mindre mengder av kvarts (SiO_2), jernoksyd (Fe_2O_3) samt mindre mengder av andre oksyder. I virkeligheten er som regel endel av forurensningene bundet som silikater samtidig som disse også kan inneholde Ca og/eller Mg.

I vårt analyseprogram er det tatt sikte på å kvantifisere innholdet av de viktigste elementer som oksyder. Til de aller fleste an-

vendelser av dolomitt stilles det krav til mengden av de "forurensende" komponenter (angitt som oksyder). Tabell side gir en oversikt over kjemien til noen av de viktigste dolomittforekomstene i Europa.

Analyseprogram

Kommentar til bestemmelse av syreløselig CaO og MgO i dolomitt kalkstein

Elementene er løst med HCl (1+4) på varmeplate og bestemt ved kompleksometrisk titrering med egta etter passende for-
tynning med vann og regulering av pH til 10 med NH_3 . Na_2S er brukt som maskeringsmiddel. Det er nyttet ioneselektiv elektrode og automatisk titreringsutstyr med avtegning av titerkurve. Endepunktene er avlest i kurvens vendepunker.

Parallell-analyser tilsvarende 27 og 24 frihetsgrader har gjort det mulig å beregne standardavviket ved bestemmelse av syreløselig CaO og MgO til henholdsvis 0.15 og 0.30 absolutte %. 95 % Confidence intervaller blir således: ± 0.3 resp. ± 0.6 %. Det bemerkes at metoden ikke er lagt opp for bestemmelse av lave innhold, spesielt ikke når det gjelder MgO. De laveste MgO er derfor relativt usikre.

Kommentar til røntgenspektrografisk bestemmelse av SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , MnO og P_2O_5

Prøvene ble knust i kjeftetygger av stål, siden finmalt i agatmølle. 0.8 g dolomitt ble veid inn sammen med 5.6 g litium-tetrabonat (Merck Spektromelt A 10).

Komponentene ble godt mekanisk blandet og siden smeltet sammen i en digel (Pt med 5% Au) ved høy temperatur under god omrøring. Digelinnholdet ble støpt ut til en prøve som så ble kjørt på røntgen-

spektrograf av type Phillips 1450/20 med datamaskin og automatisk prøveveksler for 60 prøver.

For å kalibrere systemet ble det først kjørt kalkstein standarder. Under kjøring av prøvene ble det for ca. hver tiende prøve tatt med en kalksteinstandard til kontroll. Verdiene som disse kontrollprøvene viser, gir noe informasjon om metodens reproducerbarhet og nøyaktighet.

Analyseresultatene er vist i tabell 2 side 15.

De analyserte prøvene representerer samleprøver over de respektive lengder som er angitt i kolonnen ytterst til høyre i tabellen(e), side .

Kommentarer til analyseresultatene

Analyseresultatene viser at "kvaliteten" er noe varierende, men jevn over meget god. Partier hvor SiO_2 -innholdet er over 1 %, kan skyldes en viss anriking av kvarts, men noe må også tilskrives innholdet av andre silikater. Om disse anrikningene er knyttet til bestemte nivåer eller skyldes lokale anrikninger er ikke vurdert. Analyseverdiene av den øverste samleprøven i hvert hull kan være beheftet med feil på grunn av utluting av humussyrer. Ertenvågdolomitten gir inntrykk av å være meget lettvitrende.

Hvor omfattende overflateforvitringen har vært og i hvilken grad denne har virket inn på kvalitet, er usikkert.

KALSINERING

For å få vurdert Ertenvågdolomitten som et eventuelt råstoff for fremstilling av basisk ildfaststein ved direkte brenning, ble prøvematerialet sendt til SINTEF for testing.

Testen ble utført på prøve merket Bh.1C/4.

Resultat:

"Prøvesylindrene besto ikke "digeltangtesten". De smuldret opp ved moderat trykk ved 1000°C . Dette indikerer at dolomitten har utpreget tendens til dekrepering under brenning."

REFLEKTIVITETSMÅLINGER

Analyseprogram

Hvithetsmålinger på bergarts- og mineralprøver utføres ved NGU med fargemålingsinstrumentet Elrepho Mat DFC fra Zeiss. Prinsippet for målingene er å sammenlikne prøvene med en hvitstandard BaSO_4 Din 5033. Denne har en relativ hvithet i forhold til absolutt varierende fra 99.1% til 99.6% ved de aktuelle bølgelengder.

Instrumentet kalibreres med hvitstandarder (100-punktet) og en "svartkopp" (0-punktet).

Prøvene finknuses og presses til en brikke med en helt jevn og fast overflate som plasseres under måleåpninger. Her blir prøvene belyst med en glødelampe (normallysart "A"), og det reflekterte lyse registrert fotometrisk. Målingene foretas med 3 fargemålingsfiltre etter tur: FMX (rødt), FMY (grønt) og FMZ (blått) samt et lysfilter R457 (457 nm) for hvithetsbestemmelse. De relative måleverdiene for hvert filter registreres digitalt.

Måleverdiene for FMX, FMY og FMZ i % utgjør tilsammen normalfargeverdiene for prøvene. Måleverdien i % for R457 angir hvithetsgraden

Resultatene av målingene er vist i Tabell 1, side 14.

DIAMANTBORING

I brev av 19.4.1983 ble NGU anmodet om å komme med forslag til et sonderende diamantborprogram i Ertenvåg dolomittfelt. Hensikten var å få frem en "røff" oversikt over dolomittens kvalitet (variasjoner i kvalitet).

SYNSPUNKTER VEDRØRENDE VIDERE UNDERSØKELSER

Det tonnasjeberegnete området kan utvides betydelig østover til forbi borhull D. Avstanden fra profil A-A' er ca. m. Den brytbare bredden i dagen vil her være den samme som i området vest for profil A-A'. En slik utvidelse vil medføre en vesentlig økning av den brytbare tonnasje i området. Under forutsetning av at dolomittkvaliteten er den samme som i den oppborete delen av området, vil dette tilskuddet i tonnasje gjøre feltet meget attraktivt med tanke på en eventuell økonomisk utnyttelse.

Undertegnede vil derfor anbefale at undersøkelsene utvides til også å omfatte området øst for profil A-A'. På grunn av overdekningen i området vil en også her være avhengig av diamantboringer.

En negativ faktor for dette området vil være kystriksveien som på denne strekningen er lagt inn i dolomittsonen.

KONKLUSJON

Etter anmodning fra entreprenør Magnus Isaksen, Inndyr og Nordland fylkeskommune har NGU undersøkt et dolomittfelt i Ertenvågdaalen, Gildeskål kommune, Nordland.

Dolomittfeltet utgjør et begrenset område av et flere km langt dolomittdrag. Avstanden fra feltet og ned til sjøen er ca. 3.5 km (langs veien).

Feltet er kraftig overdekket slik at feltobservasjonene er begrenset til små og spredte blotninger.

Undersøkelsen omfattet også et rekognoserende diamantborprogram. I alt ble det boret ca. 122 m fordelt på 8 hull.

Både feltobservasjonene og analyseresultatene indikerer at dolomitten i det undersøkte området er meget ren og bare ubetydelig oppblandet med andre bergarter (skifer).

Reflektivitetmålingene som er utført på borkjernematerialet viser at dolomitten er meget hvit: rød-92.25%, grønn-91.70% (Standard BaSO₄/Din 5033).

Kalsineringsforsøk viser at dolomitten har en utpreget tendens til dekrepitering under brenning.

Undersøkelsene ble konsentrert om et begrenset område av feltet. Innenfor dette området er den totale brytbare tonnasje beregnet til ca. 700 000 t.

Med bakgrunn i de resultatene som allerede foreligger om felt, vil undertegnede anbefale at undersøkelsen utvides til også å omfatte partiene øst for det undersøkte området.

Trondheim, 20. mars 1984.



Odd Øvereng
statsgeolog

Tabell 2.

Prøve nr.	Borhull nr.	Syreløselig i %		Totalanalyse i %										Dolomitt Profil CaMg(CO ₃) ₂ nr.	DYBDE	
		MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅			
Bh 1A-1	Bh 1	22.17	28.46	0.22	< 0.10	0.14	0.01	21.7	31.5	< 0.1	0.03	<0.01	0.02	↑	0-5	m
" -2	"	22.17	28.46	0.15	< 0.10	0.16	0.01	22.0	31.9	< 0.1	0.03	0.01	0.03		5-10	"
" -3	"	22.57	28.60	< 0.10	< 0.10	0.13	0.01	21.8	31.7	< 0.1	< 0.01	0.01	0.02		10-13.10"	
Bh 2A-1	Bh 2	23.48	29.02	< 0.10	< 0.10	0.17	0.01	22.2	31.7	< 0.1	0.01	<0.01	0.03	A-A' ↓	0-5	m
" -2	"	21.57	30.4	0.47	< 0.10	0.18	<0.01	21.2	32.2	< 0.1	0.03	0.01	0.02		5-10	"
" -3	"	21.36	30.4	0.68	< 0.10	0.25	0.01	21.9	31.9	0.2	0.02	0.02	0.03		10-11.30	"
Bh 1B-1	Bh 1	21.26	29.86	0.20	< 0.10	0.18	0.01	21.7	31.6	< 0.1	0.04	<0.01	0.03	↑	0-5	m
" -2	"	21.46	30.14	< 0.10	< 0.10	0.15	<0.01	21.4	31.6	< 0.1	0.01	0.01	0.03		5-10	"
" -3	"	21.47	29.86	0.20	<0.10	0.20	0.01	21.8	31.6	< 0.1	0.02	0.02	0.03		10-15	"
" -4	"	21.57	30.00	< 0.10	<0.10	0.18	0.01	21.9	31.5	< 0.1	0.02	<0.01	0.03		15-20	"
Bh 2B-1	Bh 2	21.57	29.86	< 0.10	<0.10	0.17	<0.01	21.7	31.9	< 0.1	0.02	0.02	0.03	B-B' ↓	0-5	"
" -2	"	20.86	29.86	0.71	0.30	0.28	0.02	21.6	31.7	0.3	0.11	0.02	0.07		5-10	"
" -3	"	20.50	29.67	1.73	0.18	0.16	0.02	21.5	31.6	< 0.1	0.08	<0.01	0.06		10-15	"
" -4	"	21.06	30.42	0.34	<0.10	0.13	0.01	21.9	32.0	0.2	0.04	<0.01	0.03		15-20	"
Bh 3B-1	Bh 3	21.16	29.86	1.00	0.58	0.32	0.03	22.0	31.8	< 0.1	0.19	0.02	0.07	↓	0-5	m
" -2	"	21.77	30.14	< 0.10	<0.10	0.13	<0.01	21.9	32.0	< 0.1	<0.01	<0.01	0.02		5-10	"
Bh 1C-1	Bh 1	21.16	30.56	< 0.10	<0.10	0.12	0.01	21.6	31.7	< 0.1	0.04	0.03	0.04	↑	0-5	m
" -2	"	21.26	30.42	< 0.10	<0.10	0.20	0.01	21.3	31.4	0.2	0.02	0.02	0.03		5.10	"
" -3	"	21.16	30.84	0.15	<0.10	0.18	0.01	21.7	31.9	< 0.1	0.03	0.02	0.04		10-15	"
" -4	"	20.16	30.28	1.61	0.14	0.23	0.02	21.3	31.5	0.1	0.08	0.03	0.03		15-17	"
Bh 2C-1	Bh 2	21.36	30.70	< 0.10	<0.10	0.10	<0.01	21.3	31.8	0.3	<0.01	0.01	0.02	↓	1.5	m
" -2	"	21.06	30.56	0.28	<0.10	0.19	0.01	21.2	32.0	0.1	0.02	0.02	0.02		5-10	"
" -3	"	21.96	30.56	< 0.10	<0.10	0.30	0.01	21.4	31.8	< 0.1	<0.01	0.03	0.02		10-15	"
" -4	"	21.67	30.28	< 0.10	<0.10	0.18	0.01	21.4	31.6	0.1	0.01	0.02	0.03		15-21	"
Bh 1D-01	Bh 1	20.46	30.28	1.14	<0.10	0.11	0.02	21.2	31.3	0.2	0.09	0.01	0.11		0-5	m
" -02	"	21.67	30.56	< 0.10	<0.10	0.07	<0.01	21.3	31.5	0.2	<0.01	0.1	0.02		5-10	"

TABLE 3. TYPICAL PROPERTIES OF DOLOMITES

ORIGIN	AGE	CHEMICAL ANALYSIS WT. %								PHYSICAL PROPERTIES			USES REMARKS
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃	CaO	MgO	Loss on Ignition	Total	S.G.	B.D.	Porosity %	
<u>UK</u>													
South Yorkshire	Permian	1.4 (0.5-2.0)	0.7	0.9	1.6	31.2 (31-33)	19.7* (19-21)	46.1 (45-47)	100.0	2.84	2.47	13	Doloma Production
North East Derbyshire	Permian	0.5 (0.25-1.0)	0.2 (0.05-0.5)	0.5 (0.3-0.7)	0.7	30.1 (30-32)	20.8* (20-22)	47.2 (46-48)	100.0	2.84	2.47	13	Doloma Production
Durham	Permian	0.25 (0.2-0.3)	0.15 (0.1-0.2)	0.6 (0.5-0.8)	0.75	31.4 (30-32.5)	20.2* (19-20.5)	46.8 (46-48)	100.0	2.85	2.53	12	Dolime Production
North Wales	Carboniferous	2.0 (0.5-4.5)	0.6 (0.3-0.8)	0.8 (0.6-1.5)	1.4	32.5 (30.6-34.6)	18.0* (15.8-20.0)	45.1 (44.2-48.6)	100.0	2.85	2.68	6	Road Stone
South Wales	Carboniferous	1.2 (0.5-2.5)	0.5 (0.1-1.1)	1.1 (0.5-1.5)	1.6	32.1 (31.8-33.0)	19.5 (18.3-21.0)	45.6 (44.8-46.2)	101.7	2.84	2.79	2	Doloma Production
Scotland	Cambrian	1.2	0.5	0.3	0.8	30.1	20.9	46.5	99.5	2.83	-	-	Not worked
<u>EIRE</u>													
Kilkenny	Carboniferous	1.5	0.15	0.8	0.95	30.8	20.75*	46.0	100.0	-	-	-	Dolime Production
<u>BELGIUM</u>	Carboniferous	0.2	0.1	0.3	0.4	29.9	21.5*	48.0	100.0	-	2.7	-	Doloma Production
<u>NORWAY</u>	Cambro-Silurian	0.6	0.05	0.03	0.08	30.6	22.0	47.0	100.3	-	-	-	Mineral Filler
<u>SPAIN</u>	Cretaceous	0.8	0.6	1.0	1.6	30.7	18.3*	47.0	100.0	-	2.7	-	Doloma Production
		0.05	0.02	0.10	0.12	31.1	21.7*	47.0	100.0	-	-	-	Glassstone
<u>GERMANY</u>	Devonian	0.5	0.4	0.4	0.8	31.5	20.2*	47.0	100.0	-	-	-	Doloma Production

R₂O₃ = Al₂O₃ + Fe₂O₃

* MgO by difference.

Figures in brackets indicate range of analysis