

POSTEC

A programme of research in POWder Science and TEChnology

No. 12 April 1993

Newsletter



**English and
Norwegian
Edition**

**A Report on Powder Technology
Research in Norway coordinated by:
Powder Science and Technology Research A/S
Kjoelnes Ring, N-3914 Porsgrunn, Norway**

What is POSTEC-Research?

Powder Science and Technology Research A/S, POSTEC-Research, was founded in August 1988 to carry on the research activities in Powder Technology that had been initiated in the 1960's at Chr. Michelsen Institute in Bergen. It is owned directly or indirectly by Telemark County, via the Scientific Foundation Tel-Tek and The Telemark Business Fund. Most of the equipment it has at its disposal, as well as the facilities in which they are installed, are owned by the Telemark Institute of Technology (TMIH). Its statutes forbid the payment of dividends, and it has been recognised by the tax authorities in Telemark as an idealistic company exempt from corporation tax. The company's objectives are:

“Carry out research, development and consultancy in the field of powder technology, and undertake related activities.”

Hva er POSTEC-Research?

Powder Science and Technology Research A/S, POSTEC-Research, ble stiftet i august 1988 for å videreføre forskningsaktivitetene innen pulverteknologi som Chr. Michelsens Institutt i Bergen i 60-årene igangsatte. Selskapet er eid direkte eller indirekte av Telemark Fylke gjennom forskningsstiftelsen Tel-Tek og Telemark Næringsfond. Utstyr som selskapet disponerer og lokalene hvor utstyr er plassert, er i stor grad eiet av Telemark Ingeniørhøgskole (TMIH). Vedtektene forbyr utbetaling av utbytte, og lokale skattemyndigheter har akseptert selskapet som ideelt med fritak fra selskaps-skatt.

Selskapets formål er:

“Å drive forskning, utvikling og rådgivning innen pulverteknologi, forvalte resultater av disse virksomhetene og drive annen beslektet virksomhet.”

Contact persons in POSTEC-Research:

Silo Design

Segregation

Silo/Feeder Interfaces

Bulk Powder Properties

Particle Size Analysis

Electrostatics

Production of Fine Powders/Narrow Size Fractions

Pneumatic Transport

Gisle G. Enstad

Gisle G. Enstad

Sunil R. de Silva

Wenche H. Bergland

Wenche H. Bergland

Sivert Ose

Sunil R. de Silva

Geir I. Landmo



In This Issue

The Newsletter

The POSTEC Newsletter, no. 12 - April 1993 - is a report on research in Powder Science and Technology in Norway. The report is compiled by POSTEC-Research.

The Newsletter is published semi-annually and distributed free of charge to everyone who indicates an interest. Readers may request a free copy of the Newsletter by phoning us or by filling in the enquiry form at the end of this Newsletter.

Articles, advertising material and letters may be sent to the editors. However, the editors cannot guarantee publication, or the return of material, unless agreed in advance.

Editors: Sunil R. de Silva and Victor Skimmeland.

Nyhetsbrevet

POSTEC Newsletter, nr. 12 - April 1993 - er en rapport fra forskning innen pulverteknologi i Norge. Rapporten er sammenstilt av POSTEC-Research.

Nyhetsbrevet utgis to ganger hvert år og distribueres uten kostnader til enhver som indikerer interesse. Lesere kan gjerne tegne gratisabonnement på Nyhetsbrevet ved å ringe oss eller ved å fylle ut svarskjemaet i siste seksjon av Nyhetsbrevet.

Artikler, annonsemateriell og brev kan sendes til redaksjonen. Imidlertid garanterer ikke redaksjonen for publisering eller retur av materiell som ikke er bestilt på forhånd.

Redaksjon: Sunil R. de Silva og Victor Skimmeland.

Editorial and Advertising:

Powder Science and Technology

Research A/S

Kjølnes Ring
N-3914 Porsgrunn
Norway

Phone: +47 3 559344

After 3rd June: +473 555 9344

Fax: +47 3 559630

After 3rd June: +473 555 9630

Contents / Innhold:

Editorial	4
<i>First in research, across all borders, for profit and fun!</i>	
Personnel	6
<i>Time for updates on personnel</i>	
News	7
<i>Lots of Good News for Powder Technology!</i>	
Activities 1993	9
<i>Research Budgets</i>	
Current Research	11
<i>Powder Flow - Phase 2</i>	
<i>Pneumatic Transport Takes Off!</i>	
<i>Segregation</i>	
<i>Air Classification</i>	
<i>Electrostatics</i>	
Tel-Tek	24
<i>Computer Simulations</i>	
Publications and Reports	26
<i>Order Form</i>	
Services and Charges	28
<i>Standard Services at Affordable Prices!</i>	
Enquiry Form	30
<i>Do you want more information about certain topics?</i>	
POSTEC Members and Contact Persons	31
<i>For your reference...</i>	

Still not a regular?

This issue of the POSTEC Newsletter is being sent to a number of persons who do not get it on a regular basis. If you are among those who do not get your own free copy regularly, please fill in the form on page 30 and return to us by fax or mail. We will then put you on our mailing list. Please also indicate areas of interest and ensure that your address is sufficient for your mail service to find you.

Editorial

First in research, across all borders, for profit and fun!

Gisle G. Enstad

A few years ago, I was fortunate enough to participate at a management course at the research institute where I was then an employee. As is usual at such courses, the sessions alternated between group discussions and plenary meetings. When the groups were given the task of coming up with a business idea for the institute, I was selected to be the spokesman for my group. As it happened, the group meeting I led became more and more boisterous, with one humorous suggestion following the other. I soon gave up even the pretense of having control over it.

The result of the group's discussion were the three sentences quoted above. The other groups had approached the task far more seriously, and had come up with well formulated, serious, suggestions. It was, however, our suggestion from the effectively leaderless group that found favour in the plenary session! Unfortunately, it was then modified a great deal in later discussions. Particularly the last word suffered as a result of the institute wishing to be perceived as being serious.

I believe, however, that the suggestion should have been accepted in its entirety, and that particularly the last word should have been retained. I suggest therefore that we now adopt it as the business idea for POSTEC-Research, a suggestion I shall justify as follows:

First in research...

It would be presumptuous of us to claim that we are always first in research. It must, however, always be our aim to be at the forefront of our type of research, and to exert ourselves to ensure that knowledge in relation to powder technology constantly increases.

...across all borders...

We will not let boundaries hinder us from exchange of ideas or knowledge with others. Neither national, cultural or scientific borders should prevent us from developing the contacts that are so necessary for further developments. I believe that the large number of contacts we have interna-

Først i forskning, på tvers av grenser, til gagn og glede!

Gisle G. Enstad

For noen år siden hadde jeg gleden av å delta på et lederkurs for forsknings-instituttet jeg den gang arbeidet for. Som vanlig på slike kurs, vekslet det mellom gruppearbeid og framføringer i plenum. Da gruppene fikk i oppdrag å utarbeide en forretningside for instituttet, falt det på meg å være ordstyrer for gruppen hvor jeg deltok. Møtet utviklet seg imidlertid i en ganske munter retning, hvor den ene morsomheten fulgte den andre. Jeg gav til sist opp forsøkene på noen strukturert ledelse av møtet.

Resultatet fra dette møtet ble de tre setningene som er gjengitt som overskrift for denne artikkelen. De andre gruppene hadde gjort langt mer grundige arbeider, og leverte velbegrunnede, seriøse forslag. Likevel var det resultatet fra det uregjerlige møtet som i hovedsak ble antatt som forretningside. Dessverre

ble det pyntet en del på. Spesielt gikk det ille med det siste ordet, som ble fjernet, for at instituttet fortsatt skulle kunne bli seriøst oppfattet.

Jeg synes imidlertid forslaget er best i sin opprinnelige form: spesielt er det viktig å ha med det siste ordet. Jeg vil derfor foreslå at disse setningene skal være POSTEC-Research sitt motto, noe jeg her skal begrunne nærmere:

Først i forskning...

Det vil være hovmodig av oss å påstå at vi alltid er først i den forskningen vi bedriver. Det er likevel vår målsetning å være helt i forskningsfronten og bestrebe oss på at våre resultater er med på å bringe kunnskapene på våre felt innenfor pulverteknologi stadig videre fremover.

...på tvers av grenser...

Vi vil ikke la grenser hindre oss i å utveksle kunnskap og impulser med andre. Hverken landegrenser, kulturelle grenser eller faglige grenser skal stenge oss ute fra den kontakten som er så viktig for all utvikling. Jeg tror det store kontaktnettet vi har over hele verden, og de mange



Prof. Gisle G. Enstad



Editorial - (Contd.)

tionally, and the many nationalities represented both in our staff and students, prove that we fully implement this component.

...for profit...

Profit is the final objective of all our actions. The knowledge we develop, and the results we achieve, should, of course, profit our customers and society generally. They also profit us in terms of increased competence and experience, and lead to increased opportunities for new contracts.

...and fun!

However, the most important point is the fun we have in performing all these contracts. When we succeed in solving a problem, there is a reason for enjoyment - both on our part and on the part of our customers.

In the long term our efforts will contribute to improving living standards for larger and larger groups of people. Even if an improvement in living standards doesn't necessarily lead to an increased enjoyment of life per se, it is still an important element, which would be an even greater contributor if we human beings could divide our wealth with one another in a more rational manner.

Enjoyment of what we do is, however, what really drives us. Without it we could not possibly maintain the kind of effort we put into our work for any great length of time. Research is not an 8-4 job, it is a full-time occupation which can become very nearly an obsession.

It is seldom - or never - that new and revolutionary ideas appear of themselves. A long time of effort and experience is necessary. Only then do the good solutions become clear, and provide a return in enjoyment for the long years of effort. Those who have, at the cost of tears and sweat, succeeded in solving a problem, considered unsolvable by others, will know what I mean!

If we return again to the course where the business idea was first suggested, we see how important joy in the things we do are. I do not believe that the other groups had half the fun in performing their tasks as we did. Here there were no limitations or reservations, no one felt that they should restrain themselves from saying what they wanted to, everything was uncontrollably enjoyable! The result was a creativity that surpassed the efforts of the other groups, which followed a set of pre-conceived rules.

No commands, threats or rewards can provide the motivation and creativity for the efforts necessary for the production of results with a real, long term, value. Only enjoying what we do, and the satisfaction we have from success, can provide the necessary effort.

The word **fun** is thus the most important one in our business idea. First in research, across all borders, for profit and **fun!**

nasjonalitetene som er representert ved våre ansatte og studenter som deltar i vår forskning, er et bevis på at vi følger dette mottoet.

...til gagn...

Gagn er formålet med alt vi gjør. Kunnskapene vi frembringer og løsningene vi utarbeider skal først og fremst være til gagn for våre oppdragsgivere og for samfunnet forøvrig. Vellykkede oppdrag gir oss i sin tur økt kompetanse og økte muligheter for nye oppdrag. Til gagn både for oppdragsgivere og oss selv.

...og glede!

Det viktigste er likevel gleden vi håper vår virksomhet skal kunne bidra til. Når et oppdrag lykkes, er det selvsagt grunn til å glede seg over det, både for oppdragsgiver, og for oss selv.

På litt lengre sikt vil vår virksomhet være med på å heve den materielle levestandarden for større og større befolkningsgrupper. Selv om det har vist seg at økt materiell levestandard i seg selv ikke automatisk fører til økt glede eller lykke, vil jeg tro det er et viktig grunnlag for glede i mange sammenhenger. Det kunne vært det i langt flere, om vi mennesker hadde lært å dele våre goder med hverandre på en mer fornuftig måte.

Gleden er likevel trolig viktigst for oss selv. Uten den, kunne vi neppe klart å drive virksomheten slik vi gjør særlig lenge. Forskning er ingen 8 - 4 jobb, det er et fulltids-engasjement som av og til kan nærme seg en besettelse.

Det er meget sjelden - for ikke å si aldri - at viktige nye oppdagelser av banebrytende betydning kommer tilfeldig. Lang tids konsentrasjon og innlevelse i problemstillingene kreves. Først da kan de virkelig gode løsningene komme, og det fører til en ubeskrivelig glede for den som endelig får lønn for strevet. Den som har opplevd gleden ved å løse et problem som syntes umulig å løse, og som har kostet både svette og tårer, vet hva jeg mener.

Ser vi tilbake på lederkurset hvor mottoet ble til, illustrerer det også betydningen det har å finne glede ved det vi gjør. Jeg tror ingen av de andre gruppene hadde slik glede av å løse oppgaven som vår gruppe. Her var det ingen hemninger, ingen følte at de måtte holde noe forslag tilbake, og alt var bare ustyrtelig morsomt. Og resultatet var en kreativitet som overgikk de andre gruppene, som fulgte et mer formelt mønster.

Ingen kommando, ingen belønning, ingen trusler kan gi den motivasjon og kreativitet som kreves for å kunne yte en innsats som gir resultater av virkelig varig verdi. Bare gleden ved det vi gjør, og tilfredsstillelsen ved å lykkes, kan drive dette verket.

Derfor er ordet **glede** det viktigste i vårt motto:

Først i forskning - på tvers av grenser - til gagn og **glede!**



Personnel

POSTEC-Research is an organization with a stable core of permanent staff and a number of students and temporary personnel coming and going. In our April 1992 edition of the Newsletter we presented the entire POSTEC staff. We will therefore only give an update in this issue of the Newsletter but stay tuned - as they say - a full presentation of the staff is due in the autumn edition this year. But now to the updates....

Sunil de Silva Celebrates 50th Birthday - Again and Again!

Sunil de Silva celebrated his fiftieth birthday, not once but three times, in January. First he celebrated it with family and friends in Sri Lanka on the actual day (the 13th), then returned to Norway on the 15th to celebrate again, with 50 honoured guests - among them employees and friends - at an arrangement his secretaries had set up at the Kjølnes Technology Centre (He was only presented with the bill afterwards). Still not quite satisfied, he turned a meeting of the European editorial board of KONA into a third celebration. Hosokawa Micron International helped with the expenses of the third celebration which was attended by six prominent professors of powder technology from Europe (Davidson, Cambridge; Forssberg, Luleå; Large, Compiegne; Löffler, Karlsruhe; Schubert, Freiberg; and Schwedes, Braunschweig). Siegfried Bernotat, an old friend of Sunil's, joined in two of the celebrations!

If some people are wondering why Sunil's reports have been late, now they know!

* * *

Manjunath and Maltby to Industry

As a result of intensive efforts in the autumn of last year by **Arne Sekkelsten** of Norsk Hydro's Research Centre and our **Dr. Manjunath** (with a little help from Sunil de Silva), Norsk Hydro's many divisions were able to identify a series of projects in which several divisions had a common interest. An application is being prepared for submission to the Research Council of Norway (NFR) for national support for the research effort necessary. **Leif Næss** has been given overall responsibility of this task.

Norsk Hydro has offered Dr. Manjunath a temporary assignment for a period of one year to help Arne Sekkelsten coordinate the research projects which will largely be carried out at POSTEC-Research. He started at Hydro's Research Centre on March 1. If the project is successful he will remain there permanently.

Lars Petter Maltby is very near the completion of his doctoral thesis, which he hopes to submit in June/July. He is the first, of what is hoped will be many, doctorates at POSTEC-Research. To prove that he has learned to plan the future, he has applied for and been offered a job as a senior engineer at Norton, Lillesand - one of our long time supporters. We have no doubt that Lars Petter's doctorate

will be a good one, and we hope that Norton will appreciate him as much as we have when he gets there!

Lars Petter and Manju are no less the products of the high quality research effort we try to maintain in Norway, than the reports we write for our customers. We hope industry will accept that their POSTEC contributions are essential to the maintenance of high standards, and that our national research council will also regard our contribution of highly trained and motivated scientists to industry as worthy of greater support than we enjoy today!

We wish them both the best of luck.

* * *

A Flood of Foreign Students!

As result of our membership in ENTRAIN, a COMETT University-Enterprise Training Partnership being coordinated by SINTEF-SI in Oslo, we have been able to afford to offer places to several European undergraduates wanting to carry out their student or diploma projects with us. Since the last Newsletter we have had:

Andreas Günther - a final year student from Braunschweig,

Jürgen Ruge - also from Braunschweig,

Frederik Leenders - from Twente, and

Cor Goelema (again!) - also from Twente

These are in addition to **Paul Ibbotson** from Loughborough who replaced **Mark Leaper** in October.

Additionally, we expect **Ulrich Bauer** from Karlsruhe, **Reiner Geier** from Kaiserslautern and **Peter Moore** from Loughborough later this year.

COMETT covers about half of the costs of these students, a contribution for which we are most grateful.

Our own **Lars Haugland** (a final year M.Sc. student from the Telemark Institute of Technology - TMIH) has left for the University of Newcastle, Australia to carry out his final year project under the guidance of Prof. **Alan W. Roberts**. We also have two of our students, **Kristin Lund Hansen** and **Øyvind Sjø**, doing their final year project with us.

These students have proved to be a most valuable resource, carrying out in-depth studies which our contract income would never allow us to attempt with staff paid at normal rates, and allowing us to build up valuable contacts

Continuation on p. 10 ...



News Items

The Department of Education grants NOK 2.500.000 for a Process Hall for Powder Technology Research

After five years of carrying out all its research activities in two *tents*, POSTEC-Research is looking forward to moving into a new process hall which is being built by the State Building and Property Directorate with funds granted by the Norwegian Department of Education. The decision by the Department was a result of the pleas on our behalf made to it by the Telemark Institute of Technology.

A preliminary sketch of the proposed building, which will be designed by the architects Børve & Borschenius, is shown on our front cover.

The main area of the building will be a process hall measuring 22,5 m x 15 m and 8 m high. It is hoped to add a block of offices and workshops to one side of the hall, but just how much can be added will depend on the cost of the actual process area. Space for about 100 m² of storage and 50 m² for noisy equipment has also been allowed for. The land on which the building will stand has been gifted to POSTEC-Research by the Porsgrunn Municipality - to whom we extend our hearty thanks.

Our principal occupation now is to stretch NOK 2.500.000 to cover all the space and things we need. We hope that the Telemark Institute of Technology will help out, as they have always done, but would also like Telemark County and our national Research Council to contribute to making the facility one in which we can realize our full potential for helping our industrial partners. Not merely from the process and metallurgical industries, but also the small suppliers of equipment - who desperately need help with both development and demonstration of their equipment. Volunteers and contributors - in cash or kind (used travelling crane, dust extraction systems, a large compressor - 1.000 Nm³/h etc. etc.) - please step forward!

The Norwegian Research Council grants NOK 7.000.000 for a Strategic Technology Programme (1993-1996)

Three years of effort at obtaining a Strategic Technology Programme to the Kjølnes area was crowned with success, when the Norwegian Research Council approved NOK 7.000.000 to support a cooperative programme in Simulation and Monitoring of Gas/Solids Systems (SMOGASOL). The cooperation will involve the Group for Simulation of Industrial Flow Processes (GISP) at Tel-Tek, the Division of Metallurgy at SINTEF and POSTEC-Research. The grant

(over four years) will support four (perhaps five) Ph.D. or dr.ing. students, of whom two will be at POSTEC-Research.

The activities planned under the programme relate to simulating of the operation of vertical air lifts and air slides, as well as the simulation of flow fields in fluid bed reactors and classifiers. The simulations will be checked against experimentally obtained results, and constantly improved, until full agreement is obtained (see elsewhere in this Newsletter for details of activities initiated).

RELPOWFLO II attracts 90 abstracts

The call for papers for our International Symposium on the Reliable Flow of Particulate Solids (see advertisement elsewhere in this Newsletter) attracted 90 abstracts from nearly all the leading powder technology research groups in the world. It has not been easy to decide which of these were actually going to be presented, but after many strong representations from eminent members of the Scientific Committee, we have decided to include 55 of these in three parallel sessions over nearly three days - Monday 23rd August to Wednesday 25th August. In addition to the 10 eminent persons who had previously agreed to present review lectures, these presentations will represent an in-depth view of current research into the flow of particulate solids.

The City of Oslo has agreed to host a reception for the participants and their spouses on Monday the 23rd, while we ourselves are organizing what we hope will be a memorable symposium dinner at Gamle Logen in Oslo on Tuesday the 24th. The final announcement is included with this Newsletter, and we hope most of our readers will think the event worth attending.

After the symposium, a bus will leave for Porsgrunn, where the EFChE Working Party on the Mechanics of Particulate Solids will have a business meeting, and POSTEC-Research will host a dinner for the members of the WP and invited guests. We hope that our process hall will be ready in time to show them around on Thursday morning.

8th European Symposium: Comminution

A call for papers for this event, which will take place in Stockholm, between May 8th and 17th, 1994 is enclosed. This is the first time this prestigious event has been held in a Nordic country.

FINAL ANNOUNCEMENT

INTERNATIONAL SYMPOSIUM

RELIABLE FLOW OF PARTICULATE SOLIDS II

(RELPOWFLO II)

(495th Event of the EFCHE)



OSLO, NORWAY, 23rd - 25th AUGUST, 1993

Organized by:

Powder Science and Technology Research A/S

Kjoelnes Ring, N-3914 Porsgrunn, NORWAY

Tel: +47 3 559344 After June 3: +473 555 9344

Fax: +47 3 559630 After June 3: +473 555 9630

On behalf of: The EFCHE Working Party
on the Mechanics of Particulate Solids



Planned Activities 1993

After canvassing of our POSTEC members, we have identified the following areas of activity for 1993.

BULK SOLIDS HANDLING

1. Development and further testing of uni- and bi- axial testers for the determination of the flow behaviour of powders. (Gisle Enstad, Lars Petter Maltby, Geir Ingvald Landmo, Gisle Knutsen, Kristin Lund Hansen, Cor Goelema.)

Budget	NOK 820.000,-
University of Lund	NOK 100.000,-
POSTEC	NOK 120.000,-
TMIH	NOK 50.000,-
Industry*	NOK 500.000,-
ELKEM	NOK 50.000,-

*Includes anticipated sales of 4 uni-axial testers to industry

2. Segregation

Comparison of results from testers under development with results from actual industrial situations. Further development of a model of heap segregation. Further simulations of air induced segregation and their verification. Investigation of percolation as a segregation mechanism. (Gisle Enstad, Jostein Mosby, Stein-Tore Johansen, Kunio Shiohara, Frederic Leenders, Technicians)

Budget	NOK 630.000,-
Nordic Fund	NOK 150.000,-
Elkem	NOK 50.000,-
TMIH	NOK 80.000,-
Industry*	NOK 350.000,-

*Includes specific projects carried out to solve actual industrial problems

3. Applications of Computer Simulations to Industrial Situations

Use of computer model to predict flow in Elkem's calcining furnace. (Gisle Enstad, Eva Hermansson, Eirik Lindberg, Technicians, Students)

Budget	NOK 520.000,-
Nordic Fund	NOK 350.000,-
Elkem	NOK 170.000,-

4. Use of Fluidization to Homogenize Silo Contents

Investigations of zones of fluidization and fluidization sequences in achieving homogenization in a silo. Test materials: S-PVC and Alumina. (K.S. Manjunath, Sunil de Silva, Wenche Bergland, Technicians)

Budget	NOK 400.000,-
Norsk Hydro	NOK 120.000,-
NFR (NTNF)	NOK 280.000,-

5. Even Discharge from Silos using Screw Type Discharge Devices

Investigation of a TUBEFEEDER for even discharge from flat-bottomed silos, and a "universal" feeder for plane symmetric silos. (K.S. Manjunath, Alan Roberts, Technicians)

Budget	NOK 500.000,-
Norsk Hydro	NOK 220.000,-
NFR (NTNF)	NOK 280.000,-

GAS/SOLIDS SYSTEMS

6. Air Lifts

Investigation of operating parameters on the capacities of air lifts using alumina and polyethene pellets as test materials. (Sunil de Silva, Gisle Knutsen, Technicians and Students), and their simulation (Bjørn Hjertager, Eirik Manger)

Budget	NOK 300.000,-
Hydro Aluminium	NOK 150.000,-
Other industry	NOK 150.000,-

7. Air Slides/Alumina Distribution

Interpretation of results obtained in earlier investigations and further tests of effect of height and width on capacity. (Sunil de Silva, Gisle Knutsen, K. S. Manjunath, Technicians) and simulations for scale up (Bjørn Hjertager, Arild Samuelsberg)

Budget	NOK 450.000,-
NFR (NTNF)	NOK 190.000,-
Hydro Aluminium	NOK 260.000,-

8. Dense Phase Pneumatic Transport

Investigation of the transportability of a range of materials in Geldart classes A, B, C and D (Sunil de Silva, Geir Ingvald Landmo, Øyvind Sjø, Svein Erlend Martinussen, Students and Technicians)

Budget	NOK 1.050.000,-
Norsk Hydro	NOK 140.000,-
NFR (NTNF)	NOK 160.000,-
SMOGASOL (NFR)	NOK 500.000,-
Industry	NOK 250.000,-

9. Air Classifiers

Investigation of the effects of flow fields and the effects on internal dispersion on the performance of centrifugal classifiers. (Sunil de Silva, Jürgen Ruge, Odd Strand, Students) and further simulation (Stein Tore Johansen, Tor Ytrehus, Stipendiate)

Budget	NOK 825.000,-
Nordic Fund	NOK 75.000,-
Industry	NOK 250.000,-
SMOGASOL (NFR)	NOK 500.000,-

Planned Activities 1993 - (Contd.)

CHARACTERIZATION

10. Electrostatic Effects in the Handling of S-PVC and other Insulating Materials

Investigation of the effects of the manufacturing process and residual moisture, as well as atmospheric conditions, on the charging of S-PVC and similar powders. Measurement of gross charge and investigation of devices for charge neutralization (Sivert Ose, Norsk Hydro Petrochemicals, Adrian Bailey)

Budget	NOK 700.000,-
Norsk Hydro Petrochemicals	NOK 600.000,-
Industry	NOK 100.000,-

11. Characterization of Powders

Size analysis, surface area, erosivity, fluidizability, electrical charging and discharging characteristics, segregation tendencies, flow properties (Wenche Bergland, Andre Øberg, Lars Maltby, Jostein Mosby, Geir Ingvald Landmo, Sivert Ose)

Budget	NOK 200.000,-
Industry	NOK 200.000,-

SUMMARY OF BUDGETS

BULK SOLIDS HANDLING

1. Testers	NOK 820.000,-
2. Segregation	NOK 630.000,-
3. Computer Simulations	NOK 520.000,-
4. Homogenization	NOK 400.000,-
5. Even Discharge	NOK 500.000,-
	NOK 2.870.000,-

GAS SOLIDS SYSTEMS

6. Air Lifts	NOK 300.000,-
7. Air Slides	NOK 450.000,-
8. Dense Phase Pn. Transport	NOK 1.050.000,-
9. Air Classification	NOK 825.000,-
	NOK 2.625.000,-

CHARACTERIZATION

10. Electrostatics	NOK 700.000,-
11. Characterization	NOK 200.000,-
	NOK 900.000,-

Total for Research Activities	NOK 6.395.000,-
Other Activities / Grants etc.	NOK 2.345.000,-
Cooperations (Partners)	NOK 1.660.000,-
	NOK 10.400.000,-
New Process Hall	NOK 1.000.000,-
Gross Turnover (Budget) 1993	NOK 11.400.000,-

...Transfers, from p. 6

with our colleagues in the universities from which they come. As **Gisle Enstad** says in his editorial, the only way in which we can ensure progress is by cooperating across borders: national, racial and scientific. Our mixed bag of students are a major factor in creating such cooperations.

Two New Ph.D. Candidates

Svein Erlend Martinussen, with an M.Sc. in physics from the University of Oslo, joined us on the 8th March. He will be working on pneumatic transport.

Odd Strand, with an M.Sc. in Mechanical Engineering from the Norwegian Institute of Technology, Trondheim, also joined us on March 22nd. Odd will work on air classification.

Both will be registered for their Ph.D.'s with universities in England - an attempt, again, to cross borders!



Current Research

POWDER FLOW - PHASE 2

A status report

(Nordic project involving POSTEC-Research, Elkem A/S Research, Chalmers and Luleå Universities of Technology, The Technical University of Denmark and the Danish Building Research Institute)

Gisle G. Enstad

Since the last Newsletter appeared, two project meetings have been held. The first was at POSTEC-Research on the 19th and 20th October, 1992, immediately before the POSTEC Annual General Meeting. Only the Norwegian and Swedish partners were present, and the discussions were primarily about the computer based flow simulation and the latest modifications to it. The second meeting was held at the Technical University of Denmark on the 25th and 26th of January 1993.

There is now agreement that the project should be extended until the end of 1994. This extension has not been formally approved by the Nordic Fund for Research and Industrial Development, but since we shall not be asking for any increase in funding, we expect the Fund to agree. Revised work plans will be submitted for final approval in the first half of this year.

The Norwegian Sub-Project

The biaxial tester...

was completely modified in 1992, as described in the previous Newsletter. The modifications have now been fully tested and have proved very successful. Whereas previously it was with great difficulty one could get **Lars Petter Maltby** to work with the unit at all, now one can hardly get him away from it! He has been working day and night, and has been paying particular attention to the effect of consolidation pressure on the bulk density and strength of compacted powders. The main test material has been the standard BCR calcite. Some of his results are shown in *Figure 1*, which shows the flow function measured by both Jenike and bi-axial testers. The lowest point measured by the bi-axial tester is lower than expected and must be further confirmed before acceptance.

The flow function shows the strength of a powder in the direction of the major consolidating stress. *Figure 1* shows, in addition, the strength measured in the direction of the minor consolidating stress. The figure shows that the latter is a lot less than the former, indicating that this type of consolidation is anisotropic, and that the strength of a compact varies with direction, something that was known

PULVERSTRØMNING - FASE 2

En statusrapport

(Nordisk prosjekt som omfatter POSTEC-Research, Elkem A/S Research, Chalmers og Luleå Tekniska Högskolor, Danmarks Tekniske Højskole og Statens Byggeforskningsinstitutt i Danmark)

Gisle G. Enstad

Siden forrige Nyhetsbrev er det avholdt to prosjektmøter. Det ene fant sted hos POSTEC-Research den 19. og 20. oktober umiddelbart før POSTEC-årsmøtet høsten 1992. Bare de norske og de svenske deltakerne var til stede på dette møtet, som konsentrerte seg om den matematiske strømningsmodellen og de siste modifikasjonene som var gjort på denne. Det andre møtet fant sted på Danmarks Tekniske Højskole (DTH) i København den 25. og 26. januar i år.

Det er nå enighet om at prosjektperioden skal utvides til den 31. desember 1994. Utvidelsen er foreløpig ikke formelt klarert med Nordisk Industrifond, men siden vil ikke vil be om noen økning av den økonomiske rammen, regner vi med at fondet vil godkjenne denne endringen. Reviderte planer til formell godkjenning vil bli sendt fondet i løpet av første halvår.

Det norske delprosjektet

Biaxialtesteren...

gjennomgikk en betydelig ombygning i 1992, slik det ble rapportert i forrige Nyhetsbrev. Siden den gang er modifikasjonene blitt testet, og konklusjonen er at ombygningene som er gjort denne gangen, har vært meget vellykkede. Mens det tidligere kunne være en til dels frustrerende oppgave å bruke testeren, har det vært nesten umulig å rive **Lars Petter Maltby** løs fra testeren etter at den ble ferdig. Han har kjørt forsøk både dag og natt, og har sett på hvordan tetthet og styrke avhenger av konsolideringspenningene. Pulveret han har testet, er standard kalsitt fra BCR. Et eksempel på noen av resultatene han til nå har fått er vist i *figur 1*, som viser den tradisjonelle sviktfunksjonen målt med både biaxialtesteren og Jenikes skjærcelle. Det laveste punktet målt med biaxialtesteren ligger noe lavt i forhold til hva vi forventet, og vil bli undersøkt nærmere før de endelige resultatene gis ut.

Sviktfunksjonen viser som kjent styrken i retningen til den største konsolideringspenningen. I tillegg viser *figur 1* styrken målt i retningen til den minste hovedspenningen under konsolidering. Som man ser, er styrken i retningen

Current Research - (Contd.)

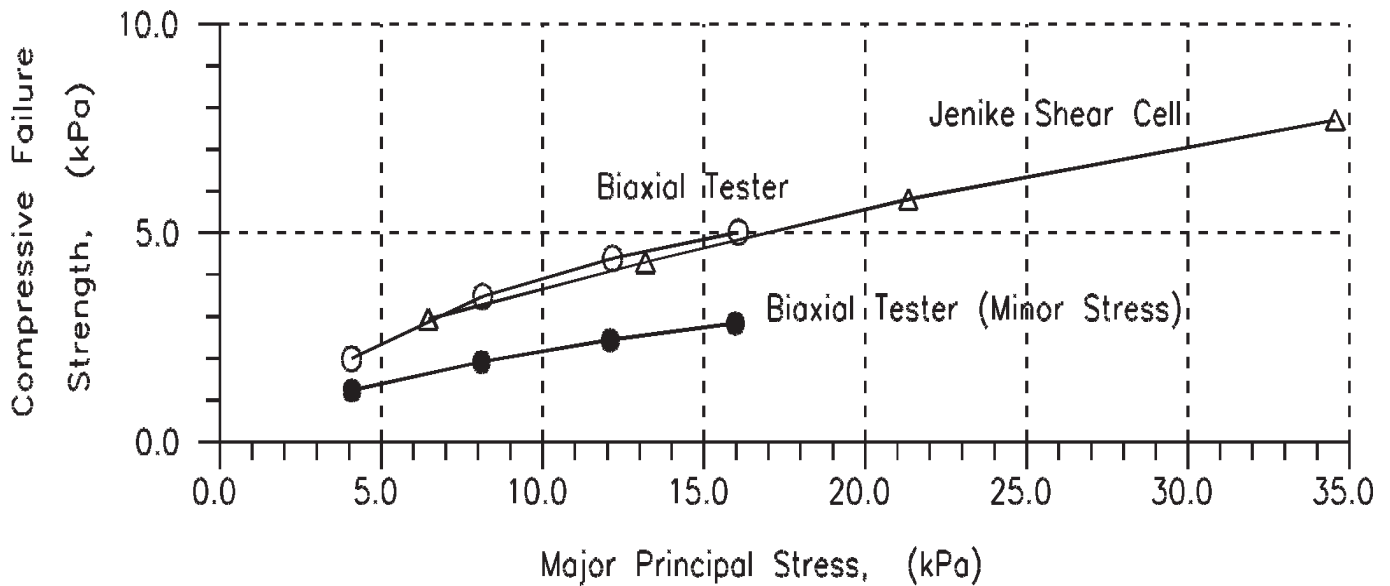


Figure 1. The flow function for standard calcite from BCR, tested with the Jenike shear cell and the modified bi-axial tester. In addition, the strength measured in the direction of the smallest consolidating stress is shown. Sviktfunksjonen for standard kalsitt fra BCR, testet i Jenikes skjærcele og i den modifiserte biaxialtester. I tillegg er styrken målt i retning av minste konsolideringsspenning vist.

before but was not easily quantifiable. This is but one example of the type of result one can obtain with the modified tester. Lars Petter has a number of other interesting discoveries, which he is in the process of analysing. These will be published in the next issue of the Newsletter.

Kristin Lund Hansen has started her final year project on the bi-axial tester. The title of her report will be *"The Direct Determination of the Flow Function of a Powder Using a Bi-Axial Tester"*. We hope that she will develop an optimal procedure for the determination of flow functions, and have set up a tight time table for the task.

The Uni-Axial Tester...

Work on the uni-axial tester had slowed down since the last Newsletter, but a hectic effort has again commenced. **Cor Goelema** (from the University of Twente, the Netherlands) has returned to take his final year project with us and will concentrate on extending the use of the uni-axial tester to determine time consolidation effects.

Additionally, two groups of students from the Telemark Institute of Technology have also received projects relating to the unit. The first of these will automate the test procedure. The consolidating piston will now be driven by a motor controlled by a computer. This in turn will allow consolidation and loading of the sample at different rates. Data collection will also be carried out by the computer, and it will be possible to study creep and relaxation behaviour of powders by programming the loading and unloading rates appropriately.

av den største hovedspenningen betydelig større enn i retningen av den minste. Dette betyr at pulveret etter denne type konsolidering ikke er isotropt, men har styrke som varierer med retningen i rommet. Dette var for så vidt kjent fra før, men vanskelig å kvantifisere. Dette er bare et enkelt eksempel på resultater fra den modifiserte tester. Lars Petter har en stor mengde andre resultater som han ønsker å analysere ytterligere før han gir ut flere resultater, men i neste Nyhetsbrev regner vi med at han vil redegjøre for hva han har funnet.

Kristin Lund Hansen har påbegynt hovedoppgaven sin på biaxialtester. Tittelen på oppgaven *"Direkte måling av pulveres sviktfunksjon ved hjelp av en biaxialtester"*. Vi håper at Kristin skal kunne utarbeide en optimal prosedyre for bestemmelse av sviktfunksjonen, og har satt opp en stram arbeidsplan som vi håper hun kan følge.

Uniaxialtester...

hadde det ikke vært arbeidet så mye med siden forrige Nyhetsbrev, men det er nå en hektisk aktivitet også på denne tester. For det første er **Cor Goelema** tilbake fra Universitetet i Twente, Nederland. Han vil fortsette arbeidet med å utarbeide nødvendig utstyr og metodikk for å benytte uniaxialtester for måling av tidskonsolidering av pulver. Dette vil være hovedoppgaven for hans sivilingeniørgrad i Nederland.

I tillegg har to studentgrupper fra Telemark Ingeniørhøgskole fått prosjektoppgaver på uniaxialtester. Den ene gruppen skal automatisere deler av testprosedyren. Stempelet vil bli styrt av en motor, og datainnsamlingen skal skje automatisk under hele testprosedyren. Det skal



Current Research - (Contd.)

The second group will study the design of the unit partly with a view to improving its function but mostly with a view to reducing the costs of manufacture.

It is our hope that these two groups will provide us with a functional and reasonably priced tester which will be of benefit both to us and to our many customers who have shown interest in the device for quality control purposes. Up to now 5 companies have shown such an interest but no agreements have been arrived at. A patent application has been pending for about six months and no objections have been recorded. We hope the patent will be granted this year.

The Segregation tester...

has also been very nearly perfected during the last half of 1992.

Jeroen van den Berg (from Twente) completed his final year project with an in-depth analysis of its performance, and delivered an impressive report before Christmas. He and **Jostein Mosby** carried out a huge number of tests on three different sizes of the unit, studying the effect of every conceivable parameter on its results. The final version showed a reproducibility which to our knowledge has never been achieved elsewhere.

On the flip side, however, we found it difficult to simulate the experimental results using Prof. **Kunio Shinohara's** model. We have therefore decided to suspend our further investigations of this model until Kunio finds time for a visit - hopefully at about the same time as RELPOWFLO II in August.

So far 5 companies have bought "shares" in the segregation programme. Some of these have provided us with an improved insight into matters relating to segregation, while others appear to open new avenues for investigation. We hope more and more companies will use this opportunity to solve their segregation problems. One of our major successes has been the development of a device to eliminate air induced segregation during the filling of silos, and the device has been tested successfully at two of our customers.

The Powder Flow Model...

The fluid analogy model of powder flow, developed at Chalmers Technical University, was transferred to the computers at the Telemark Institute of Technology in the autumn of 1992. The transfer was undertaken as part of a student project, which also included experimental verifications of the model's predictions using our variable geometry plane symmetric silo.

The silo was equipped with stress transducers at several levels along one wall, and data were collected and analysed using a special program developed for this purpose. Leighton Buzzard sand was used as test material.

utarbeides menyer for styring av testene. Man skal kunne velge mellom forskjellige måter å konsolidere og måle styrken på, og man vil kunne studere effekter som spenningsrelaksasjon og kryp, og få plottet de sammenhenger man ønsker å få belyst.

Den andre gruppen har fått i oppgave å optimalisere de mekaniske løsningene, både med tanke på funksjonalitet, men mest med tanke på å gjøre produksjon av framtidige testere så enkel og billig som mulig.

Vi håper disse to gruppene vil hjelpe oss å få utarbeidet en enda mer optimal tester, til glede både for oss selv og for framtidige kjøpere. Så langt har 5 bedrifter vist interesse for å anskaffe en slik tester, uten at det foreløpig er inngått noen konkrete avtaler. Patentsøknaden har nå vært inne ca. et halvt år, uten at det er fremkommet noen form for mothold. Trolig vil patentet bli gitt i løpet av 1993.

Segregeringstesteren...

er også nådd langt i perfektjonering i løpet av året som gikk. **Jeroen van den Berg** avsluttet sin hovedoppgave på denne testeren i god tid før jul, og leverte en imponerende rapport. Han og **Jostein Mosby** utførte et meget stort antall tester, og studerte alle tenkelige parametre som kunne ha betydning for segregeringen i testeren. Resultatet var en meget god reproduserbarhet, som vi ikke tror noen andre kan oppvise maken til innenfor dette vanskelige feltet.

Derimot lyktes det ikke å få tilfredsstillende resultater med Shinoharas program. Dette er derfor lagt på is så langt, og vil bli tatt opp til ny vurdering når Prof. **Kunio Shinohara** besøker oss i høst etter RELPOWFLO II, slik det nå er håp om at vi skal få til.

Det er i alt solgt 5 andeler i segregeringsprogrammet. Noen av disse andelene har gitt innpass til meget interessante problemstillinger innen segregering, noe som ser ut til å føre til nye delprogrammer innen dette området. Vi håper flere vil benytte denne muligheten til å få løst sine segregeringsproblemer. Spesielt ser det ut til at vi har funnet en god løsning på luftindusert segregering. Dette har nå vært testet med gode resultater hos to av våre kunder.

CTH-modellen...

Den matematiske modellen for pulverstrømning som er utviklet ved CTH, ble overført til TMIH's datamaskiner høsten 1992, slik det ble nevnt i forrige Nyhetsbrev. Arbeidet med å implementere programmet ble utført som et studentprosjekt, hvor det også inngikk praktisk uttesting av programmet. I den forbindelse ble det også utført et fysisk modellforsøk i vår plansymmetriske silo.

Siloen var i dette tilfellet instrumentert med spenningsmålere i flere nivåer langs den ene veggen, og dataene ble hentet inn og analysert med et spesielt dataprogram som ble tilpasset for dette formålet. Som testmateriale ble

Current Research - (Contd.)

Coloured layers of sand were used to study flow patterns, and video recordings were made of all the experiments. Four wall angles were used covering both mass- and funnel flow modes.

In order to have enough time for proper observations during a test, the outlet width was narrowed to 1,2 cm. This, however, led to difficulties with the mathematical model which predicted what appeared to be a mechanical blocking of the outlet, even though the outlet was several times larger than the minimum of 10 particle diameters normally recommended for free flowing materials. It was thus impossible to obtain any comparisons between predictions and experiment for the case of flow. In the case of filling, however, the predictions agreed reasonably well with the observed values of stresses.

Our Swedish friends explained the difficulty on the basis of too small a number of grid points used at the outlet. This leads to the blocking of the elements. The minimum number of elements to prevent blockage appears to be 10 while the simulations during the student project used only 6. A new set of calculations will now be performed with 10 elements but a problem will still be the drastically increased computational time necessary. We still hope we can succeed since the computers at TMIH have quite a large capacity and are quick.

Eirik Lindberg, lecturer at TMIH, will take over the responsibility for further development of the model at TMIH and POSTEC-Research. He was co-supervisor for the student project in the autumn. The model will next be used to simulate flow in Elkem's calcining furnaces, which is a part of the main Nordic cooperation.

SILOS - A BRITE-EURAM cooperation

SILOS is an acronym for a new project which is currently under preparation. The initiative as regards putting together this cooperation has been taken by BERTIN & Cie, a large and well known French research company, which wishes to develop an instrument for monitoring the flow in silos. The basic idea is to gather signals from e.g. stress monitors on the walls of a silo, and by an analysis of the signals to obtain information on the nature of the flow in the silo. It is hoped that the analysis can identify mass- or funnel flow, ratholing or blockage. The analysis will be undertaken using a technique called "wavelet" analysis, a technique in which BERTIN has a special competence, and which they have used for monitoring suspension and gas flows.

BERTIN & Cie has applied for BRITE-EURAM funds for this cooperation, which will include several other European organizations. POSTEC-Research will be one of the most important partners if the cooperative project is approved. If this approval is obtained, the project is expected to commence in 1994 and will last 3 years. It will be a

Leighton Buzzard sand benyttet også denne gangen. Fargede sjikt ble lagt inn for å kunne studere strømningsmønsteret, og det ble gjort videoopptak av alle forsøkene. Det ble kjørt tester med 4 forskjellige vinkler, som dekker både masse- og traktstrømningsområdet.

For å få tilstrekkelig varighet på forsøkene, ble det kjørt med en utløpsåpning på bare 1,2 cm bredde. Det viste seg imidlertid at dette førte til problemer med den matematiske modellen, som gav noe som minnet om mekanisk blokkering av utløpsåpningen, selv om utløpsbredden er mange ganger mer enn 10 ganger største partikkeldiameter. Dette førte til at sammenligningene mellom beregningene for det dynamiske tilfellet ikke ble meningsfylte. For det statiske tilfellet før utløpet ble åpnet, var overensstemmelsen mellom målte og beregnede spenninger akseptable.

Våre svenske venner har senere forklart oss at antallet elementer i utløpsåpningen var for lite. Dette fører til blokkering av elementene. Minimum for å unngå blokkering er 10 elementer, mens det under studentprosjektet bare ble brukt 6 elementer. Det vil derfor bli foretatt nye beregninger med større antall. Problemet med dette er at regnetiden øker dramatisk med økende antall elementer. Likevel er det håp om at forsøket vil lykkes, for TMIH har stor regnekraft på sine maskiner.

Eirik Lindberg, amanuensis ved TMIH, vil ta seg av den videre utviklingen av CTH-modellen ved TMIH og POSTEC-Research. Han var biveileder til studentprosjektet høsten 1992. I første omgang vil modellen bli brukt på Elkem's kalsineringsovn, som det også blir arbeidet med på dette prosjektet.

SILOS - Et BRITE-EURAM samarbeid

SILOS er et akronym for et nytt prosjekt som er under planlegging. Initiativet til dette prosjektet kommer fra BERTIN & Cie, et stort velrenommert, fransk forskningsselskap som vil utvikle et instrument for overvåkning av siloer. Grunnideen er å fange opp et signal, f.eks. fra spenningene på siloveggene. Ved å analysere dette signalet skal man kunne avgjøre om det er massestrømning eller traktstrømning i siloen. Videre vil man kunne få vite om det er fare for rottehull eller brodannelse over utløpet, eller andre ting man måtte finne av interesse. Til analysen vil de bruke en teknikk de kaller "wavelet"-analyse. Dett er en teknikk BERTIN har spesiell kompetanse på og som de med hell har benyttet ved utvikling av tilsvarende overvåkningsinstrumenter for væske- og gasstrømninger.

BERTIN & Cie vil søke BRITE-EURAM om midler til dette prosjektet, og har trukket flere europeiske bedrifter med i søknaden. POSTEC-Research vil bli en av de viktigste medspillerne dersom dette prosjektet kommer i gang. Prosjektet starter i så fall opp i 1994, med en planlagt løpetid på tre år. Det vil for en stor del kunne bygges på



Current Research - (Contd.)

natural extension of the Nordic project which has been going on for six years, but will end in 1994.

Swedish and Danish Sub-Projects

In Sweden the centre of gravity for further work on modelling has shifted to Luleå University of Technology at which **Marek Klisinski** is now a full professor. His colleague Dr. **Zolzisiek Wigckowski** will be working on a solid model for the description of the flow of cohesive solids. **Kenneth Runesson** has been appointed professor in a capacity not directly related to our efforts at Chalmers, and has no longer sufficient time to be as active in the project as he had earlier been. He will, however, continue to supervise **Eva Hermansson** who will continue the development of the fluid analogy model. She has succeeded in modifying the model to enable it to predict active and passive stress states in silos which have converging walls towards the outlet.

Our Danish colleagues have now put together the industrial support necessary to match the Nordic Fund grant, and some of the experiments carried out under phase 1 have been repeated with better instrumentation near the flat bottom of their test silo. Their latest results confirm that the mathematical model is still not able to accurately predict stress distributions in this type of silo either.

The Danes have additionally developed a moving stress transducer which can measure both normal and shear stresses in a moving powder mass. The transducer has been calibrated with both sand and flour, and will provide information on stresses within a silo, in addition to the information we now have regarding the stresses at the walls. An article about this device was sent for publication in the Geotechnical Testing Journal by Prof. **Vagn Askegaard** in January 1993.

Pneumatic Conveying Takes Off

Sunil R. de Silva

Thanks to NTN's equipment grant of NOK 1.000.000 in 1992, and the new facilities at the Telemark Institute of Technology, POSTEC-Research has been able to re-commence its activities in the field of pneumatic conveying - albeit on a modest scale. This time round, the emphasis is very much going to be on mathematical modelling. Thanks to a strategic technology programme funded by NFR (see *News*) for four years, we will at long last have the means to thoroughly analyse all the discrepancies regarding pneumatic transport that is found in the literature. NFR's grant is for research into the "Simulation and Monitoring of GAS/SOLIDS systems" (SMOGASOL).

resultater fra det nordiske samarbeidsprosjektet, og vil være en naturlig fortsettelse på dette.

Svenske og danske delprosjekter

I Sverige har tyngdepunktet for videre arbeid på modellering blitt flyttet til Tekniska Högskolan i Luleå hvor **Marek Klisinski** nå er professor i full stilling. Hans kollega dr. **Zolzisiek Wigckowski** vil arbeide med en faststoffmodell for beskrivelse av strømninger i kohesive materialer. **Kenneth Runesson** er utnevnt til professor ved Chalmers på et område ikke direkte knyttet til vår forskning, og vil ikke lenger ha tilstrekkelig med tid til å være så aktiv i prosjektet som han tidligere var. Han vil imidlertid forsette å veilede **Eva Hermansson** som fortsetter utviklingen av CTH-modellen. Hun har lykket med å modifisere modellen slik at den kan forutsi aktive og passive spenninger i siloer som har sammenløpende vegger mot utløpet.

Våre danske kollegaer har nå samlet tilstrekkelig industriell støtte til "matching" av Nordisk Industrifonds bevilgning, og enkelte eksperimenter som ble utført under fase 1 er gjentatt med bedre instrumentering nær bunnen av deres flatbunnede testsilo. Deres siste resultater bekrefter at den matematiske modellen fremdeles ikke kan forutsi spenningsfordeling med tilstrekkelig sikkerhet for denne typen silo.

Danskene har i tillegg utviklet en bevegelig spenningstrykkmåler som kan måle både normale- og skjærspenninger i en bevegelig pulvermasse. Trykkmåleren er kalibrert både med sand og mel og vil bidra med informasjon om spenninger i en silo, i tillegg til den informasjon som nå er tilgjengelig for veggspenninger. En artikkel som behandler denne enheten er avsendt for publisering i Geotechnical Testing Journal av Prof. **Vagn Askegaard** i januar 1993.

Pneumatisk transport tar av

Sunil R. de Silva

Takket være NTN's utstyrsbevilgning på NOK 1.000.000 i 1992, samt de nye fasilitetene ved Telemark Ingeniørhøgskole, er POSTEC-Research nå i stand til å gjenoppta samtlige aktiviteter innenfor området pneumatisk transport - om ikke annet så i hvert fall i en beskjeden skala.

Denne gangen er vekten i hovedsak lagt på matematisk modellering. Takket være et strategisk teknologiprogram støttet av NFR (se avsnittet *News*) over en fireårsperiode, har vi endelig fått muligheten til gjennomgående analyser av samtlige uoverensstemmelser innen pneumatisk transport som man finner i litteraturen.

NFR's støtte gis for forskning rettet mot "Simulering og overvåking av gass/faststoff-systemer" (SMOGASOL).

Current Research - (Contd.)

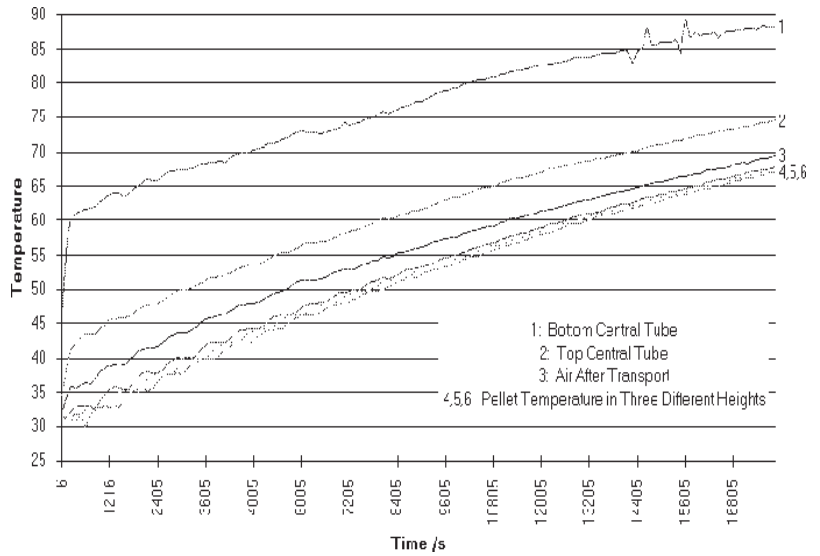
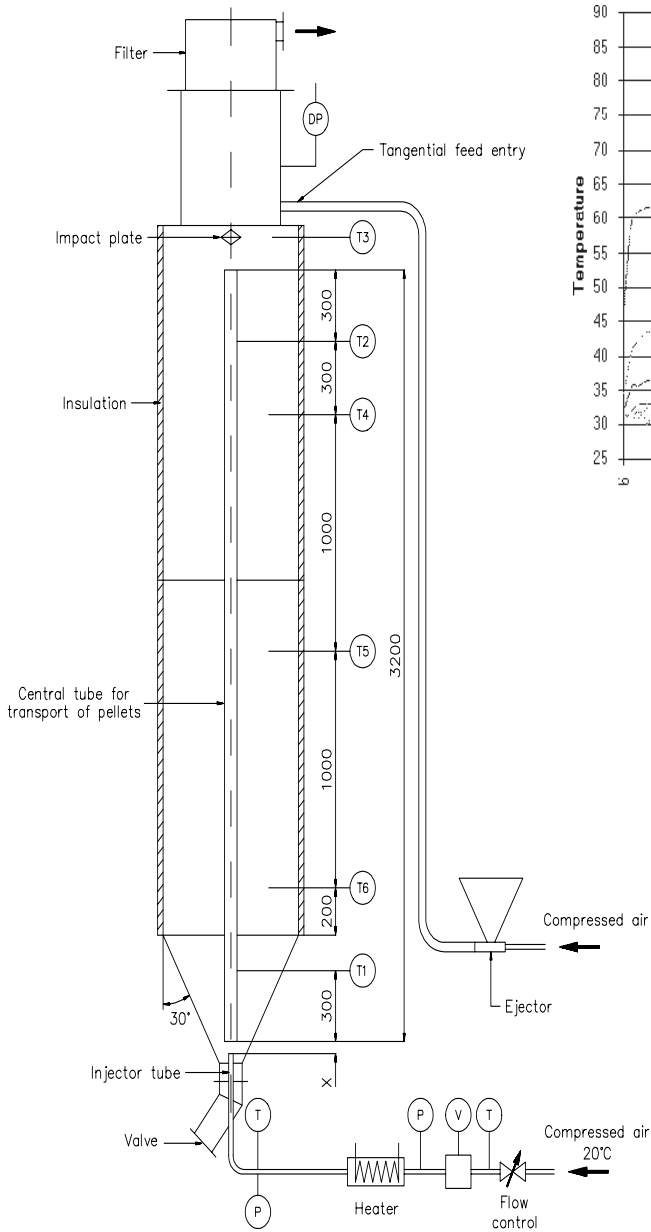
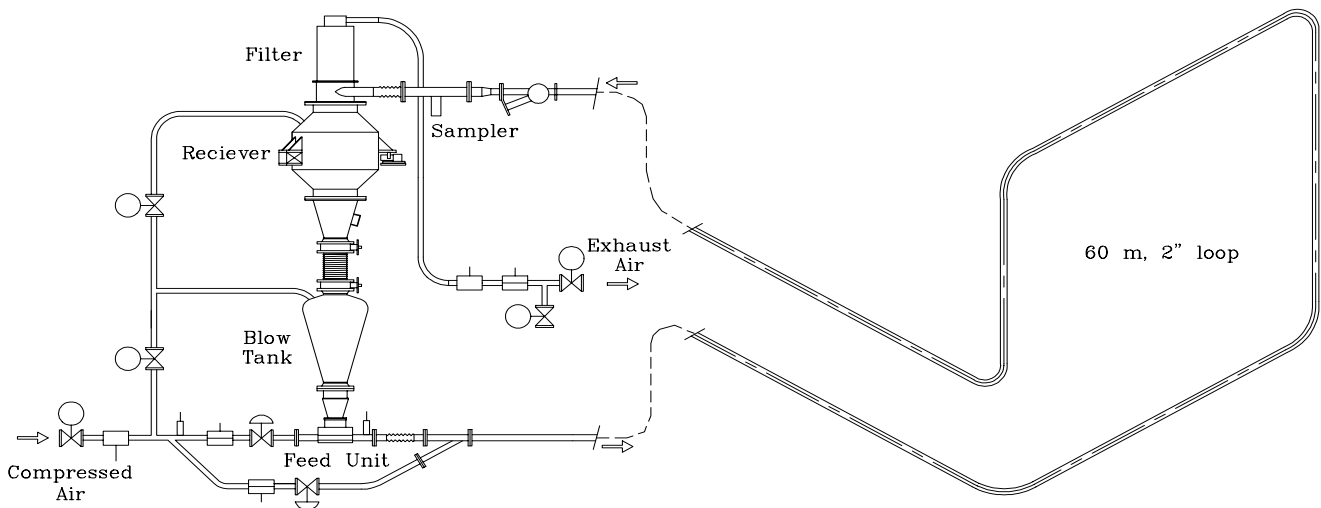


Figure 2. Small scale silo used in testing an air lift for the conditioning of silo contents. Småskala silo benyttes til utprøving av vertikalløfter for kondisjonering av siloinnhold. (Left)

Figure 3. Temperature rise of pellet mass as a function of time. Temperaturøkning i pelletmasse som en funksjon av tid. (Upper right)

Figure 4. Small pneumatic conveying facility available at POSTEC-Research. Liten pneumatisk transportrigg ved POSTEC-Research. (Bottom)



Current Research - (Contd.)

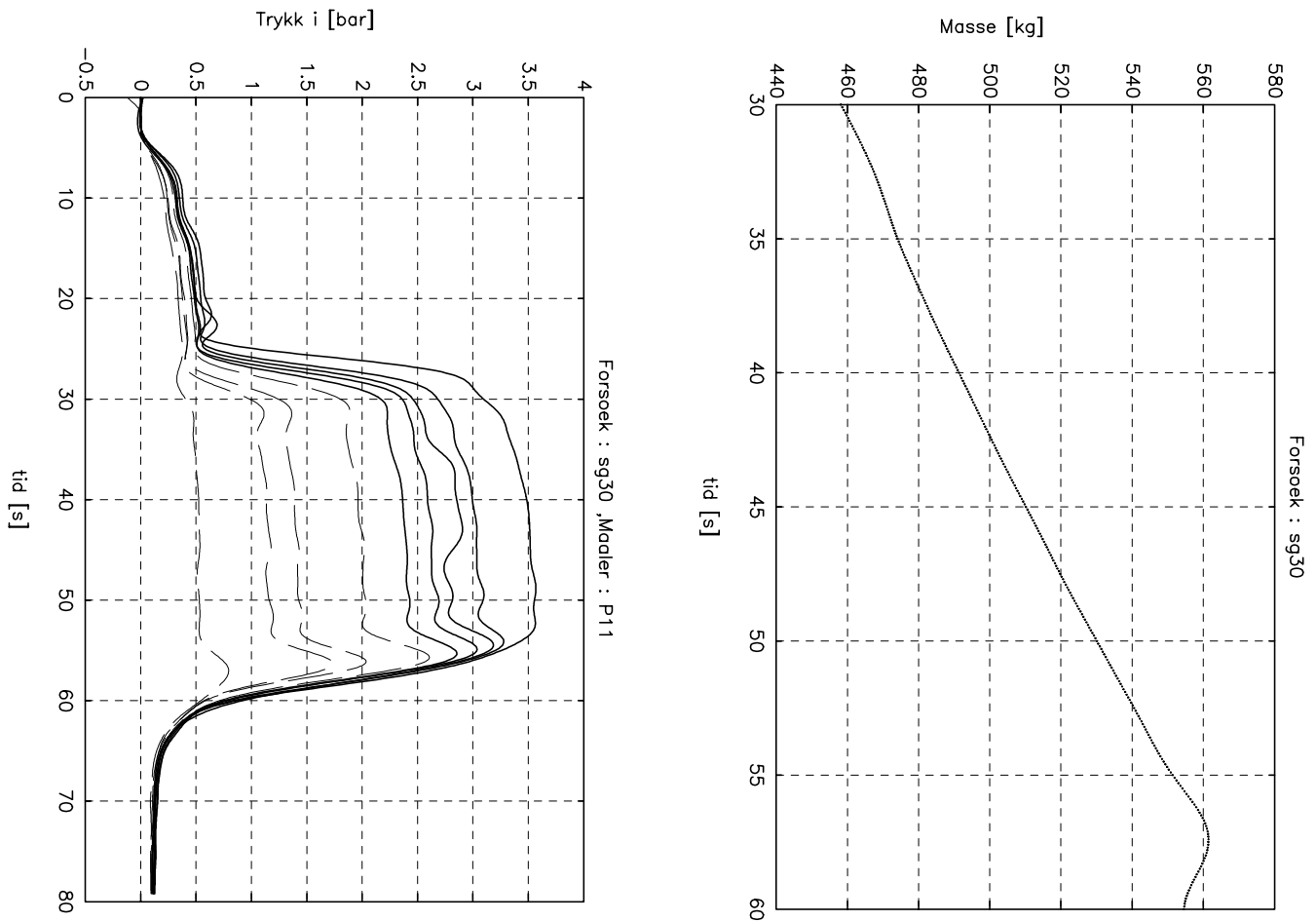


Figure 5. Presentation of data collected during a run on the pneumatic conveying rig. (a) Pressure Signals. (b) Transport rate. Presentasjon av data samlet under kjøring av den pneumatiske transportriggeren. (a) Trykksignaler. (b) Transportrate. (a - left, b - right)

At POSTEC-Research the grant will be used to study pneumatic transport and air classification. The simulations will be carried out by the Group for the Simulation of Industrial Flow Processes (GISP) at Tel-Tek, under the leadership of Prof. **Bjørn H. Hjertager** (pneumatic transport) and the simulation group at SINTEF's Division of Metallurgy under the leadership of Dr.techn. **Stein Tore Johansen** (air classification).

Vertical Air Lifts

One of the first projects under the new cooperation, will be the simulation of vertical lifts, using air as the driving medium. Such units are a promising alternative to bucket elevators, and have been used for many years in e.g. the aluminium industry. Very little research appears to have been done, and no papers on optimizing these units have been found in the literature.

An additional use for such units could well be as conditioning devices in silos, where silo contents could be

Ved POSTEC-Research vil bevilgningen benyttes til å studere pneumatisk transport og vindsikting. Simuleringer utføres av Gruppe for Simulering av Industrielle Strømningsprosesser (GISP) ved Tel-Tek under ledelse av prof. **Bjørn H. Hjertager** (pneumatisk transport), samt simuleringsgruppen ved SINTEF's Avdeling for Metallurgi under ledelse av dr.techn. **Stein Tore Johansen** (vindsikting).

Vertikalløftere

Et av de første prosjektene under det nye samarbeidet vil være simulering av vertikalløftere med luft som drivende kraft. Slike enheter er lovende alternativ til begerverk og har vært benyttet gjennom en årrekke i f.eks. aluminiumsindustrien. Svært lite forskning synes imidlertid utført, og det er ikke funnet noen publikasjoner vedrørende optimalisering av slike enheter.

En utvidet bruk av slike kan videre være som kondisjoneringsinnretninger i siloer, hvor siloinnholdet

Current Research - (Contd.)

conditioned by the driving air, in in-silo homogenization, or in keeping the contents of a silo in continuous motion. In a recent exploratory project, we have been looking at the feasibility of conditioning polythene pellets using such a device. The experimental work was carried out as a student project by **Andreas Günther** of Braunschweig, while **Eirik Manger** and **Arild Samuelsen** of GISP have, in parallel been developing a computer model. The first experiments were carried out in the silo shown in *Figure 2*, and the increase in pellet temperature is shown in *Figure 3*.

This project has so far been funded by Statoil Petrochemicals, which wishes to investigate the feasibility of the idea for implementation in their 3,5 m diameter, 16 m high silos. Further work on model development will be necessary before scale-up factors can be confidently established.

A project on using air lifts for the vertical transport of alumina is under preparation and will be carried out in the spring. Again a simulation is being attempted, which is described elsewhere in this Newsletter.

Dense Phase Transport

The rig shown in *Figure 4* was commissioned in the autumn, and a student project employing 5 M.Sc. students from the Telemark Institute of Technology was designed to devise a data collection and presentation programme, as well as to carry out preliminary evaluations of the links between material properties and transportability. Regrettably, the compressor capacity available was found to be inadequate and the students only managed to perform part of their tasks.

They did succeed in creating a data collection programme, which presents results in a way required for further analysis, and *Figure 5* is a typical example of a presentation.

The rig satisfies a long felt need for a facility on which industrial pneumatic transport systems can be investigated and optimized. A number of such investigations are planned for Elkem Aluminium (silicon), Norsk Hydro-Petrochemicals (P-PVC), Unger Fabrikker, Statoil (polyethene pellets) and Norsk Iskrem (Ice cream ingredients) - but these are just the tips of the ice-berg. **Øyvind Sjo** of TMIH will carry out his final year project on an in-depth examination of the transport of polyethene pellets. A full time Ph.D project will begin in the area in the spring.

Air Slides

Off and on, we have been working very closely with Hydro Aluminium on developing both distribution and feeding systems for alumina to the electrolysis halls. The distribution is being carried out using a modified air slide developed by **Bernt Nagell** for which Hydro is seeking patent protection. Our contribution has been extensive testing of the slide and establishing its capacity over long

kan påvirkes av drivluften, ved homogenisering i siloen eller ved å holde siloinnholdet i konstant bevegelse. I et undersøkelsesprosjekt som nylig er gjennomført har vi sett nærmere på hvor gjennomførbar en kondisjonering av plastpellets vil være med slikt utstyr. Det eksperimentelle arbeidet ble utført som et studentprosjekt av **Andreas Günther** fra Braunschweig, mens **Eirik Manger** og **Arild Samuelsen** fra GISP parallelt har utviklet et simuleringsverktøy. De første eksperimentene ble utført i siloen vist i *figur 2*, mens temperaturøkning for pellets er vist i *figur 3*.

Dette prosjektet er så langt støttet av Statoil Petrokemi som ønsker å undersøke om en implementering i deres siloer med dimensjoner 3,5 m dia, 16 m høy er gjennomførbar. Ytterligere arbeid med utvikling av en modell er nødvendig før oppskaleringfaktorene kan fastsettes med rimelig sikkerhet.

Et prosjekt for bruk av prinsippet i vertikal transport av alumina er under forberedelse og vil ferdigstilles i løpet av våren 1993. Nok en gang vil vi forsøke å gjennomføre en simulering (som er beskrevet annet sted i Nyhetsbrevet).

Tettstrømstransport

Riggen som er vist i *figur 4* ble tatt i bruk høsten 1992, og et studentprosjekt med 5 siv.ing.-studenter fra Telemark Ingeniørhøgskole ble gjennomført for å utarbeide et program for innsamling og presentasjon av data. Prosjektet skulle også gjennomføre foreløpige evalueringer av sammenhenger mellom materialegenskaper og transportabilitet. Dessverre viste kompressorens kapasitet seg å være utilstrekkelig, og studentene kunne således bare gjennomføre deler av prosjektet.

Studentene lykkes imidlertid med å konstruere et datainnsamlingsprogram som presenterer resultater for videre analyse, og *figur 5* viser et typisk eksempel på en slik presentasjon.

Riggen tilfredsstillende et lenge følt behov hvor pneumatiske transportsystemer tilsvarende de som benyttes i industrien kan undersøkes og optimaliseres. En rekke slike undersøkelser er planlagt utført for Elkem Aluminium (silisium), Norsk Hydro Petrokemi (P-PVC), Unger Fabrikker, Statoil (polyeten pellets) og Norsk Iskrem (råstoffer til iskremproduksjon) - men dette er bare toppen av isfjellet. **Øyvind Sjo** fra TMIH vil utføre diplomprosjektet sitt med en grunnleggende undersøkelse av transport av polyeten-pellets. Et doktorgradsprogram vil videre bli igangsatt til våren.

Luftrenner

Fra tid til annen har vi hatt et meget tett samarbeid med Hydro Aluminium innen utvikling av både fordelings- og matesystemer for alumina i elektrolysehaller. Fordelingen utføres ved hjelp av en modifisert luftrenne utviklet av



Current Research - (Contd.)

distances. One of the most important of our discoveries to-date has been that these slides can be operated at inclinations as low as 1° (over short distances even lower!), and a 90 m slide at Hydro Årdal's Technology Centre has now been operating satisfactorily for over one year. Further work on these units involves the development and testing of a computer simulation. We hope to finish this last phase of the project in the course of this year.

In addition to our work on the slide, we have cooperated with Hydro Aluminium in developing a point feeder (an idea also originating from Bernt Nagell) and a coarse fraction separator. 16 of the prototype feeders have been installed on the Söderberg cells in Karmøy and are working well after over a year. The coarse fraction separator (capable of handling 50 t/h) has been installed at Årdal Technology Centre and has worked satisfactorily for nearly six months. The daily carry over of alumina is only of the order of a few kg. Patent protection is being sought for both devices.

The idea behind the coarse separator is being further developed, and we believe it has potential for use in also the primary alumina systems, and for other materials.

SEGREGATION

Jostein Mosby

In the second half of 1992 we had a student from the University of Twente in Holland with us. The student, **Jeroen van den Berg**, carried out his final year project in segregation, involving both simulations and experiments.

A new version of the segregation tester has been finished. This is a smaller unit of the one showed in our Newsletter of April 1992. A schematic picture is shown in *Figure 6*.

The heap length for this tester is a maximum of 63 cm, and the tester is equipped with 9 sample takers. The fine - or the segregating component - and the coarse component, are fed separately. One may also feed a mixture directly but one will then have to ensure homogeneity before feeding. The most important improvement is found in the feeding system with a static blender.

Several tests with aluminium oxide (90 micron) and Leighton Buzzard Sand (450 micron) were run. Feed rate, alumina content, heap length, and the distance between front and back plates were varied. The tests showed a very good repeatability, see *Figure 7*.

These tests represent two heaps of different lengths and with two parallels at each test. The maximum fraction of fines is found at sample taker 2 and the alumina fraction is reduced to almost zero at the last sample taker for both heap lengths. The repeatability shown in the figure is

Bernt Nagell som Hydro søker patent på. Vårt bidrag har vært en omfattende utprøving av renna sammen med bestemmelse av kapasitet over lengre strekninger. En av våre viktigste oppdagelser til dags dato har vært at disse rennene kan settes i drift ved fallhøyde helt ned til 1° (over kortere strekninger til og med enda lavere fallhøyde!). En 90 m renne ved Norsk Hydro's Teknologisenter i Årdal har nå vært i full og tilfredsstillende drift i over et år.

Videre arbeid på disse enhetene omfatter utvikling og testing av en datasimuleringsmodell. Vi håper å ha fullført denne siste fasen innen utgangen av 1993.

I tillegg til vårt arbeid med luftrenna har vi samarbeidet med Hydro Aluminium under utviklingen av en punktmater (også basert på en opprinnelig ide fra Bernt Nagell) og en grovutskiller. 16 punktmatere er nå installert på Söderberg-celler ved Karmøy, og disse fungerer bra etter over ett års drift. Grovutskilleren (kapasitet 50 t/h) er installert ved Teknologisenteret i Årdal og har fungert tilfredsstillende i over seks måneder. Daglig utskilling av alumina utgjør bare noen få kilo. Patentbeskyttelse blir søkt for begge enhetene.

Ideen bak grovutskilleren utvikles videre og vi tror denne har et potensiale ved bruk også i primærsystemer for alumina, samt for andre materialer.

SEGREGERING

Jostein Mosby

I andre halvår 1992 hadde vi besøk av en student fra universitetet i Twente i Nederland. **Jeroen van den Berg** utførte sin diplomoppgave under emnet segregering. Dette gjaldt både simuleringer og eksperimentelle forsøk.

En ny utgave av segregeringstesteren er bygget. Dette er en mindre utgave av den som er vist i Nyhetsbrevet for april 1992. En skisse av testeren er vist i *figur 6*.

Hauglengden på denne testeren er maksimalt 63 cm, og testeren har 9 prøvetakere. På figuren blir finstoff, eller segregerende komponent, og det grovere komponentet matet inn separat. Man kan også mate inn en blanding direkte, men da må en sikre homogenitet før innmating. Den viktigste forbedringen ligger i matesystemet med en statisk mikser.

Det ble kjørt en hel rekke forsøk med aluminiumoksid (90 mikron) og Leighton Buzzard Sand (450 mikron). Føderate, innhold av alumina i føde, hauglengde og avstand mellom front- og bakplate ble variert. Forsøkene viste meget god repeterbarhet, jfr. *figur 7*.

Disse forsøkene er for to forskjellige hauglengder, med to paralleller for hvert forsøk. Maksimum andel finstoff er ved prøvetaker 2 og andel alumina synker til omtrent null ved siste prøvetaker for begge hauglengdene.

Current Research - (Contd.)

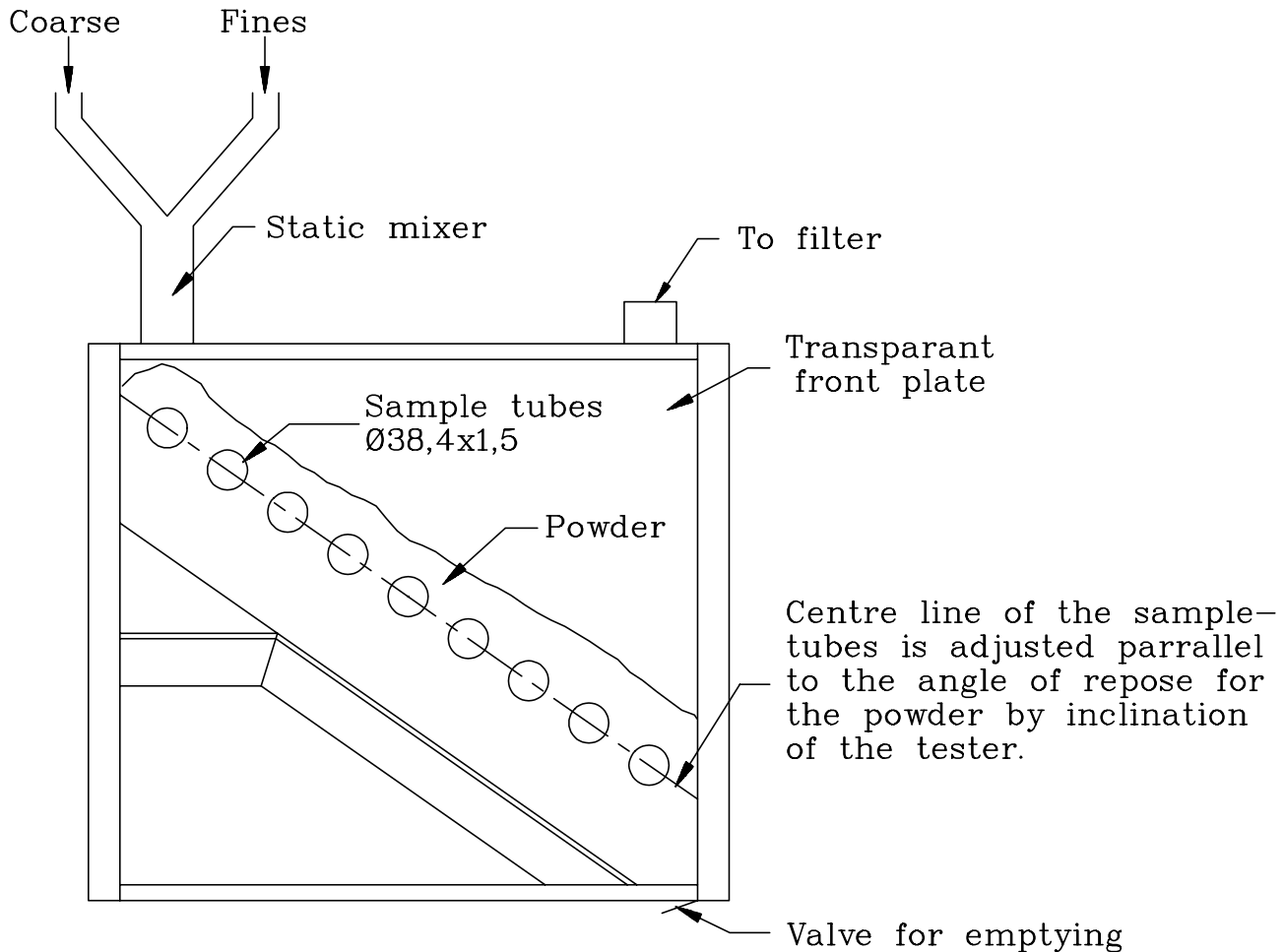


Figure 6. The new segregation tester. Den nye segregeringstesteren.

representative for all tests carried out with alumina and sand. Increased feed rate reduced the segregation tendencies. Increased fraction of fines reduced the segregation tendencies. Increased heap length increased the segregation tendencies. The width of the tester with these powders must be at least 7 cm.

Simulations with Shinohara's program gives a relatively good representation of the experimental results, in some cases. The program parameters are not directly dependent on the powder. This complicates the use of the program for practical purposes even though the program may be used for scaling up of the heap size. A simulation is shown in *Figure 8*.

However, one will have to be careful in the use of Shinohara's program. Numerical instability occurs with some parameter combinations and the program does not take into account component balances (fines may be generated by the program).

Our test rig is therefore the most reliable way for the determination of a powder's segregation tendencies.

Repetibarheten som er vist i figuren er representativ for alle forsøkene som ble gjort med alumina og sand. Økning av andel finstoff i føden reduserte segregeringen. Økning i føderate reduserte segregeringen. Økning av hauglengden økte segregeringen. Bredden for tester med dette pulveret måtte være minst 7 cm.

Simuleringer med Shinoharas program gir rimelig god tilpasning. Parametrene i programmet er ikke direkte pulveravhengige. Dette vanskeliggjør bruk av programmet i praktiske sammenhenger, selv om programmet muligens kan brukes til å skalere opp haugstørrelse. En simulering er vist i *figur 8*.

Det må likevel utvises forsiktighet ved bruk av programmet fra Shinohara. Numerisk instabilitet oppstår ved visse parameterkombinasjoner, og programmet tar ikke vare på komponentbalanser (finstoff kan genereres av programmet).

Forsøksriggen vår er derfor den sikreste måten vi har til å bestemme om et pulver segregerer.

I tillegg til å jobbe videre med haugsegregering (modell og forsøk) vil vi konsentrere oss spesielt om perkolering

Current Research - (Contd.)

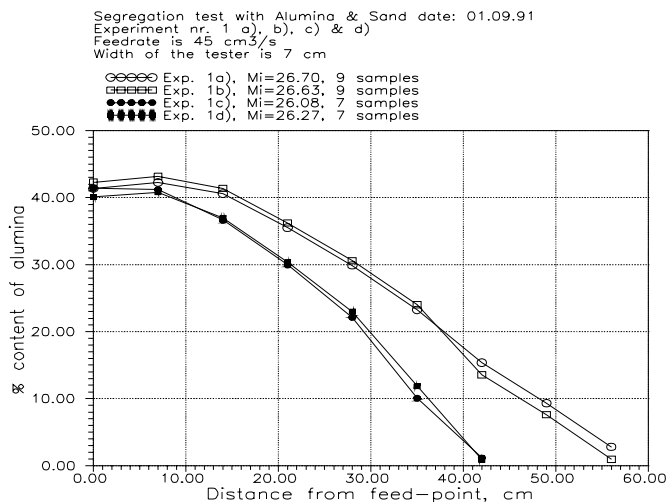


Figure 7. Tests with aluminium oxide and sand. Forsøk med aluminiumoksid og sand.

In addition to further work on heap segregation (model and experimentation) we will concentrate on percolation, which is one of the most important segregation mechanisms. Percolation in this context means the penetration of smaller particles into holes between the larger particles. This is probably one of the most important mechanisms causing heap segregation.

Air induced segregation has also proven to be a problem generating considerable interest. A number of the inquiries related to our segregation programme have dealt with air induced segregation. Hopefully, **Stein Tore Johansen** at SINTEF will continue working on the simulation of air induced segregation. He has carried out initial calculations on air induced segregation during the filling of an alumina silo. The results are promising.

Our cooperative programme on segregation is still open to new members, and a share is priced at NOK 20.000 for POSTEC members and NOK 35.000 for others. Ask us for work plans.

AIR CLASSIFICATION

Sunil R. de Silva

Our work on air classification is primarily concerned with the superfine range below 10 micron. It is aimed at creating the most desirable flow field in the classifying zone in order to achieve a sharp cut, but also looks at internal dispersion to achieve maximum efficiency. Previous work concentrated on understanding the flow field in an ACUCUT classifier, and in optimizing such a unit. In 1993, we will be working with a unit which has been developed at POSTEC-

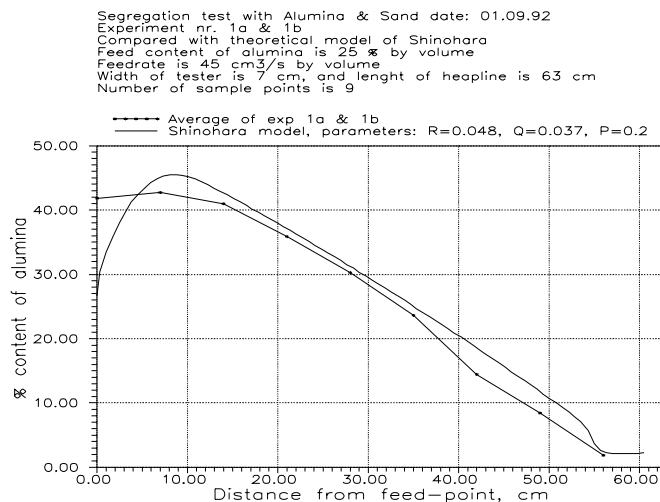


Figure 8. Experimental testing compared to simulations. Eksperimentelt forsøk sammenlignet med simulering.

som er en av de viktigste segregerings-mekanismene. Perkolering betyr i denne sammenheng at små partikler faller ned gjennom åpninger formet av større partikler. Dette er trolig ofte en av de viktigste mekanismene for haugsegregering.

Luftindusert segregering har også vist seg å være et problem av stor interesse. Et flertall av henvendelsene i tilknytning til segregeringsprogrammet har vist seg å handle om luftindusert segregering. Det vil bli utført et litteraturstudium på dette emnet. Forhåpentligvis vil **Stein Tore Johansen** ved SINTEF jobbe videre med simulering av luftindusert segregering. Han har utført innledende beregninger av luftindusert segregering under fylling av en aluminasilos. Resultatene virker lovende.

Ellers er det fortsatt åpent for nye medlemmer til segregeringsprogrammet. En andel koster NOK 20.000 for POSTEC-medlemmer og NOK 35.000 for andre. Be oss om arbeidsplaner.

VINDSIKTING

Sunil R. de Silva

Vårt arbeid innenfor vindsikting har hovedsaklig beskjeftiget seg med superfine området under 10 mikron. Arbeidet er i hovedsak rettet mot etablering av det mest ønskelige strømningsfeltet i klassifiseringssonen for å oppnå et skarpt skille, men det rettes også mot intern dispergering for å oppnå maksimal virkningsgrad. Tidligere arbeid har vært konsentrert om forståelse av strømningsfeltet i en ACUCUT vindsikt, samt optimalisering av denne enheten. I 1993 vil vi arbeide med en enhet som er utviklet ved

Current Research - (Contd.)

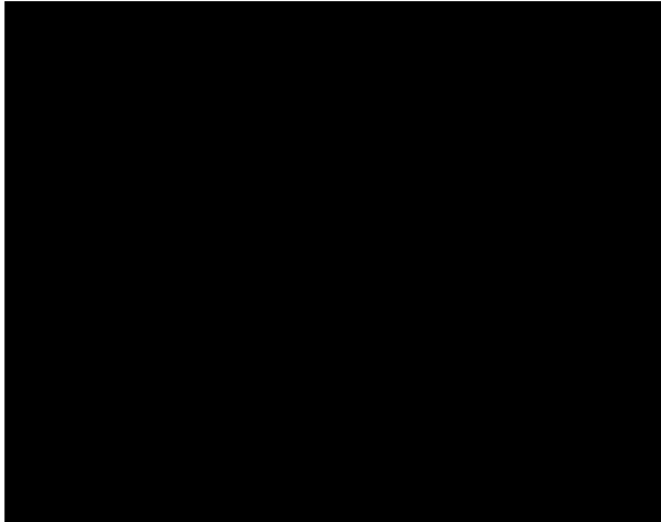


Figure 9. The ACUCUT and prototype classifiers after installation in the TMIH process hall. ACUCUT og prototyp vindsikter etter installasjon i TMIH's prosesshall.

Research, and which has been called the "prototype" for the last five years! A problem in this area has been the lack of continuous, guaranteed financing. Now, however, with NFR's strategic technology grant, a full time Ph.D will be assigned to the task.

Both the ACUCUT and the prototype have now been installed in the new process hall at TMIH (see *Figure 9*) where we have been allocated ca. 50 m² until our own hall is built. **Jürgen Ruge** from Braunschweig will carry out a student project on studying the effects of two types of rotor on the sharpness of separation.

ELECTROSTATICS

Sivert Ose

Work 1992

Our work in 1992 mainly concentrated on determining the flow properties of electrostatically charged powders. We also conducted a project on neutralisation of such charges. Neutralisation of electric charge is a very difficult area; something we surely experienced ourselves. A full neutralisation of charged powder is very difficult to achieve, partly due to the limited range of the corona neutralisers. The range is improved by air injection, but in static systems, where the air is normally quiescent, other problems will arise if the air isn't transported out of the system properly, and problems due to static charging may be amplified.

Another part of our work in 1992 was on flow properties of charged powder. After fluidising the powder, we measured the flow properties. The worsening of flow properties was minor when we used a Jenike's shear cell to measure

POSTEC-Research og som har gått under navnet "prototypen" de siste fem årene!

Et problem på dette området har vært mangelen på sikker og kontinuerlig finansiering. Nå har imidlertid NFR's strategiske bevilgning gjort at en fulltids doktorgradsstudent kan arbeide med feltet.

Både ACUCUT-vindsikten og prototypen er nå installert i den nye prosesshallen ved TMIH (se fotografi, *figur 9*), hvor vi er tildelt ca. 50 m² frem til vår egen hall er ferdigbygd. **Jürgen Ruge** fra Braunschweig vil gjennomføre et studentprosjekt for undersøkelse av hvilke effekter to forskjellige rotortyper har på utskillingens skarphet.

ELEKTROSTATIKK

Sivert Ose

Arbeid 1992

Vårt arbeid i 1992 var først og fremst konsentrert om flytegenskapar til elektrostatiske lada pulver. Vi utførte og eit prosjekt innanfor nøytralisering av elektrostatiske lada pulver. Dette er eit svært vanskeleg område, noko vi absolutt erfarte. Å oppnå ei fullgod nøytralisering er vanskeleg. Dette kjem mellom anna av at koronanøytralisatorar har ei begrensa rekkevidde. Dette kan betrast ved luftinjeksjon, men i system der lufta normalt er statisk (i ro), vil ein slik lufttilførsel gi problem dersom ein ikkje kan lede bort ekstralufta på ein fornuftig måte. Dersom ikkje dette skjer, kan lufttilførsel faktisk auke problem som kjem av statisk elektrisitet.

Ein annan stor del av vårt arbeid i 1992 gikk på å vurdere flytegenskapar til elektrostatiske lada pulver. Etter



Current Research - (Contd.)

them, but were obvious when we measured the time for a powder sample to flow through a funnel. We also measured differences in charge and flow properties of identical powders treated differently. This has made us suspect that the degree of gross charge compared with the degree of net charge is very important in the process of cohesion and agglomeration of powder. This is currently being investigated. Another very interesting area of research is to explain what variable in fluidization or in other powder handling operations causes these differences in charge and flow.

Work plans for 1993

During the three first months of 1993 **Sivert Ose** has been at the University of Southampton, as a part of his study for a Ph.D. He is registered at the University of Southampton with Prof. **Adrian Bailey** as supervisor. His work there will mainly concentrate on measurements of gross and net charge of PVC powder, and how different degrees of net and gross charge influence properties of the powder, e.g. flow properties. Southampton has a wide expertise in the area of electrostatic charging, both in consultancy services as well as research, and we hope this will be of benefit to us. Our work, in turn, will also provide them with new information. A wider contact with other research groups in the UK is also anticipated.

As already mentioned, we suspect that agglomeration of powder is caused not by charge alone, but rather by how gross charge compares with net charge. To investigate this, we will use an instrument, developed at the University of Southampton. It consists of a capacitive microprobe, which is capable of detecting charge on individual particles. The probe is mounted above a turntable, whereon the powder is placed. In this way the charge on a number of individual particles can be measured. Together with tests on flow properties, we hope that this will give us valuable information about how electrostatic charging affects the agglomeration tendencies and flow properties of powders.

We are also working on plans with other systems to investigate these properties on a large scale, and when the charge is generated by other powder handling systems, e.g. pneumatic transport. This will be a natural follow-up of our earlier projects.

New service for determining electrostatic properties

POSTEC-Research A/S has just acquired an instrument developed for measurement of charge decay. We can

at pulveret har vore fluidisert, har vi målt flytegenskapane. Forverringa av flytegenskapane har vore svak når vi har målt dei med Jenike's skjærcelle, men forverringa vert tydeleg når ein måler tida ei pulverprøve bruker på å strømme gjennom ei trakt. På grunn av forskjellar i ladning og flytegenskapar av identiske typer pulver som har vore behandla forskjellig, har vi mistanke om at kohesjon av pulver mellom anna skuldast korleis ladninga er fordelt mellom positiv og negativ (altså bruttoladning). Dette er tema for eit pågåande arbeid. Eit anna interessant tema er kva i fluidiseringa, eller andre typer pulverhandtering, som faktisk fører til forskjellane i ladning.

Arbeidsplanar for 1993

Sivert Ose har i dei tre første månadane i 1993 opphalde seg ved Universitetet i Southampton, som ein del av doktorgradsstudiet hans. Han er registrert ved Universitetet i Southampton med Prof. **Adrian Bailey** som rettleiar. Arbeidet der vil hovedsakleg verte konsentrert om netto- og bruttoladning av PVC-pulver, og korleis forskjellige grader av netto- og bruttoladning på pulveret virkar inn på andre egenskapar til pulveret, som f.eks. flytegenskapane. Southampton har eit breidt miljø innan forskning og konsulentvirksomhet på elektrostatisk oppladning, noko som vi håper vi kan dra nytte av. Vårt arbeid vil vidare gi dei ny kunnskap. Oppholdet vil forhåpentligvis også gi kontaktar med andre som arbeider med elektrostatisk oppladning i Storbritannia.

Vi har som tidlegare nevnt mistanke om at agglomerasjon og andre faktorar som fører til forverra flytegenskapar, i stor grad er avhengig, ikkje berre av om pulveret er lada, men også graden av bruttoladning samanlikna med nettoladning. I dette arbeidet vil vi bruke eit instrument som tidlegare er utvikla ved Universitetet i Southampton. Dette består av ei mikroprobe som kan måle ladning på enkeltpartiklar. Mikroproba er montert over ei roterande plate som partiklane ligg på. På denne måten kan ein undersøke ladninga til de einstilte pulverpartiklane. Samanholdt med andre testar håpar vi at dette vil kunne gi oss verdifull informasjon om korleis agglomerering og flytegenskapar til pulver vert påverka av elektrostatisk oppladning.

Vi arbeider og med planar for andre system for å kunne undersøke bruttoladning på pulver i større skala, og når pulveret har blitt lada ved andre pulverprossessar, som

Continuation on p. 27 ...

Tel-Tek (Simulations)

Computer Simulation of Pneumatic Transport Systems

Eirik Manger is a research stipendiate employed at Tel-Tek's Group for the Simulation of Industrial Flow Processes, and he is carrying out his Ph.D. work within the area described in this article. He is registered for a Dr. Ing. degree at the Norwegian Institute of Technology. Prof. Bjørn H. Hjertager heads the group and is a full time professor of the Telemark Institute of Technology.

Eirik Manger & Bjørn H. Hjertager

Pneumatic transport is used today for transporting large amounts of particulate materials all over the world. Yet, the transport is a complex process and there are very few possibilities to predict and thereby optimize such transport. By using a model developed for multiphase flow, and verifying its results by experimental work, the performance of these systems should be predictable.

The Group for Industrial Flow Processes (GISP) at Tel-Tek are now doing simulations on vertical lifters, a special case of pneumatic transporters. These simulations are based on a program developed at Tel-Tek and TMIH by Prof. Bjørn H. Hjertager. By using a kinetic model developed for multiphase flow, we are able to describe the transport in the lifter by a set of differential equations. Discretizing these with a control-volume approach transforms the equations to a set of difference equations valid in each control-volume. These difference equations are solved with the well-known **Tri-Diagonal Matrix Algorithm**.

An important variable which will undoubtedly have a large influence on the transport rate is the placement of the transport air inlet. Different placement of the air inlet will lead to a complete different flow pattern around the inlet to the main transport tube. Analyzing the flow pattern, together with the flow properties of the material, should give an indication of the efficiency of the transport system.

The simulations describe all parts of the transport process. At the moment we are able to produce scalar plots of all variables. Still to come is a possibility to produce vector-plots of the velocities together with another variable, i.e. temperature or volume fraction. We can also estimate the transport rate and amount of air used in the transport. These parameters allow us to determine the efficiency of the transport, both as a function of time and as a function of the air used in the transport. The transport rate is also the most important variable when verifying the results experimentally.

Most vertical lifters are cylindrical. In the simulations we therefore assume axi-symmetric behaviour around the centre of the axis of the lifter, which reduces the calculation domain to one half of the lifter. A point in a simulation

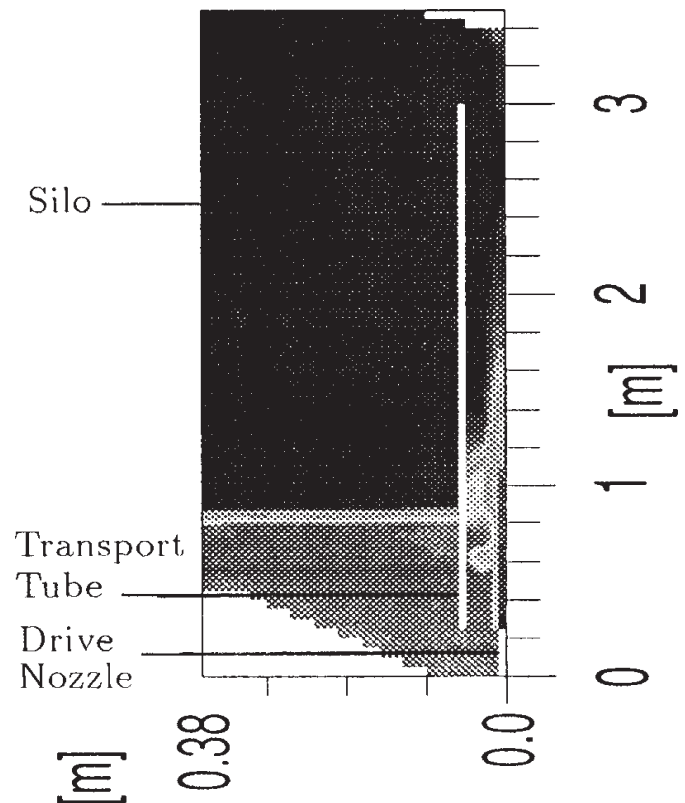


Figure 10. A Vertical Lifter.

process is shown in *Figure 10*. The figure shows the volume fraction of particles at a certain time in the process. Notice that only the calculation domain is shown, the other half of the lifter is assumed to have a similar distribution of particles.

A large amount of work will be done in order to verify the simulation results. POSTEC-Research is building an experimental rig, and experiments using alumina as transport material will be done throughout the spring. An NFR-grant has been given to develop and verify these models, and parts of this are expected to be used on the existing model. The development of the model is being carried out by Siv. Ing. Eirik Manger as a part of the requirements for a Dr. Ing. degree.



Publications and Reports

Reports and publications issued after Newsletter No. 11 in October 1992. Reports with classification K2 not included. For extra copies of reports, contact us. POSTEC-members pay NOK 1,- per page, while non-members pay NOK 2,- per page. A complete list of reports can be had on request. A nominal handling fee will be added at cost.

Rapporter og publikasjoner utgitt etter utgivelsen av Newsletter nr. 11 i oktober 1992. Rapporter med klassifisering K2 ikke inkludert. Ta kontakt med oss for ekstra kopier av rapporter. POSTEC-medlemmer betaler kr. 1,- pr. side, mens ikke-medlemmer betaler kr. 2,- pr. side. For fullstendig liste over rapporter, kontakt oss. Et eksepedisjonsgebyr vil bli lagt til etter selvkost.

Bergland, W.: An investigation of the fluidizability of a silicon powder. POSTEC-report no. 924000-9, 1992 Nov 18. 6 pp. K1.

Bergland, W.: Måling av veggfriksjonsvinkel og fuktighetsinnhold til tre kolafosfatprøver. POSTEC-report no. 931101-1, 1993 Feb 17. 4 pp. K1.

Bergland, W., Enstad, G.G.: Silos for the cement factory TONASA IV. POSTEC-report no. 931101-2, 1993 Feb 26. 47 pp. K1.

Bergland, W., Enstad, G.G.: Utforming av silo for filterkake av kritt iblandet leire. POSTEC-report no. 921101-6, 1992 Nov 20. 15 pp. K1.

Bergland, W., Enstad, G.G.: Karakterisering av flyteegenskaper for pelletstøv - Anbefalinger for siloutforminger. POSTEC-report no. 921101-4, 1992 April. 24 pp. K1.

Bergland, W., Enstad, G.G.: Karakterisering av flyteegenskaper for pelletstøv. Tilleggsundersøkelser på ny prøve. POSTEC-report no. 921101-5, 1992 September. 14 pp. K1.

Bergland, W., Enstad, G.G.: Testing av flyteegenskaper av seks nye prøver av pelletstøv og endelig forslag til siloutforming. POSTEC-report no. 921101-7, 1992 Nov 27. 13 pp. K1.

de Silva, S.R.: Separator for utskilling av grove legemer fra aluminiumoksid. Suttrapport. POSTEC-report no. 921504-2, 1992 September. 9 pp. K1.

de Silva, S.R.: Vindsikt - Forprosjekt. Kvantifisering av miljøgevinsten ved bruk av vindsikt i sekundærstrømmen. POSTEC-report no. 922003-2, 1992 Dec 11. 7 pp. K1.

de Silva, S.R.: Vurdering av et "Panel Bed Filter" konsept. POSTEC-report no. 926003-1, 1992 Dec 11. 17 pp. K1.

Enstad, G.G., Manjunath, K.S.: Modifications to reduce segregation in equalisators. POSTEC-report no. 921112-3, 1992 September. 20 pp. K1.

Günther, Andreas: Purging of LDPE pellets using warm air in an air lift. POSTEC-report no. 921602-2, 1993 Feb 25. 42 pp. K1.

Ibbotson, P.: Dust/Pellets separator - continuation. POSTEC-report no. 913003-2, 1992 Dec 3. 20 pp. K1.

Landmo, Geir Ingvald: Sammenligning av strømningsmønstre i planssymmetriske siloer med liten og stor avstand mellom vegger. POSTEC-report no. 921111-3, 1993 Jan 15. 21 pp. K1.

Maltby, L.P., Enstad, G.G.: Uni-Axial Tester for Quality Control and Flow Property Characterization of Powders. *Bulks Solids Handling* 13 (1993) 1, 135-139. A.

Order Form

Fill in below and return the sheet to:

POSTEC-Research
Attn.: Victor Skimmeland
Kjølnes Ring
N-3914 Porsgrunn, Norway

Fax: +47 3 559630 (+473 555 9630 after 3rd June 1993)

I have indicated which reports I want a copy of by ticking them off on the above list. Please send rapidly and invoice at my address below.

Please send me a complete list of reports currently available from POSTEC-Research.

Date: _____ POSTEC-Member (YES/NO): _____

Company: _____

Attention: _____

Address: _____

Phone/Fax: _____



Publications and Reports

Manjunath, K.S.: Determination of the performance of gravity blenders with emphasis on plane symmetric designs. POSTEC-report no. 921600-2, 1992 Dec 4. 32 pp. A.

Manjunath, K.S.: Homogenization of UREA + KS in a drum blender. A preliminary study with a proposal. POSTEC-report no. 921600-3, 1992 Nov 30. 10 pp. K1.

Manjunath, K.S.: Screw conveyors for cement transportation. POSTEC-report no. 921100-1, 1992 Nov 25. 7 pp. K1.

Manjunath, K.S.: Screw feeder design for dosing magnesium oxide powder. POSTEC-report no. 921100-2, 1992 Nov 25. 9 pp. K1.

Ose, Sivert: Elektrostatisk oppladning og utladning til Terbutalinsulfat og Budesonid. POSTEC-report no. 923002-1, 1992 Dec 15. 39 pp. K1.

de Silva, S.R.: Plassering av en overgang fra 2" til 3" ledning ved pneumatisk transport av Silgrain. POSTEC-report no. 931401-1, 1993 March 4. 15 pp. K1.

de Silva, S.R.: Vurdering av filterposer for økt levetid ved Elkem Aluminium, Mosjøen. POSTEC-report no. 926001-2, 1993 Feb 18. 12 pp. K1.

de Silva, S.R., Manjunath, Mosby, Knutsen: An investigation of two modified air slides for the distribution of alumina to electrolysis cells. POSTEC-report no. 931100-1, 1993 March 4. 26 pp. K1.

A Generally available.

K1 Available only to sponsors of the project.

P Available only to POSTEC members.

K2 reports not included.

...Transfers from p. 23

therefore now easily do tests to determine the time required for charge decay. The instrument is based on measurement of the electric field above the sample done at intervals. The time needed for charge to decay is found by studying the electric field as a function of time. The results are stored on a PC, and complete diagrams of how the charge decay takes place can be obtained as hard copies for a closer study.

We believe these measurements will be of interest to many. The measurements will give a quick assessment of the possibility of charge build up, but will also give a clear indication of the time needed for the charge to decay of the particular sample investigated. We believe the service will be of interest to the bulk handling industry as well as to those using powders in various processes such as powder coatings, and to those supplying packaging materials. See the price list at the end of this Newsletter for our services in this area.

f.eks. pneumatisk transport. Dette arbeidet vil vere ei naturleg vidareføring av prosjekta vi har hatt innanfor elektrostatisk oppladning tidlegare år.

Ny standardteneste innan elektrostatisk oppladning

POSTEC-Research A/S har anskaffa eit instrument, spesialutvikla for å måle utladningstider. Testar kan dermed enkelt utførast for å fastlegge kor lang tid utladning faktisk tar. Instrumentet er basert på å måle eit elektrisk felt med jevne mellomrom. Utladningstida vert målt ved å studere utviklinga i det elektriske feltet over tid. Måleresultata vert lagra på PC, og fullstendige kurver over korleis utladinga artar seg kan skrivast ut, og studerast nærare.

Dette er målingar som kan vere av interesse for mange. Målingane gir (som elektrisk motstandsmåling) eit raskt overblikk over kor lett det aktuelle materiale vert elektrostatisk lada, men gir i tillegg til dette informasjon om kor lang tid utladning tar. Tenesta vil vere av interesse for mange, mellom anna pulverbrukande industri og emballasjeprodusentar og -leverandørar. Sjå prislista bak 27 Nyhetsbrevet for pris.

Services and Charges

Flow Properties for Silo Design / Flytegenskaper for siloutforming

Jenike test / <i>Jenike test</i> (5 l)	NOK 10.000
Wall yield locus / <i>Sviktkurve langs vegger</i> (5 l)	NOK 1.000
Time flow function / <i>Tidskonsolidering</i> (5 l)	NOK 6.000
Bi-axial tester / <i>Biaksial-tester</i> (10 l)	NOK 10.000
Uniaxial tester for the rapid determination of comparative flow properties of two or more materials. Price per comparison / <i>Uniaksial-tester for hurtig bestemmelse av strømningssegenskaper for sammenligning mellom to eller flere materialer. Pris per sammenligning</i> (5 l)	NOK 6.000
Angle of repose / <i>Rasvinkel</i> (10 l)	NOK 1.500
Segregation test / <i>Segregeringstest</i> (10 l)	NOK 6.000
Design of reliable silos based on above tests / <i>Utforming av pålitelige siloer basert på ovenstående tester</i>	NOK 5.000

Other Bulk Properties / Andre bulk-egenskaper

Stamp volumeter for bulk density / <i>Bulktetthet</i> (0.5 l)	NOK 1.500
Minimum fluidization velocity/de-aeration time / <i>Minimum fluidiseringshastighet / avluftningstid</i> (20 l)	NOK 6.000
Erosivity by sand blast principle / <i>Erosivitet ved sandblåsningsprinsippet</i> (20 l)	on request
Material density / <i>Materialtetthet</i> (helium pycnometer) (0.5 l)	NOK 1.500
Moisture content / <i>Fuktighetsinnhold</i> (Ultra-X) (100 g)	NOK 500

Particle Size Analysis / Partikkelstørrelsesanalyse

Coulter counter, Model TAIL (100 g)	NOK 2.000
HELOS diffraction pattern analyzer / <i>HELOS diffraksjonsmønsteranalysator</i> (100 g)	NOK 1.500
RODOS dry disperser / <i>RODOS Tørredispersering</i> (1 kg)	NOK 2.000
Sedigraph 5100 (100 g)	NOK 1.500
Sieving / <i>Sikting</i> (500 g)	NOK 1.000
Wet sieving / <i>Våtsikting</i> (100 g)	NOK 1.500
Air jet sieving / <i>Luftjet-sikting*</i> (100 g)	NOK 500
Micro-sieves / <i>Mikrosikting*</i> (100 g)	NOK 500

Note: Further facilities such as a pipette centrifuge and a Coulter multisizer are available at Helsinki University of Technology. Image analysis facilities are available at both Trondheim and Luleå. Electron microscope examinations can also be carried out at SINTEF or Helsinki.

Above prices are for a single analysis from a single sample. For a high level of certainty, repeated analyses are recommended. Tests marked with * indicate that only a single point on the size distribution will be determined.

Bemerk: Ytterligere fasiliteter så som pipett-sentrifuge og Coulter multisizer er tilgjengelige ved Helsinki Tekniska Högskola. Bildeanalysesystemer finnes både i Trondheim og i Luleå. Electronmikroskop-undersøkelser kan dessuten utføres ved SINTEF eller i Helsinki.

*Ovennevnte priser er for en enkelt analyse fra en enkelt prøve. For høy grad av sikkerhet anbefales gjentatte analyser. Tester merket * indikerer at kun et punkt på størrelsesfordelingen bestemmes.*



Services and Charges

Specific Surface Areas / Spesifikk overflate

Micromeritics Flow-Sorb II 2300 (Nitrogen absorption / <i>Nitrogen-adsorpsjon</i>) (100 g)	NOK 2.000
Blaine permeameter (Permeability / <i>Permeabilitet</i>) (100 g)	NOK 1.500

An Alstan surface areameter based on diffusion is available at Helsinki.
Et Alstan overflatemeter basert på diffusjon er tilgjengelig ved Helsinki.

Electrostatic Measurements / Elektrostatisk måling

Specific resistance in laboratory / <i>Spesifikk motstandsmåling i laboratorium</i> One powder with repeated tests (min 3) and presentation of the results / <i>En type pulver med tilstrekkelig gjentatte tester (min 3) og presentasjon av resultatene</i>	NOK 1.000
Specific resistance (field test) / <i>Spesifikk motstandsmåling (testing i felt)</i>	
Measurement of specific charge with Faraday cup and field meter, including presentation of results / <i>Måling av spesifikk ladning vha Faraday-cup. Måleresultatene blir presentert på hensiktsmessig måte.</i> Per day + travel costs	NOK 5.000
Charge decay characteristics / <i>Avladningskarakteristika</i>	NOK 2.500

Production of Fine Powders/Narrow Size Fractions

Samples for market analyses, or product testing, can be produced using a range of equipment available at various Nordic laboratories. Prices will be provided on request. We can produce fine powders with a top size of less than 2 micron by classification. An opposed jet fluid energy mill is also available for the production of any required size distribution below 50 micron.

Our partner institutes at Trondheim (ball mill, Alpine fluid bed mill, high pressure roller mill), Luleå (stirred ball mills, annular ball mills), and Helsinki (hydrocyclones), can supplement our own services.

Prøver for markedsanalyser eller produktutprøving kan produseres ved å benytte en rekke prøveutstyr som er tilgjengelig ved forskjellige nordiske laboratorier. Priser oppgis på forespørsel. Vi kan produsere finpulvere med en maksimumsstørrelse på mindre enn 2 mikron ved klassering. En "opposed jet fluid energy"-mølle er dessuten tilgjengelig til produksjon av enhver ønskelig størrelsesfordeling under 50 mikron.

Våre samarbeidende institutter i Trondheim (kulemølle, Alpine "fluidisert seng"-mølle, høytrykks valsemølle), Luleå ("stirred" kulemølle, "annular" kulemøller) og Helsinki (hydroykloner), utgjør et supplement til våre egne tjenester.

Pneumatic Transport / Pneumatisk transport

A 60 m rig (2" lines) is available for tests with any material. The rig can operate with eductors, a rotary lock, in standard dense phase, or in a vacuum mode. Full instrumentation is under development. Price for standard tests: NOK 30.000.

En 60 m rigg (2" rør) er tilgjengelig for testing av alle slags materialer. Rigger kan opereres med "eductors", "rotary locks", i standard tettstrøm, eller i vakuum-modus. Full instrumentering er under utførelse. Pris for standard tester: NOK 30.000.

Dust Explosions/Self Ignition / Støvekspløsjoner/selvantennning

Services in these areas are provided by Chilworth Technology Ltd., The Wolfson Electrostatic Unit, or Chr. Michelsen Research A/S. *Tjenester innen disse områdene tilbys av Chilworth Technology Ltd., The Wolfson Electrostatic Unit eller Chr. Michelsen Research A/S.*

Contact/*Kontakt*: Mr. Graham Hearn, The Wolfson Electrostatic Unit, University of Southampton, Southampton SO9 5HN, England, Tel +44 703 552266; Dr. Sampuran Singh, Chilworth Technology, Chilworth Research Centre, Beta House, Southampton SO1 7NS, England; or / *eller* Geir Pedersen, Chr. Michelsen Research A/S, Fantoftvegen 38, 5036 Fantoft, Norway, Tel +47 5 574040.



Enquiry Form

To: Sunil R. de Silva
POSTEC-Research A/S
Kjølnes Ring
N-3914 PORSGRUNN
NORWAY

Fax: +47 3 55 96 30 (+473 555 9630 after 3rd June 1993)

INFORMATION

Tick off / Kryss av:

- Yes, do send me more information about the POSTEC programme. *Ja, send meg mer informasjon om POSTEC-programmet.*
- Contact me for a discussion about POSTEC membership. *Kontakt meg for en samtale om POSTEC-medlemskap.*
- Please send contract documents immediately. *Vennligst send kontraktsdokumenter umiddelbart.*
- Please put me on your mailing list. *Vennligst før meg opp på deres utsendelses-liste.*
- Please send me your annual report free of charge. *Vennligst send meg årsberetningen for 1992.*

Send me information on:

- The International Symposium on Reliable Flow of Particulate Solids II (23rd-25th August 1993), and
- The 8th European Symposium on Comminution (17th-19th May 1994)
- Segregation Project: Work Plans

Full name, company, address, and phone/fax numbers, please:

Company: _____

Address: _____

Attention: _____

Tel.: _____

Fax: _____

Date: _____

Signature: _____

POSTEC members

as of 30.04.93

1. Astra Pharmaceutical Production, Södertälje, Sweden
(*Johann Drakenberg, Birgitta Grundström*)
2. Bernt D. Nagell A/S, Haugesund, Norway
(*Bernt Nagell*)
3. Cementa AB, Sweden
(*Sten Abrahamsson*)
4. Elkem Aluminium, Lista Verk, Farsund, Norway
(*Karl Forslund*)
5. Elkem Aluminium, Mosjøen Verk, Mosjøen, Norway
(*Per Kjensli*)
6. Elkem Technology, Kristiansand, Norway
(*Svenn Anton Halvorsen, Bjørn Sandberg, Terje Mellingsceter, Arne Schaatbun*)
7. Faxe Kalk, Copenhagen, Denmark
(*Tommy Bisgaard*)
8. Halvor Forberg International Ltd., Larvik, Norway
(*Halvor Forberg*)
9. Hydro Aluminium, Høyanger Verk, Høyanger, Norway
(*Trond Hop*)
10. Hydro Aluminium, Karmøy Fabrikker, Håvik, Norway
(*Knut Austreid*)
11. Hydro Aluminium, Sunndal Verk, Sunndalsøra, Norway
(*Ola Jakobsen*)
12. Hydro Aluminium, Årdal Verk, Øvre Årdal, Norway
(*Morten Karlsen*)
13. Höganäs AB, Höganäs, Sweden
(*Johann Arvidsson*)
14. Luftfiltrering, Os i Østerdalen, Norway
(*Torstein Hernes*)
15. Norcem, Research & Development, Brevik, Norway
(*Erik Stoltenberg-Hansson*)
16. Norsk Hydro, Research Centre, Porsgrunn, Norway
(*Arne Sekkelsten*)
17. Norsk Hydro, Petrochemicals, Porsgrunn, Norway
(*Steinar Pedersen, Alan Fowler, Stephen Hanson*)
18. Norsk Hydro Plast AB, Stenungsund, Sweden
(*Lars Josefsson*)
19. Norsk Viftefabrikk, Oslo, Norway
(*Geir Vedde*)
20. Norton, Lillesand and Arendal, Norway
(*Kjell Støle, Øystein Syrdal*)
21. Perstorp AB, Perstorp Compounds, Sweden
(*Per Brandt*)
22. Saxlund, Akland, Norway
(*Tor Thorkildsen*)
23. Sildolje- og Sildemelsindustriens Forskningsinstitutt, Fyllingsdalen, Norway
(*Øistein Høstmark, Anne Bahus Garvik*)
24. Statoil, Bamble, Norway
(*Odd Vårdal, Mangor Lien*)
25. Stiftelse för Mineralteknisk Forskning, Stockholm, Sweden
(*Börje Sköld, Marianne Thomaeusz*)

POSTEC

a programme of research in
POwder Science and TEChnology
in cooperation with industry

Objectives

- To provide wider access to research results
- To maintain a centre of excellence in powder technology in Scandinavia
- To enhance the technical competence of Scandinavian industry
- To provide industry with quick and effective advice
- To promote contact between people with similar problems
- To ensure relevance of research to industrial need

Who can join?

Any company who has a registered place of business in one of the Nordic countries*

What does it cost?

Contributions in multiples of NOK 30.000 per year depending on need, interest and size of company

What are the benefits?

- Access to the results of all general research programmes
- Advice at the end of a telephone
- Ability to influence the direction of research
- Rapid access to specialist advice in the field
- Services such as systems design, literature reviews, and equipment selection at low cost
- In-house and public courses in key areas of the subject
- Discounts on contract research

Discounts on standard services are 10 % regardless of contribution. **Increasing discounts** depending on annual contribution for other services.

* POWDER SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH A/S RESERVE THE RIGHT TO DENY MEMBERSHIP IN THE PROGRAMME TO ANY COMPANY WHATEVER WITHOUT GIVING REASONS.