

Interne notater

STATISTISK SENTRALBYRÅ

81/5

18. februar 1981

RESERVER AV SAND OG GRUS I VESTFOLD.
ET BEREGNINGSEKSEMPEL.

av
Hans Jørund Hansen¹⁾

I N N H O L D

	Side
1. Innledning	1
2. Reservebegrepet	1
3. Metode	3
4. Simuleringsprogrammet	4
5. Data	4
6. Resultater	4
Vedlegg 1. Simuleringsprogram	8

1) Simuleringsprogrammet er satt opp i samarbeid med Petter Longva.

1. Innledning

Norge har store ressurser av sand og grus. Disse ressursene er imidlertid ulikt fordelt på de forskjellige landsdelene. Noen fylker og kommuner har store forekomster, mens andre ikke har sand og grus av betydning.

Forbruket av sand og grus er også varierende. Områder med stor byggeaktivitet har som regel stort behov for disse varene, og det kan oppstå lokal knapphet. Andre områder igjen har store mengder, som det ikke er behov for.

Dette er bakgrunnen for et ressursregnskap for sand og grus må lages for mindre regioner som fylket, og ikke for hele landet under ett.

Det kunne også være aktuelt å lage regnskap for kommuner.

Et ressursregnskap starter med en oversikt over reservene. Dette notatet gjør greie for en metode til å beregne mengden av sand og grus innen et område.

Vestfold fylke er valgt som eksempel.

2. Reservebegrepet

Det er flere ulike klassifikasjonssystemer for mineralressurser. Ressursene blir gjerne delt inn etter grader av kjennskap til mengdene og etter økonomiske forutsetninger (priser og utvinningskostnader).

Kjennskap til de mineralske ressursene får en gjennom geologisk kartlegging, geofysiske målinger, inspeksjon og prøvetaking ved blottinger og borer. Utfra mengden av slike undersøkelser kan en med større eller mindre sikkerhet uttale seg om forekomstens volum og mengde. Av denne grunn har det vært vanlig å dele de identifiserte mineralske ressursene i påviste, sannsynlige og mulige, mens de uidentifiserte ressursene deles inn i hypotetiske og spekulative ressurser.

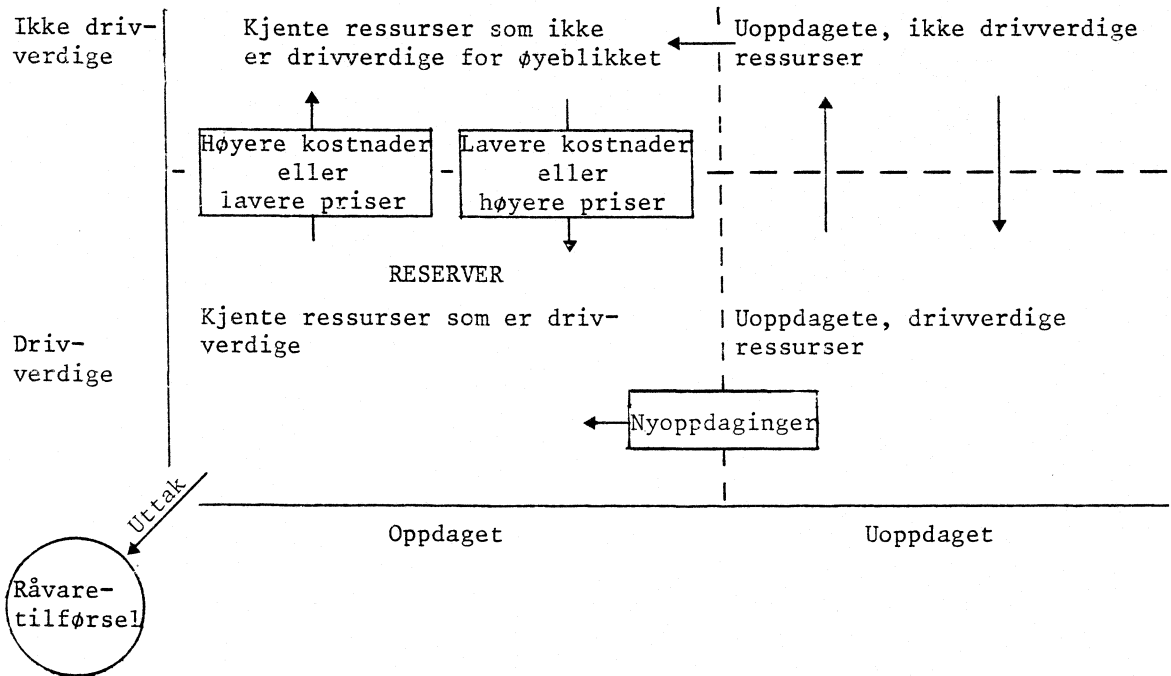
De økonomiske forutsetningene påvirker størrelsen til det som er drivverdig. En reserve er definert som en ressurs som er kjent og økonomisk drivverdig (figur 1).

Ressursenes størrelse etter denne definisjon endres fra år til år, pga. uttaket og alt ettersom nye forekomster oppdages og prisene og utvinningskostnadene endres (figur 2).

Figur 1. Klassifikasjonsskjema for mineralske ressurser.

		Identifiserte ressurser kjente ressurser			Uidentifiserte ressurser	
		Påviste	Sannsynlige	Mulige	Hypotetiske	Spekulative
Økonomiske ressurser	For tida drivverdige	RESERVER				
	Subøkonomiske ressurser	For tida ikke drivverdige				

Figur 2. Mineralressursflyt over tid.



Med utgangspunkt i figur 2 kan det settes opp et reserveregnskap:

<u>Reserver ved tidspunkt t_1</u>	+
Omvurderinger	\pm
Nyoppdaginger	+
<u>Uttak</u>	-
Reserver ved tidspunkt t_2	+

Omvurderinger blir gjort utfra økonomiske forutsetninger (endringer i priser og kostnader), ny utvinningsteknologi og endret oppfatning av størrelsen av kjente ressurser.

Alle norske gruver har sine beregninger over påviste reserver, mens ikke alle har det for sannsynlige. (Grammeltvedt og Sinding-Larsen 1979.). Ved store reserve-mengder vil det være av mindre interesse, og det byr på praktiske vanskeligheter å foreta en innedling i de tre typer identifiserte ressurskategorier. En nøyer seg ofte med å sette en verdi for påviste reserver eventuelt slått sammen med sannsynlige. Dette praktiseres for industrimineraler og vil også gjelde for sand/grus. Undersøkelsesmetodene er ofte kostbare i forhold til verdien av råstoffet, og i tillegg kan det være at bare få nye opplysninger kommer fram ved videre undersøkelser. Det er av interesse å vite hvor usikkert et reserveanslag er. Derfor blir et reserveanslag foruten med et gjennomsnittlig anslag, også gitt med maksimums- og minimumsverdier. Etter statistiske beregninger kan en oppgi sannsynligheten for at intervallet mellom disse verdiene (konfidensintervallet) dekker korrekt verdi. Det er vanlig å beregne 80 prosent eller 90 prosent konfidensintervall. I dette notatet er det brukt 80 prosent konfidensintervall.

3. Metode

Monte-Carlo-simulering er en simuleringsmetode hvor det trekkes tall som følger bestemte sannsynlighetsfordelinger. Hensikten er å beskrive sannsynlighetsfordelingen for en funksjon av tallene. Det er her lagt opp til å kunne bruke en programmerbar kalkulator for denne simuleringen. Kapasiteten ved en slik kalkulator begrenser hvor mange ganger det kan genereres nye tall. I dette tilfellet blir det 87 ganger. Dette regnes som tilfredsstillende.

Anslaget for hver sand/grus forekomst regnes å følge en lognormal fordeling, dvs. en fordeling hvor logaritmen til anslaget er normalfordelt. Problemet består i å simulere fordelingen for summen av alle anslagene, og så beregne konfidensintervall for denne summen.

For hver forekomst er det angitt en median, en øvre og nedre grense. Logaritmen til medianen og den øvre grense settes lik h.h.v. 50% og 10% fraktilen i en normalfordeling, som det så simuleres 87 tall fra. For hver av disse tall beregnes det anti-log før resultatet skrives ut.

For n forekomster dannes det da en $n \times 87$ tallmatrise:

Forekomst A: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_{87}$

Forekomst B: $b_1, b_2, b_3, \dots, b_{87}$

Forekomst C: $c_1, c_2, c_3, \dots, c_{87}$

\vdots
 \vdots
 \vdots

Forekomst N: $n_1, n_2, n_3, \dots, n_{87}$

Sum: $(a_1+b_1+c_1+\dots+n_1) \dots, (a_{87}+b_{87}+c_{87}+\dots+n_{87})$

Genereringene summeres for hver kolonne. Disse 87 summene er grunnlaget for å sette opp en sannsynlighetsfordeling. I tillegg blir det beregnet et gjennomsnitt av alle tallene for hver forekomst og for summene av alle forekomstene.

4. Simuleringsprogrammet

Programmet er tilpasset en Texas Instruments Programmable 59 kalkulator med en PC-100C skriver. Det følger i vedlegg 1.

5. Data

Byrådet har ikke data om reserveforholdene innen sand/grus virksomheten. Disse er derfor innhentet fra sand- og grusregisterprosjektet ved fylkeskartkontorene i Telemark og Vestfold. Eksempelet brukt her er fra 52 forekomster i Vestfold. Dette er samtidig hovedmengden av de utnyttbare sand og grus forekomstene i Vestfold.

6. Resultater

Summene av de tilfeldige tall $(a_1+b_1+c_1+\dots+n_1)$, $(a_2+b_2+c_2+\dots+n_2)$ osv. er satt opp i en frekvensfordeling, figur 3. Modus (M_o) blir 41,5 mill. og gjennomsnittet (\bar{x}) 41,56 mill. Disse summene er rangert og en kumulativ sannsynlighetsfordeling er konstruert, figur 4. Denne viser hvilken sannsynlighet det er for at en viss reserve-
mengde skal eksistere¹⁾.

1) Se fotnote på side 7.

En kan altså lese av med hvilken sannsynlighet et gitt volum forekommer. Sannsynligheten er 50% for at dette skal være 41,44 mill. m³. Dette er samtidig medianverdien (Md). Fraktilene 90% og 10% viser 38,1 mill og 44,7 mill. henholdsvis. Disse middelverdiene er svært like samtidig som kurva er relativt symmetrisk. Dermed har vi en tilnærmet normalfordeling, men med antydning til en viss skjevhet mot de høye verdier.

Fig. 3 Frekvensfordeling av de genererte stump tall. Mo = 41,5 mill.

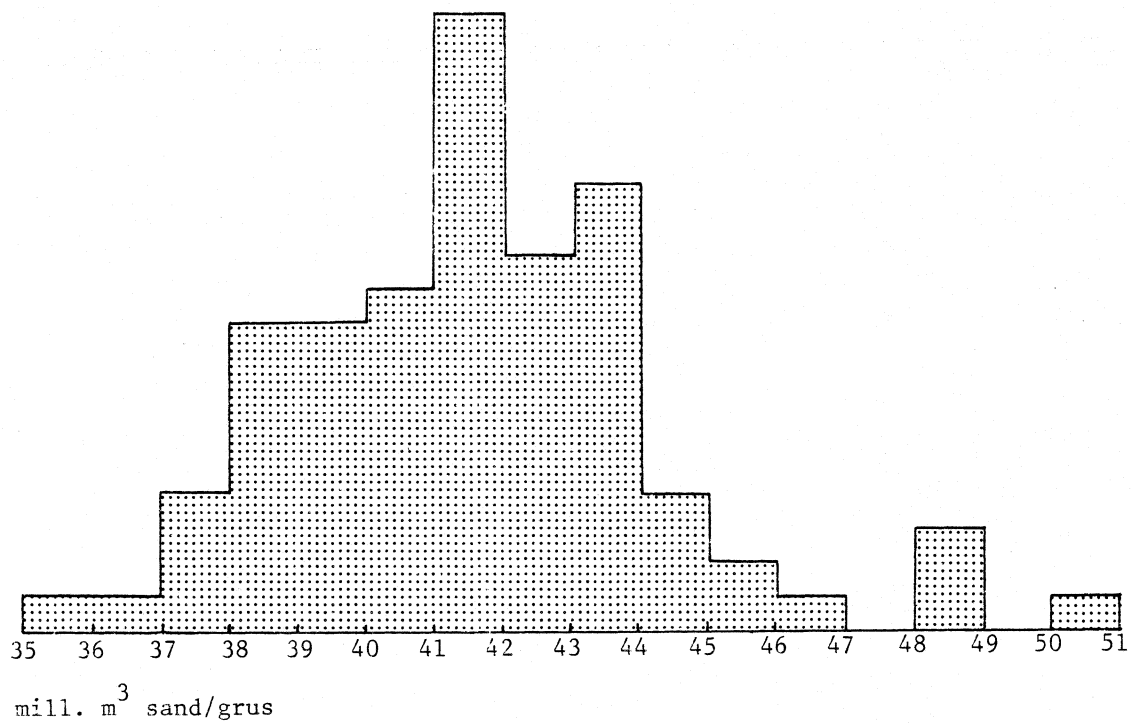
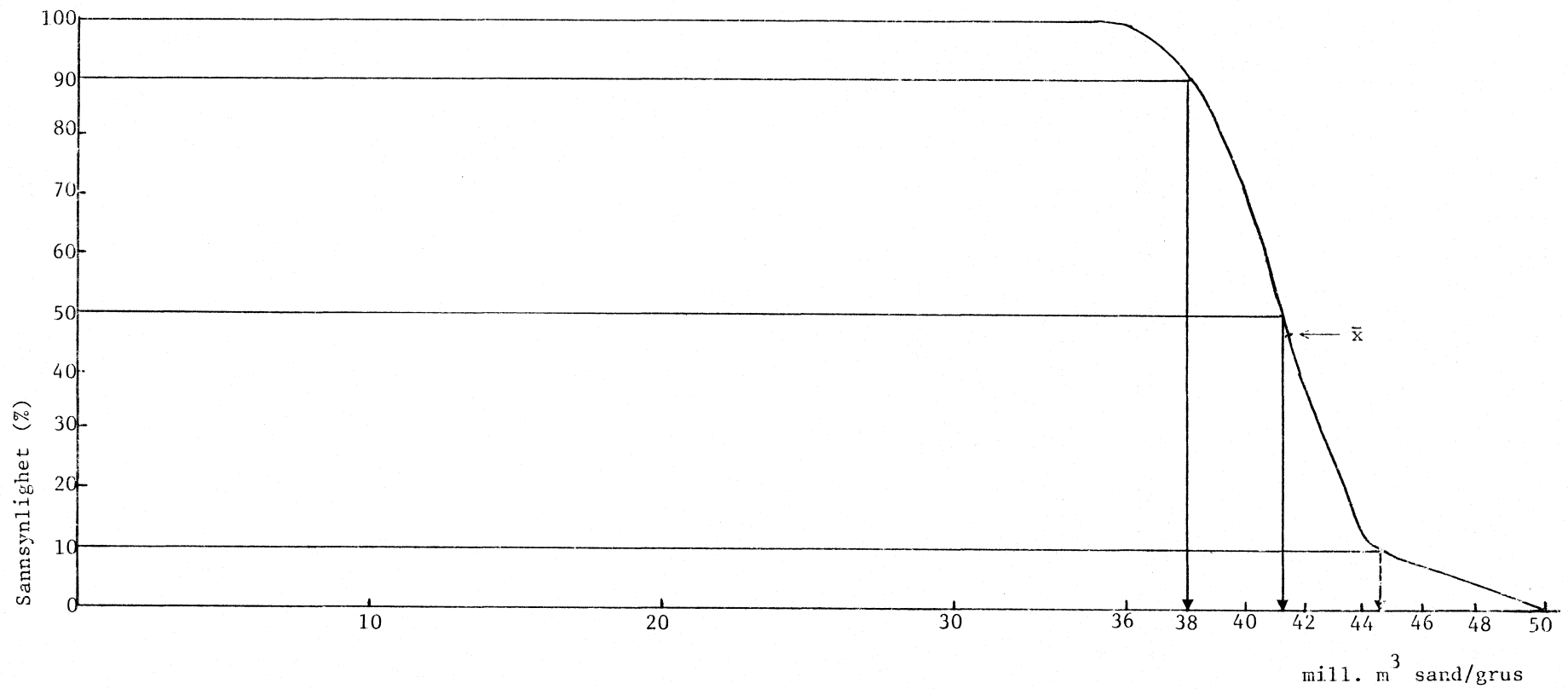


Fig. 4 Sannsynligheten for en reserve på $x \text{ m}^3$ sand og grus i Vestfold¹⁾. Basert på 52 forekomster.
Md (50%) = 41,44 mill., 90% = 38,1 mill, 10% = 44,7 mill., \bar{x} = 41,56 mill.



1) Se fotnote side 7.

Det vil alltid være 100% sannsynlig for at en reserve eksisterer¹⁾. For ikke identifiserte ressurser vil det alltid være en viss sannsynlighet for at det ikke eksisterer en reserve, dvs. sannsynligheten for at det eksisterer en reserve kan aldri bli 100%.

Kurvas forløp, dvs. brattheten på denne forteller hvor godt bestemt en reserve er. En godt bestemt reserve har et lite avvik mellom maksimums- og minimumsanslagene og dermed en bratt kurve. Med de metodene sand/grusregisteret bruker til dybdeobservasjon (anslag utfra geologiske kriterier uten noen direkte måling) kan dette neppe forventes å bli bedre enn resultatet viser. Dersom reservene skal bestemmes bedre må andre og mer sikre metoder for dybdeangivelse tas i bruk. Resultatet ligger imidlertid på et nivå som malmene i gjennomsnitt har, dvs. dårligere enn jernmalm og bedre enn sulfidmalmene (Grammeltvedt og Sinding-Larsen 1979).

Litteratur:

Grammeltvedt, G og Sinding-Larsen R. 1979: Vurdering av reserveanslag for kull og malmer 1979.

Prosjektrapport. BVLI, utvalg for prøvetagingsstetthet.

1) Denne språkbruken har tradisjon i geologiske miljøer, og utsagnet må tolkes i lys av en tankemodell hvor reservenes størrelse er stokastisk (egentlig en superpopulasjonsmodell).

Simuleringsprogram

Simuleringsprogrammet har først en startprosedyre der et starttall inngår (første innslag), deretter blir andre innslag definert som middelvei (50%) og det tredje som maksimalverdi (10%). Standardavvik blir beregnet.

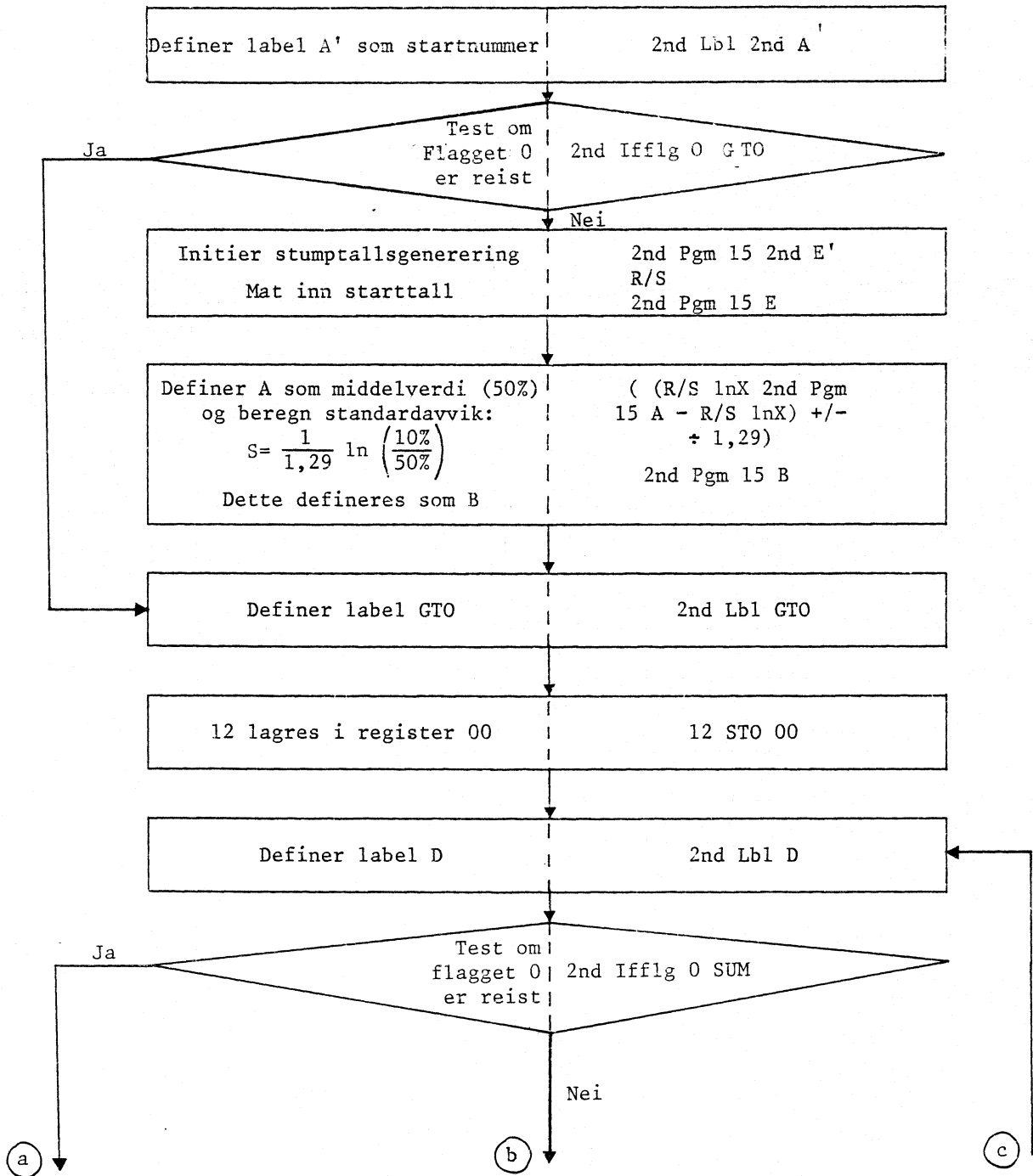
Videre i programmet vil forskjellige labels bli definert for å kunne motta hoppordrer. Register 00 starter med 12 og for hver simulering gitt ett tillegg på 1 slik at det seinere kan testes på dette antall og at prosessen kan stoppe på 99. Det blir da 87 simuleringer.

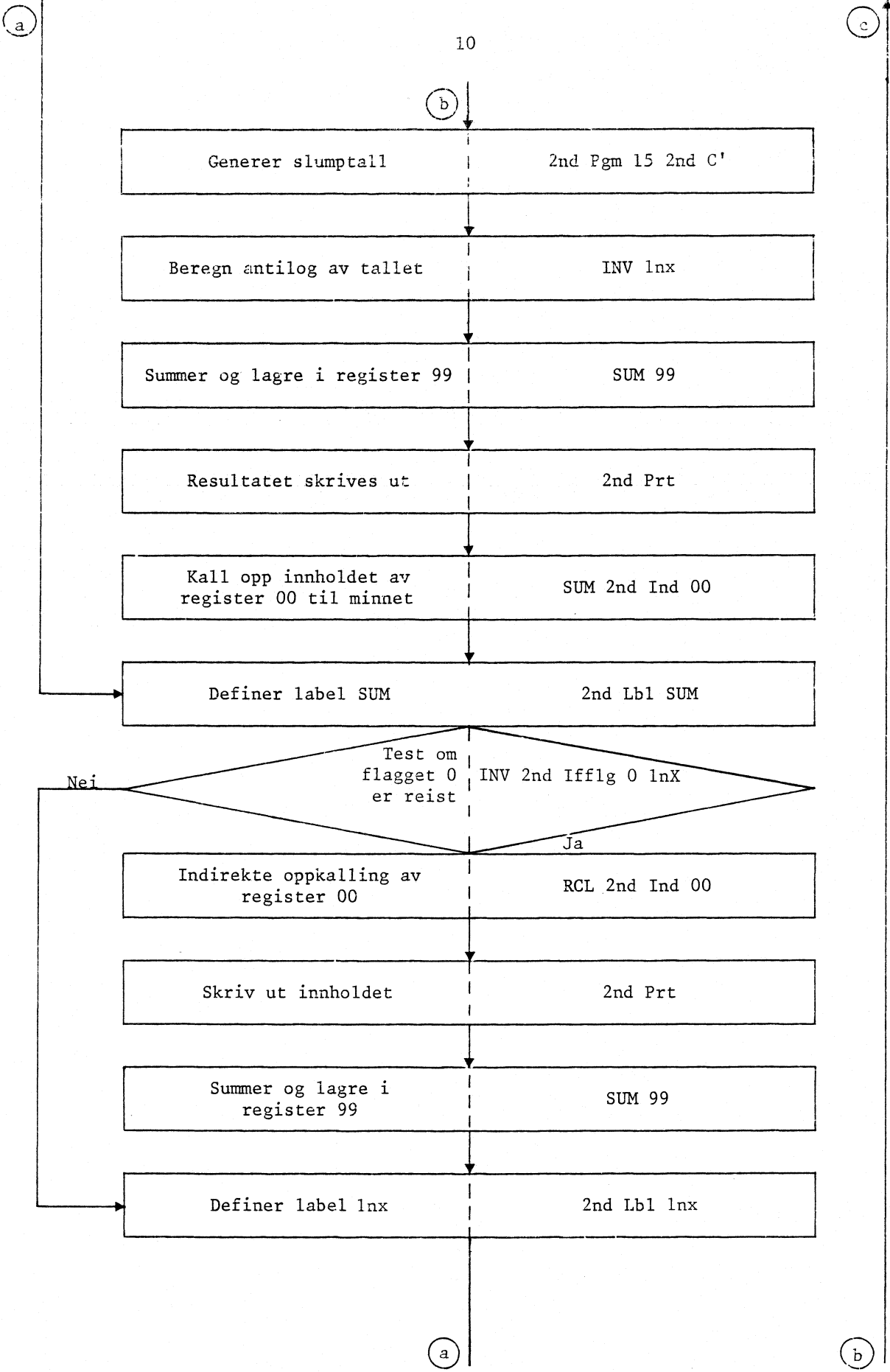
Det genereres tilfeldige tall bestemt av standardavviket, det beregnes anti-log og tallet lagres i register 99 og skrives ut. Dette fortsetter til alle 87 genereringene er utført, slik at de alle lagres i forskjellige registre. Til slutt blir gjennomsnitt av disse 87 genereringene beregnet.

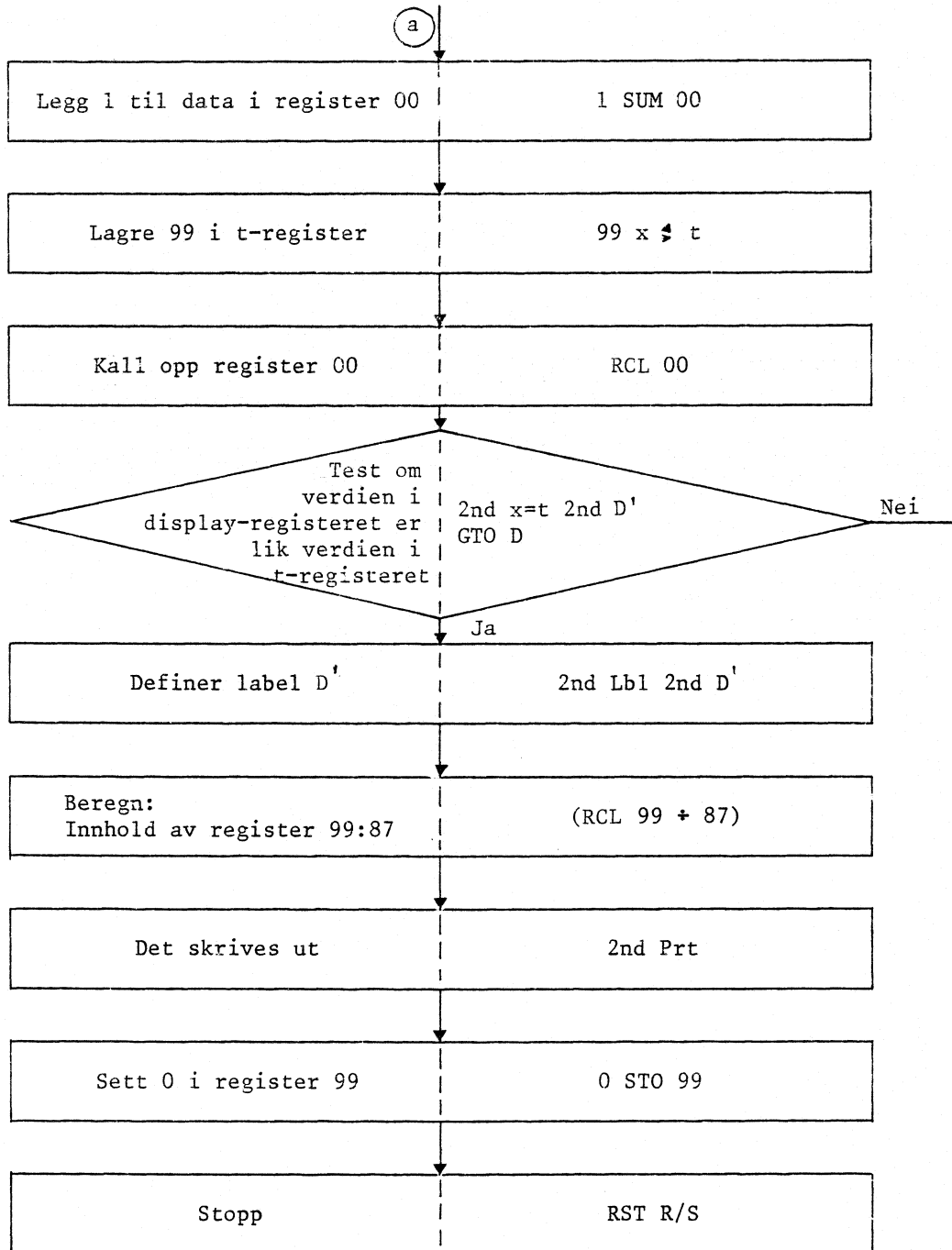
Den samme prosessen gjentas for alle datasett (forekomster) og første register får da innholdet $(a_1+b_1+c_1+ \dots+n_1)$, andre register $(a_2+b_2+c_2+ \dots+n_2)$ osv.

Helt til slutt eller når en ønsker en utskrift av innholdet i disse registrene sørger en for at første test får positivt utfall. Av disse tall blir det også beregnet et gjennomsnitt.

På neste side følger programmet og en programteknisk kommentar.







Programmet aktiviseres ved at en foretar disse operasjonene:

```
10  2nd  Op   17
CLR
INV  2nd  Stflg  0
2nd  A'

Starttall  R/S
gjennomsnitt  R/S
maksimum  R/S
```

Starttallet er et tilfeldig tall mellom 0 og 199017 som velges forskjellig for hver simulering. Etter første simulering gjentas bare 2nd A' samt nytt starttall, R/S og de nye gjennomsnitts- og maksimumsverdiene med R/S etter.

Etter siste simulering eller når en ønsker en sum av de genererte tall utføres:

```
2nd  Stflg  0
2nd  A'
```