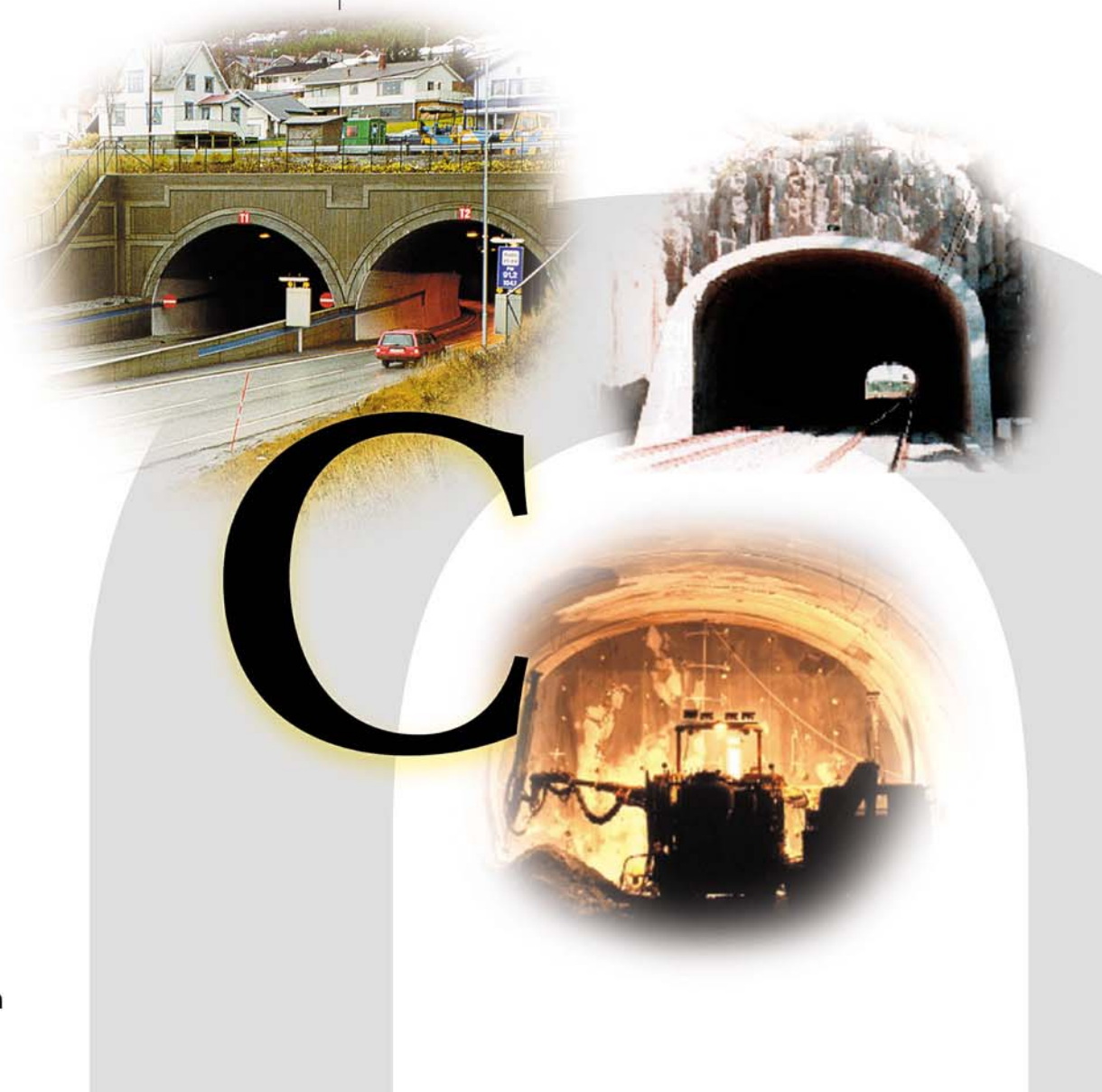


MILJØ- OG SAMFUNNSTJENLIGE TUNNELER

Rapport nr: 4

Labororientertesting av mikrosementer ved T-baneringen



Intern rapport nr. 2235



Statens vegvesen

Laboratorietesting av mikrosemeter ved T-Baneringen

Sammendrag

I forbindelse med NFR-prosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler" har det blitt gjennomført prøving av injeksjonsmasse i en periode under fjellinjeksjonen av T-Baneringen ved Tåsen. Formålet med prøvingen var å samle inn prøvedata under injeksjonsarbeidene.

Det er blitt gjennomført en rekke forsøk for å beskrive inntrengningsevne, fasthetsutvikling, analyse av korngradering og v/c forhold.

En oppsummering av resultater fra disse er gjengitt i kapittel 6.

Rapporten er utarbeidet av NOTEBY ved Jan Viggo Holm og Per Heimli.

Emneord: *Tunnel ,injeksjon,testing, sementer, NFR-prosjekt*

Kontor: Geologi- og tunnelkontoret
Saksbehandler: Kjell Inge Davik
Dato: *November 2001*

KID

Rapport

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen, Vegdirektoratet**

Oppdrag: **Miljø- og samfunnstjenlige tunneler
Aktivitet C8 Prøving av injeksjonssement**

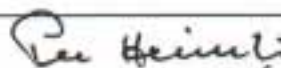
Emne: **Feltprøving T-baneringen, Tåsen**

Dato: **8. mai 2001**
Rev. – Dato: **25. oktober 2001**

Oppdrag- / Rapportnr.: **100212 – 1**

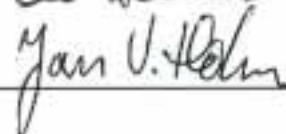
Oppdragsansvarlig: **Per Heimli**

Sign.:



Saksbehandler: **Jan Viggo Holm**

Sign.:



Kontaktperson hos Oppdragsgiver: **Kjell Inge Davik**

Sammendrag:

I forbindelse med NFR-prosjektet Miljø- og samfunnstjenlige tunneler har det blitt gjennomført prøving av injeksjonsmasse i en periode under fjellinjeksjonen av T-baneringen ved Tåsen. Formålet med prøvingen var å samle inn prøvedata under injeksjonsarbeidene.

For å gjennomføre programmet ble det rigget en laboratoriecontainer. Flere aktører har bidratt under gjennomføringen av prøvingen. Entreprenøren Veidekke ASA har bistått i forbindelse med tilrigging. Cementsa AB har gjennomført prøving med NES-apparatet og Elkem ASA Materials har bidratt i forbindelse med utføring av sandkolonneforsøk.

Denne rapporten presenterer resultatene av prøvingen som ble gjennomført i ukene 8 og 9, 2001.

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	3
2.	Omfang	3
3.	Analyser og metoder	3
4.	Resultater	4
4.1	Generelt	4
4.2	Sandkolonne- og filterpumpeforsøk	5
5.	Kommentarer og vurderinger	5
5.1	Ferskmørtel prøving	5
5.2	Korngraderingsanalyser	6
5.3	Fasthetsutvikling for Microcem 900	6
5.4	Fasthetsutvikling for Industrisement	6
5.5	NES – forsøk	7
6.	Oppsummering	7

Vedlegg

- 1 Prøvejournal. Tabell over undersøkte prøver – utførte forsøk
- 2 Anvendte resepter på anlegget
- 3 Resultater av ferskmørtelprøving. Flyteegenskaper og stabilitet m.m.
- 4 Resultater av korngraderingsanalysen. Diagram og tabell
- 5 Ferske egenskaper – fasthetsutvikling for Mikrocem 900. (Resept 6, 7 og 9)
- 6 Ferske egenskaper – fasthetsutvikling for Industrisement. (Resept 5, 10 og 11)
- 7 NES-forsøk 20.02.2001
- 8 NES-forsøk 22.02.2001
- 9 Sammenstilling av forsøk på laboratorieblandinger med NES-apparat
- 10 Beskrivelse av NES-metoden

1. Innledning

I forbindelse med NFR-prosjektet Miljø- og samfunnstjenlige tunneler ble det i perioden 20.02-01.03.2001 gjennomført prøving av injeksjonsmasse ved fjellinjeksjonen av T-baneringen ved Tåsen i Oslo.

Tunnelstiffen sto på dette tidspunkt foran en stor syenittgang, der både syenitten og den tilgrensende skiferbergarten var kraftig oppsprukket, og injeksjonsarbeidene var svært krevende. En kompliserende faktor var indikasjoner på at blandinger med mikrosement ikke herdet på flere døgn. Formålet med prøvingen var primært å undersøke herdeforløp og utviklingen av tidligfastheten hos de blandingene som ble brukt i løpet av den tiden forsøkene varte.

NOTEBY's oppdrag har omfattet planlegging av forsøkene, bemanning av feltlaboratoriet og framlegging av resultatene.

2. Omfang

Prøvingen har omfattet stoffblandinger av de mest benyttede sementene i den perioden laboratoriet var i drift som var Industrisement og Microcem 900. Herdeforløpet og ferske egenskaper av de benyttede reseptene på anlegget ble undersøkt.

I tillegg til dette ble det foretatt målinger av suspensjonenes inntregningsegenskaper med det svenske NES apparatet, filterpumpen og ved sandkolonneforsøk. For å få sammenligning med svenske erfaringer når det gjelder slike målinger, ble også sementer som Injektering 30 og Ultrafin 12 benyttet, men da bare i laboratorieblandinger.

En oversikt over hvilke prøver som ble gjennomført framgår av prøvejournalen i vedlegg 1.

For å gjennomføre programmet ble det rigget en laboratoriekontainer. Flere aktører har bidratt under gjennomføringen av prøvingen. Entreprenøren Veidekke ASA har bistått i forbindelse med tilrigging. Cementa AB har gjennomført prøving med NES-apparatet og Elkem ASA Materials har bidratt i forbindelse med utføring av sandkolonneforsøk.

3. Analyser og metoder

Følgende parametere ble undersøkt:

- **Temperatur**
Temperaturen ble målt i mørtel og luft.
- **Densitet**
Målingene av densitet ble utført med mud weight (API RP 13B, 12. utg. av september 1988).
- **Konsistens/fluiditet**
Konsistensen/viskositet ble bestemt ved utrenningstiden for en liter gjennom en trakt med en åpning på 4,75 mm ved prøveuttak fra blanderen.

Metoden er beskrevet i API RP 13B, 12. utg. av september 1988 hvor det benyttes en såkalt Marsh trakt. Metoden beskriver utrenning av 1 quart (946 cm³) prøvemengde og en kalibrering med vann som skal gi en utrenningstid på 26 sek ± 0,5 sek.

En tilsvarende metode er beskrevet i Norsk Betongforenings publikasjon nr. 14, "Utførelse av spennstålarbeider", pkt. 6.7.2, men publikasjonen beskriver et annet målevolum og en annen traktåpning (hhv. 2 liter og Ø 12,5 mm).

- **Vannutskillelse/volumstabilitet**
Målingene ble utført i henhold til Norsk Betongforenings publikasjon nr. 14, "Utførelse av spennstålarbeider", pkt. 6.7.1 "Vannutskillelse og volumstabilitet". Avlesingene ble utført etter 2 og 24 timer.
- **Fasthetsutvikling**
Fasthetsutviklingen ble målt ved bestemmelse av skjærfasthet over tid på prøver som ble oppbevart i kjøleskap. Ved ankomst laboratoriet ble ca 5 dl prøvemateriale støpt ut i kopper for bestemmelse av fasthetsøkning over tid. Den ble bestemt ved konusforsøk etter intern prosedyre basert på NS 8015 Geoteknisk prøving. Laboratoriemetoder. Bestemmelse av udrenert skjærstyrke ved konusprøving (februar 1988).
- **Korngradering**
Korngraderingen ble bestemt på injeksjonsmasse (våt) og sement (pulver) ved laserdiffraksjon av prøvematerialet etter intern prosedyre. Det ble benyttet en Coulter LS 230 og en Large Volume Module som rommer ca 1,1 liter vann.
- **Inntrengningsegenskaper**
Injeksjonsmørtelens inntrengningsegenskaper kan beskrives etter flere metoder. Prosjektet benyttet NES-metoden, med et apparat montert i en container utlånt fra Cements AB i en uke fra oppstart. Metoden er nærmere beskrevet i vedlegg 10, "NES-metod för mätning av injekteringsbruks och inntrengningsförmåga". Paul Sandberg, Cements AB. Særtrykk fra Svensk Bergs- og Brukstidning 5-6/97. Metoden går ut på å presse injeksjonsmassen gjennom en tynn spalte. Inntrengt masse i gram og tiden noteres.

Sandkolonneforsøkene beskriver også inntrengningsegenskapene. Metoden er blant annet beskrevet i "Fjellsprenningsteknikk, Bergmekanikk/Geoteknikk 1997: "Forbedret injeksjon ved bruk av mikrosilika". Apparatet ble utleid og betjent av Elkem Materials. Metoden går ut på å presse injeksjonsmasse inn i et rør på 90 cm som er fylt med en standard sand. Ved disse forsøkene ble det benyttet sand av typen Sibelco M34 med D50 på 15 µm.

Filterpumpeforsøket går ut på å trekke injeksjonsmassen inn i en stempelpumpe med et fint filter i enden. Dannelsen av filterkake og passert mengde rapporteres. Apparatet ble utleid og betjent av Elkem Materials.

4. Resultater

4.1 Generelt

Resultatene fremkommer som tabeller og diagrammer i vedleggene 2 – 9, det vises generelt til vedleggsoversikten.

Resultatene av NES-forsøkene er mottatt elektronisk fra Cements AB og Scancem Chemicals AS. Figurer og tabeller er presentert i sin originale form, men er påført topp- og buntekster og redigert noe med hensyn til format.

4.2 Sandkolonne- og filterpumpeforsøk

Kun få forsøk ble gjennomført etter disse metodene, fordi de viste seg å ikke være egnet for de sementtypene som ble anvendt på anlegget. De blandningene som ble testet er rapportert i sin helhet under.

Sandkolonne

Testet med filtersand av typen Sibelco M34, med D50 på 15 μ . I vann/bindemiddelforholdet, vbt, inngår både sement og silica.

vbt = 1,0 - 1,4% HPS, med Ultrafin 12 μ	:	15,5	cm
vbt = 1,3 - 2% HPS, med Microcem 900	:	2,5	cm
vbt = 1,3 - 15% GroutAid - 2% HPS, med Microcem 900	:	5,0	cm

Filterpumpe

Måling med filterpumpe ble utført på en blanding: Microcem 900 og vbt = 0,5.

Resultat: 1 – 2 ml og veldig tynn filterkake.

5. Kommentarer og vurderinger

Vedlegg 1 Prøvejournal viser hvilke blandinger som ble undersøkt og hvilke analyser som ble utført. Det framgår at det er hovedsakelig Microcem 900 som ble undersøkt, fordi dette var den sementen som hovedsakelig ble benyttet til injeksjon på den tiden.

Som det framgår av vedlegg 1 ble det bare utført bestemmelse av inntrengningsegenskaper etter NES-metoden og da bare i begynnelsen av prosjektet. Dette var forårsaket av behov for apparatet på andre prosjekter. Hovedmengden av de blandningene som ble undersøkt, var laboratorieblandinger med Injektering 30 i forskjellige blandingsforhold og med ulike tilsetninger av GroutAid og plastiserende stoffer, se vedleggene 7 og 8. Dette ble gjort fordi det tidlig ble klart at benyttede resepter på anlegget hadde svært liten inntrengningsevne selv for de tynneste blandningene.

De anvendte og undersøkte reseptene på anlegget framgår av vedlegg 2. Reseptene er benevnt som på anlegget og gjelder for Industrisement og Microcem 900. I det følgende vil vi knytte noen kommentarer til og vurderinger av resultatene. I den grad vi har sett det mulig å trekke fram noen sammenheng mellom enkeltresultatene, har vi gjort det.

5.1 Førskmørtel prøving

Resultatene av førskmørtel prøvingen framgår av vedlegg 3. Resultatene viser at for begge sementtypene øker gjennomrenningstiden med alderen mer for blandinger med de laveste vann/bindemiddelforholdene enn for de med høyere vanninnhold. Gjennomrenningstid ved et vann/bindemiddelforhold på 1,3 er nesten uendret etter 1 time.

Resultatene av målingene av vannutskillelse og ekspansjon viser at GroutAid i blandinger med høyt vann/bindemiddelforhold har en gunstig effekt på vannutskillelsen etter 24 timer, men innvirker i mindre grad på å redusere svinnet.

Sammenholdes vann/bindemiddelforholdet og densiteten viser disse, ikke uventet, en god korrelasjon, se diagrammene i vedlegg 3. Det tyder på at man hadde god kontroll på vandoseringene under blanding og at oppgitte vbt stemmer med faktiske forhold.

5.2 Korngraderingsanalyser

Alle sementer og GroutAid er analysert med hensyn til korngradering. Resultatene er presentert i tabell og diagrammer for hver sementtype, samt sammenstilt ved middelkurvene, se vedlegg 4.

Korngraderingene for Microcem 900 framstår med en avvikende kurve (nr. 114). Det ble opplyst fra blanderiggen at dette skyldtes innhold av Industrisement i omrøreren fra foregående blanding.

Korngraderingene er relativt jevne, men avviker noe fra oppgitte graderinger, se vedlagte kurver over oppgitte verdier fra produsentene. Resultatene kan oppsummeres som følger:

- Graderingen for GroutAid er jevn og sammenfallende med målinger foretatt i tidligere prosjekter.
- Graderingen for Microcem 900 samsvarer med det som er oppgitt
- Graderingen for Ultrafin 12 er betydelig grovere enn oppgitt
- Graderingen for Injektering 30 avviker betydelig fra det som er oppgitt
- Graderingen for Industrisement er ikke oppgitt. Den er relativt lik Injektering 30 med unntak av den øvre delen av kurven slakere tradisjonelt av som for andre kornete materialer.

5.3 Fasthetsutvikling for Microcem 900

Fasthetsutviklingen til Microcem 900 er vist ved vann/bindemiddelforholdene 0,5, 0,7 og 1,3.

Kurvene for fasthetsutvikling for blandinger med vbt = 0,5 er relativt tett samlet. Ser man nærmere på fasthetsutviklingen for blandinger 108, 119 og 115, 120 og utvikling av utrenningstider, ser en at forløpene har visse fellestrekk. Det foreligger ikke noen forklaringer på forskjellene i utviklingen av utrenningstidene og fastheten ut fra dataene. En sannsynlig forklaring er imidlertid at blandingen kan ha inneholdt rester av tidligere blandinger med GroutAid og derved gi andre karakteristika for fasthetsutvikling og utrenningstider. Korngraderingsanalysene kan også tyde på det. I den sammenheng henvises det også til kapittel 5.4 hvor korngraderingsanalysen kan gi sannsynlige forklaringer på "avvikende" fasthetsutviklinger.

Blandingene med et vbt lik 0,7 inneholder 7 % GroutAid. Sammenlignes blandingen med den foregående, framgår det en viss forskjell. Begge blandinger fikk den vesentligste fasthetstilveksten fra ca 5 timer. Imidlertid fikk blandinger med vbt = 0,5 en begynnende fasthetsutvikling med en gang.

Blandingene med vbt lik 1,3 kjennetegnes av liten endring i utrenningstid og langsom eller ikke fasthetstilvekst de første døgnene. Avvikende utvikling i fasthet skyldes antagelig vandoseringer avvikende fra det oppgitte, se for eksempel prøve nr. 103.

5.4 Fasthetsutvikling for Industrisement

Det ble tatt 4 prøver av blandinger med Industrisement. Med et vbt lik 0,6 er det utført 2 blandinger. Fasthetsutviklingen og utrenningstidene for blandinger er imidlertid vidt forskjellige. Prøve nr. 112 fikk også en viss umiddelbar "fasthet" allerede etter ca 1 time, noe

som kan indikere at blandingen inneholder rester av tidligere blandinger. Vurderes korngraderingene for Industrisementblandingene, går det fram at innblandingen ikke kan være GroutAid. Regnes det derimot på en sammensatt korngraderingen av Microcem 900 og Industrisement, gir et innhold på 36 % god overensstemmelse.

Blandingene med vbt lik 1,0 og 1,3, hhv. prøve 109 og 110, hadde like utrenningstider, men stor forskjell i fasthetsutvikling. Resultatene indikerer at blandinger med vbt over 1,0 ikke bør benyttes. En bør også merke seg at resept nr. 5 med vbt lik 0,6 tydeligvis herder langsommere enn blandinger etter resept nr. 11 med vbt lik 1,0 og 15 % GroutAid.

5.5 NES – forsøk

Det ble utført forsøk både med rene laboratorieblandinger og med prøver fra blanderiggen på stuff. Resultatene vises i vedleggene 7, 8 og 9. I de tilfellene hvor det ble utført annen prøving enn med NES-apparatet, er det referert til prøvenummer i tabellene (Løpnr.).

Metoden brukes i første rekke for å sammenligne forskjellige sammensetninger og sementers inntrengningsevne i en spalte. Det er ikke etablert noen akseptgrenser for metoden, det avgjørende er om massen har en tilfredsstillende inntrengningshastighet og –mengde uten at det bygger seg opp en "filterkake" over spalten som anvendes.

I disse forsøkene ble det anvendt spalter hovedsakelig på 75 µm. Det ble kjørt noen enkeltforsøk med 100 µm på Industrisement og Microcem 900. Det var kun blandinger med Injektering 30 som passerte 75 µm spalten. Verken Industrisement, Ultrafin 12 eller Microcem 900 klarte 100µm spalten. Prøvingen av sementene viste også en veldig stor forskjell mellom Injektering 30 og de andre sementtypene.

Inntrengningsegenskapene til Injektering 30 med og uten GroutAid ble undersøkt for vann/bindemiddelinholdene 0,7 og 1,3. Det ble ikke dokumentert noen forbedret inntrengningsevne med GroutAid for disse vann/bindemiddelforholdene. Det ble heller ikke dokumentert noen forbedrede inntrengningsegenskaper for de andre sementene med GroutAid.

6. Oppsummering

Forsøk for å beskrive inntrengningsevne kan summeres opp som følger:

- Forsøkene viste at filterpumpen og sandkolonnen ikke var anvendbare for de sementtypene og blandingsforholdene som ble anvendt på anlegget.
- Ved forsøk i NES-apparatet ble det heller ikke oppnådd tilfredsstillende gjennomtrengning for disse blandinger.
- Kun laboratorieblandinger med Injektering 30 viste seg å gi tilfredsstillende resultater med hensyn til inntrengning og stabilitet i NES-apparatet.

Prøving av ferske egenskaper og fasthet ble utført på alle prøver fra stuff samt noen fra laboratoriet. Resultatene av disse forsøkene kan summeres opp som følger:

- Relativt god repeterbarhet på fasthetsutvikling. Anomalier skyldes antagelig ett eller flere av forholdene alder, temperatur og renhet av massen i omrøreren
- Korngraderingsanalysene utført på massen gir en god kontroll på hvilke masser som inngår i de prøvetatte blandinger.

- Korngraderingene bestemt på GroutAid og Microcem 900 gir god overensstemmelse med verdiene oppgitt av produsentene.
- Korngraderingene bestemt på Injektering 30 og Ultrafin 12 gir liten overensstemmelse med verdiene oppgitt av produsentene.
- Korngraderingene bestemt på prøver av GroutAid fra lagertanken over tid viser at massen er stabil og ikke sedimenterer.
- Høye vann/bindemiddelforhold gir uakseptable, lange herdetider.
- Bestemmelsen av densitet gir en tilfredsstillende kontroll på det virkelige vann/bindemiddelforholdet i blandingen.

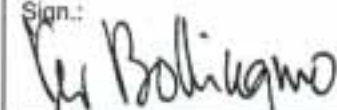
Arkivreferanser:

Fagområde:	Ingeniørgeologi		
Stikkord:	Injeksjonssement, feltprøving, mikrosement		
Land/Fylke:	Oslo	Kartblad:	
Kommune:	Oslo	UTM koordinater, Sone:	
Sted:	Tåsen	Øst:	Nord:

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
 Intern
 Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument 8. mai 2001		Revisjon 1 29. oktober 2001		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	08.05.01	JVH	29/10-01	JVH				
	Kontrollert	08.05.01	PH	29/10-01	PH				
Grunnlagsdata	Utarbeidet	08.05.01	JVH	29/10-01	JVH				
	Kontrollert	08.05.01	PH	29/10-01	PH				
Teknisk innhold	Utarbeidet	08.05.01	JVH	29/10-01	JVH				
	Kontrollert	08.05.01	PH	29/10-01	PH				
Format	Utarbeidet	08.05.01	JVH	29/10-01	JVH				
	Kontrollert	08.05.01	PH						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Seksjonsleder/Avdelingsleder)						Dato:	Sign.:		
						29.10.01			

Vedlegg 1

Prøvejournal

Tabell over undersøkte prøver – utførte forsøk

Lab nr.	Dato	Kl.	Prøvested Rigg nr.	Pel	Sement type	Resept nr.	v/c	Tilsetning		Anmerkning	Marsh trakt	Temp.	Densitet	Fasthetsutv.	Korngradering	NES	Sandkollonne*
								HPS	GroutAid								
100	20.02.01	08:35	1	710	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		X	X	X	X	X	X	
101	20.02.01	09:40	1	710	Microcem 900	9	0,7	ja	ja		X	X	X	X	X	X	
102	20.02.01	11:25	1	710	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		X	X	X	X	X	X	
103	22.02.01	08:20	1	721	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		X	X	X	X	X	X	
104	22.02.01	08:20	1	721	Microcem 900	9	0,7	ja	ja		X	X	X	X	X	X	
105	22.02.01	-	Lab	-	Microcem 900	-	ca.1	-	-						X		
106	22.02.01	-	Lab	-	Injektering 30	-	ca.1	-	-						X		
107	22.02.01	-	Lab	-	Ultrafin 12	-	ca.1	-	-						X		
108	22.02.01	11:25	1	721	Microcem 900	6	0,5				X	X	X	X	X	X	
109	22.02.01	14:35	1	721	Industrisement	11	1,0	ja	ja		X	X	X	X	X	X	
110	22.02.01	16:50	1	721	Industrisement	10	1,3	ja	ja		X	X	X	X	X	X	
111	26.02.01	20:30	1	-	Industrisement	-	ca.1	-	-	Prøve fra storsekk					X		
112	26.02.01	21:30	1	732	Industrisement	5	0,6	ja	-		X	X	X	X	X		
113	27.02.01	00:01	1	732	Industrisement	5	0,6	ja	-		X	X	X	X	X		
114	28.02.01	12:33	1	732	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		X	X	X	X	X		
115	28.02.01	14:27	1	732	Microcem 900	6	0,5	ja	-		X	X	X	X	X		X*
116	28.02.01	14:30	1	732	GroutAid	-	-	-	-	Fra palletank v. rigg			X		X		
117	28.02.01	14:30	1	732	Microcem 900	-	ca.1	-	-	Fra tank på rigg					X		
118	28.02.01	17:45	1	732	Microcem 900	9	0,7	ja	ja		X	X	X	X	X		
119	01.03.01	10:57	1	732	Microcem 900	6	0,5	ja	-		X	X	X	X	X		
120	01.03.01	12:55	1	732	Microcem 900	6	0,5	ja	-		X	X	X	X	X		
121	01.03.01	15:30	-	-	GroutAid	-	-	-	-	Fra palletank i tunnel					X		

X* Ett forsøk utført av resept nr. 6 med filterpumpe uten referanse til laboratorie nr.

Vedlegg 2

Anvendte resepter på anlegget

- Industrisement
- Mikrocem 900

Industrisement

Resepter for undersøkte prøver

Resept 5	Vekt, kg	Densitet, kg/dm ³	Volum, dm ³	%
Sement	240	3,15	76,2	
GroutAid	0	1,40	0,0	0,0
HPS	5	1,20	4,2	2,1
Vann	144	1,00	144,0	
Totalt	389		224,4	
Densitet, kg/m ³	1734			
v/c	0,61			

Resept 10	Vekt, kg	Densitet, kg/dm ³	Volum, dm ³	%
Sement	175	3,15	55,6	
GroutAid	87	1,40	62,1	19,91
HPS	5	1,20	4,2	2,3
Vann	239	1,00	239,0	
Totalt	506		360,9	
Densitet, kg/m ³	1402			
v/c	1,31			

Resept 11	Vekt, kg	Densitet, kg/dm ³	Volum, dm ³	%
Sement	216	3,15	68,6	
GroutAid	76	1,40	54,3	15,0
HPS	5	1,20	4,2	2,0
Vann	212	1,00	212,0	
Totalt	509		339,0	
Densitet, kg/m ³	1501			
v/c	1,00			

Microcem 900

Resepter for undersøkte prøver

Resept 6	Vekt, kg	Densitet, kg/dm ³	Volum, dm ³	%
Sement	240	3,15	76,2	
GroutAid	0	1,40	0,0	0,0
HPS	5	1,20	4,2	2,1
Vann	120	1,00	120,0	
Totalt	365		200,4	
Densitet, kg/m ³	1822			
v/c	0,51			

Resept 7	Vekt, kg	Densitet, kg/dm ³	Volum, dm ³	%
Sement	187	3,15	59,4	
GroutAid	66	1,40	47,1	15,00
HPS	5	1,20	4,2	2,3
Vann	250	1,00	250,0	
Totalt	508		360,7	
Densitet, kg/m ³	1408			
v/c	1,30			

Resept 9	Vekt, kg	Densitet, kg/dm ³	Volum, dm ³	%
Sement	271	3,15	86,0	
GroutAid	40	1,40	28,6	6,9
HPS	6	1,20	5,0	1,9
Vann	180	1,00	180,0	
Totalt	497		299,6	
Densitet, kg/m ³	1659			
v/c	0,70			

Vedlegg 3

Resultater av ferskmørtelprøving

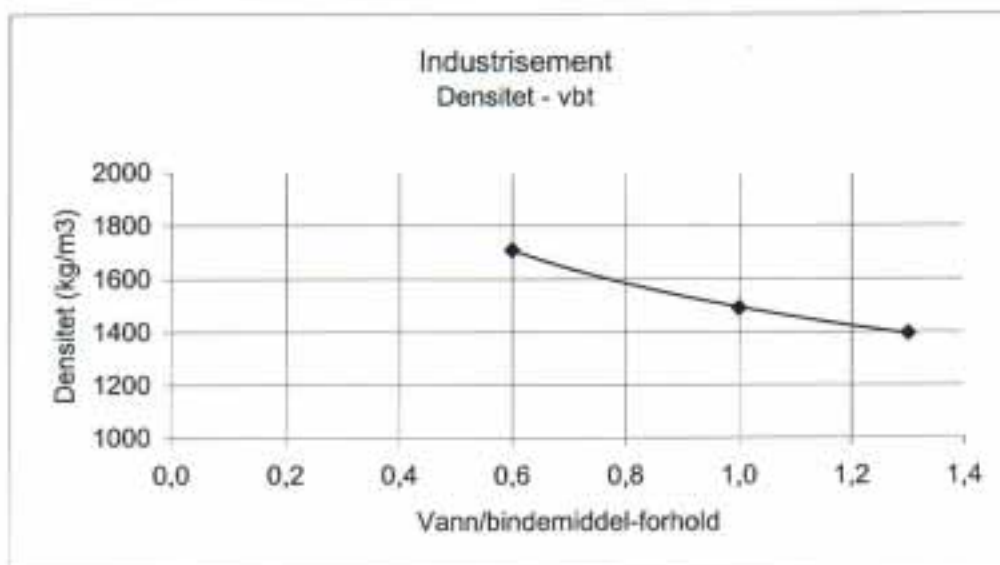
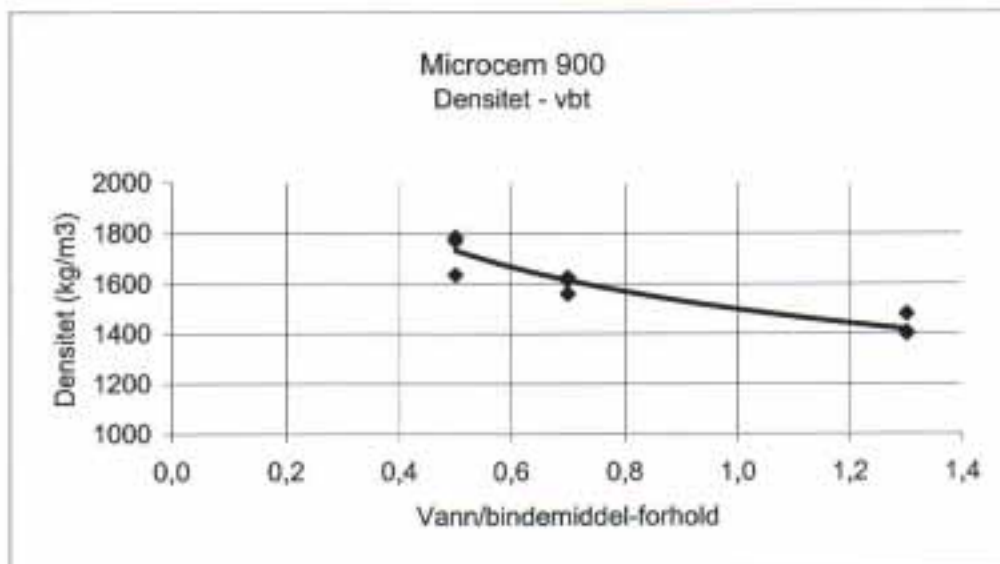
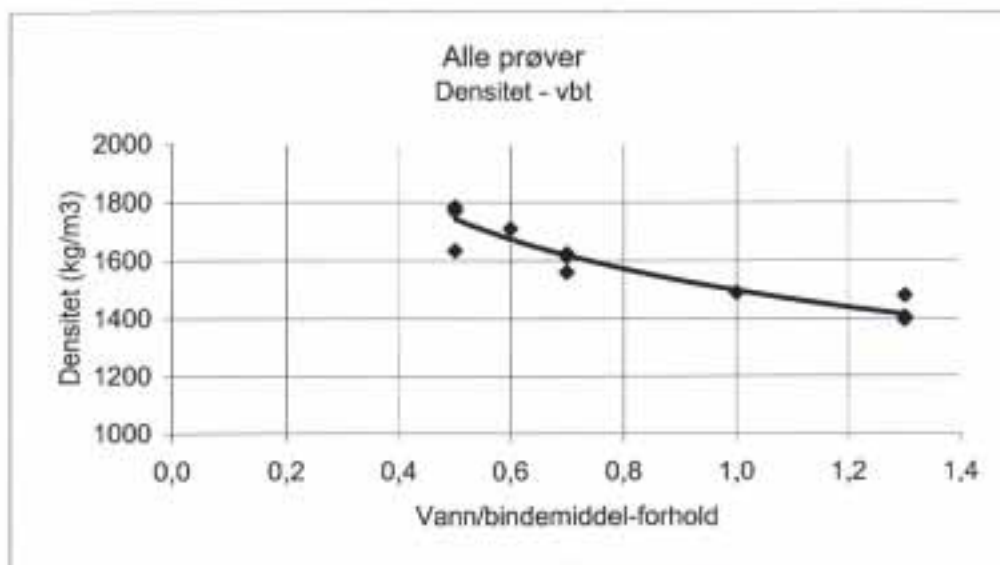
Tabell. Resultater av fersk mørtelprøving, flytegenskaper og stabilitet

Diagram. Forhold mellom densitet og vann/bindemiddelforhold

Labnr	Dato	Kl.	Rigg nr.	Injisert Pel	Sement type	Resept nr.	w/c	Tilsetning		GroutAid % ^{*1}	Alder ^{*2} min	Temp. C ^o		Viskositet (Marsh, tid sek.)			Densitet kg/m ³	Ekspansjon / vannutskillelse			
								Type	%			Mørtel	Luft	0 min.	30 min.	60 min.		Etter 2 timer		Etter 24 timer	
																		Eksp. %	V.utsk.%	Eksp. %	V.utsk.%
100	20.02.01	08:35	1	710	Microcem 900	7	1,3	HPS	2	15	5	9,5	6,4	34	34	36	1400	-1,0	0,5	-2,0	1,0
101	20.02.01	09:40	1	710	Microcem 900	9	0,7	HPS	2	7	5	10,0	6,5	-	47	53	1615	0,0	0,0	0,0	0,0
102	20.02.01	11:25	1	710	Microcem 900	7	1,3	HPS	2	15	5	10,0	6,5	-	33	35	1405	-0,5	0,5	-1,0	0,5
103	22.02.01	08:20	1	721	Microcem 900	7	1,3	HPS	2	15	10	12,0	8,5	-	34	36	1480	-1,0	0,5	-2,0	0,0
104	22.02.01	08:20	-	721	Microcem 900	9	0,7	HPS	2	7	10	11,6	8,5	-	38	42	1560	-1,0	0,0	-1,0	0,0
105	22.02.01	-	Lab	-	Microcem 900	-	ca.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	22.02.01	-	Lab	-	Injektering 30	-	ca.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107	22.02.01	-	Lab	-	Ultrafin 12	-	ca.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	22.02.01	11:25	1	721	Microcem 900	6	0,5	-	-	-	5	12,5	9,5	-	94	150	1770	0,0	0,0	-0,5	0,0
109	22.02.01	14:35	1	721	Industrisement	11	1,0	HPS	2	15	10	9,6	8,5	-	39	41	1490	0,0	0,0	-1,0	0,0
110	22.02.01	16:50	1	721	Industrisement	10	1,3	HPS	2	20	0	6,4	8,5	39	-	43	1395	0,0	0,0	-1,0	0,0
111	26.02.01	20:30	1	-	Industrisement	-	ca.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112	26.02.01	21:30	1	732	Industrisement	5	0,6	HPS	2	-	7	14,9	5,3	-	90	151	1710	-0,5	0,2	-1,0	0,0
113	27.02.01	00:01	1	732	Industrisement	5	0,8	HPS	2	-	2	12,9	6,1	-	62	87	1710	-0,5	0,2	-1,0	0,0
114	28.02.01	12:33	1	732	Microcem 900	7	1,3	HPS	2	15	0	6,7	3,3	35	44	46	1400	0,0	0,0	-0,7	0,5
115	28.02.01	14:27	1	732	Microcem 900	6	0,5	HPS	2	-	0	11,6	5,0	66	172	stopp	1635	-0,5	0,0	-1,0	0,0
116	28.02.01	14:30	1	732	GroutAid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1400	-	-	-	-
117	28.02.01	14:30	1	732	Microcem 900	-	ca.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
118	28.02.01	17:45	1	732	Microcem 900	9	0,7	HPS	2	7	0	11,2	5,1	41	52	57	1625	0,0	0,0	-0,2	0,0
119	01.03.01	10:57	1	732	Microcem 900	6	0,5	HPS	2	-	5	10,7	3,2	-	102	128	1785	-0,2	0,0	-0,5	0,0
120	01.03.01	12:55	1	732	Microcem 900	6	0,5	HPS	2	-	12	17,1	3,2	-	57	204	1775	-0,2	0,0	-1,0	0,0
121	01.03.01	15:30	-	-	GroutAid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1400	-	-	-	-

*1 % tørrstoff av sement + silika

*2 Mørtelens alder i blanderen ved prøvetaking



Vedlegg 4

Resultater av korngraderingsanalysen

Tabell. Resultater av korngradering

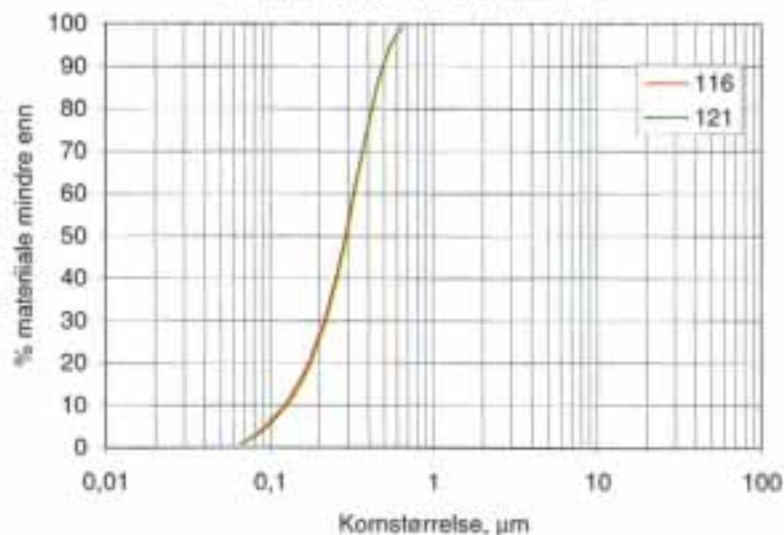
Diagram. Resultater av korngradering

Diagram. Middelerverdier og verdier fra datablad (d). GroutAid (ikke d), Injeksjon 30 og Industrisement.

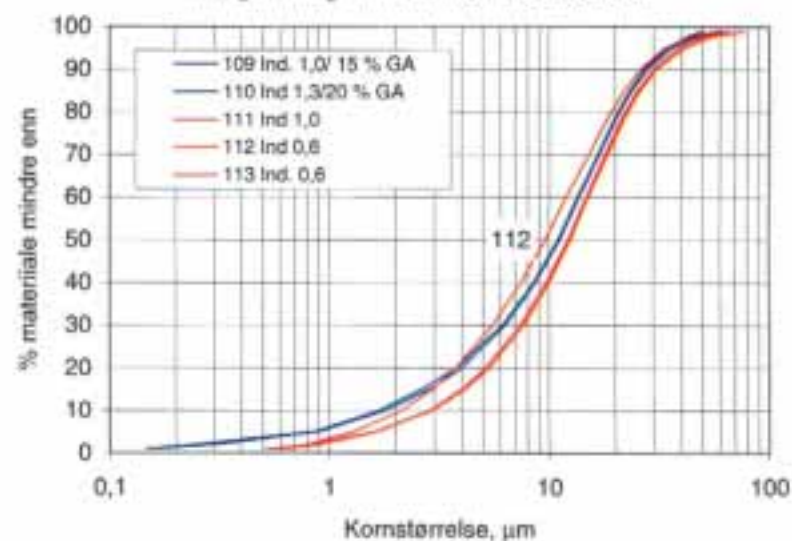
Diagram. Middelerverdier og verdier fra datablad (d). GroutAid (ikke d), Mikrocem 900 og Ultrafin 12.

Lab nr.	Dato	Kl.	Provested Rigg nr.	Pel	Sement type	Resept nr.	v/c	Tilsetning		Anmerking	Korngredning																		
								HPS	Gr.Aid		1 µm	2 µm	5 µm	10 µm	15 µm	20 µm	30 µm	40 µm	50 µm	60 µm	70 µm	80 µm	85 µm	90 µm	95 µm	97 µm	98 µm	99 µm	
								100	20.02.01		08:35	1	710	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		0,13	0,19	0,57	1,16	1,64	2,14	3,21	4,34	5,55	6,92
101	20.02.01	09:40	1	710	Microcem 900	9	0,7	ja	ja		0,15	0,27	0,72	1,30	1,86	2,44	3,61	4,79	6,02	7,39	9,01	11,16	12,64	14,87	20,01	26,12	31,61	43,67	
102	20.02.01	11:25	1	710	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		0,13	0,19	0,56	1,14	1,62	2,13	3,22	4,35	5,55	6,88	8,46	10,51	11,89	13,92	16,04	22,36	26,30	32,50	
103	22.02.01	08:20	1	721	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		0,14	0,23	0,68	1,28	1,84	2,41	3,51	4,63	5,82	7,17	8,80	11,02	12,61	15,03	20,28	25,05	28,90	35,25	
104	22.02.01	08:20	1	721	Microcem 900	9	0,7	ja	ja		0,16	0,30	0,78	1,32	1,83	2,36	3,43	4,54	5,72	7,08	8,73	11,01	12,69	15,32	21,34	26,57	30,82	39,12	
105	22.02.01	-	Lab	-	Microcem 900	-	ca.1	-	-		0,40	0,59	1,01	1,60	2,17	2,73	3,86	5,03	6,28	7,71	9,43	11,69	13,28	15,54	19,92	23,57	26,48	31,01	
106	22.02.01	-	Lab	-	Injeksring 30	-	ca.1	-	-		0,50	0,77	1,45	2,53	3,67	4,87	7,46	10,25	13,09	15,96	18,90	22,06	23,67	26,04	29,08	30,95	32,26	34,35	
107	22.02.01	-	Lab	-	Ultrafin 12	-	ca.1	-	-		0,31	0,50	0,94	1,53	2,05	2,54	3,48	4,42	5,44	6,57	7,93	9,68	10,85	12,50	15,34	17,41	18,93	21,26	
108	22.02.01	11:25	1	721	Microcem 900	6	0,5	-	-		0,40	0,57	0,95	1,49	2,04	2,60	3,71	4,83	6,02	7,35	8,93	11,01	12,45	14,49	16,60	22,61	26,31	32,39	
109	22.02.01	14:38	1	721	Industrisement	11	1,0	ja	ja		0,16	0,30	0,92	1,81	2,86	4,01	6,33	8,69	11,18	13,88	16,97	21,00	23,85	28,01	36,32	43,62	50,50	61,25	
110	22.02.01	16:50	1	721	Industrisement	10	1,3	ja	ja		0,15	0,25	0,87	1,69	2,64	3,78	6,13	8,51	10,99	13,68	16,77	20,89	23,43	27,24	34,80	40,08	44,20	50,36	
111	26.02.01	20:30	1	-	Industrisement	-	ca.1	-	-	Prøve fra stovsøkk	0,60	0,88	1,65	2,90	4,12	5,30	7,61	9,97	12,45	15,18	18,39	22,68	25,89	30,72	40,95	50,48	59,20	78,55	
112	26.02.01	21:30	1	732	Industrisement	5	0,6	ja	-		0,57	0,78	1,30	2,11	2,93	3,76	5,50	7,41	9,58	12,09	15,13	19,16	21,97	25,99	33,73	40,78	47,16	57,81	
113	27.02.01	00:01	1	732	Industrisement	5	0,6	ja	-		0,52	0,82	1,62	2,84	4,00	5,13	7,36	9,70	12,15	14,84	17,98	22,14	25,07	29,58	36,82	47,06	54,01	65,16	
114	28.02.01	12:33	1	732	Microcem 900	7	1,3	ja	ja		0,14	0,26	0,97	1,62	2,24	2,87	4,22	5,71	7,43	9,55	12,33	16,41	19,39	23,69	31,17	37,04	42,02	50,17	
115	28.02.01	14:27	1	732	Microcem 900	6	0,5	ja	-		0,23	0,44	0,86	1,37	1,84	2,28	3,16	4,05	5,03	6,17	7,62	9,72	11,39	14,22	21,40	26,99	32,03	43,08	
116	28.02.01	14:30	1	732	GroutAid	-	-	-	-	Fra palletten v. rigg	0,06	0,07	0,09	0,12	0,15	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,59	0,61	0,65	
117	28.02.01	14:30	1	732	Microcem 900	-	ca.1	-	-	Fra tank på rigg	0,25	0,44	0,87	1,40	1,89	2,35	3,27	4,22	5,27	6,51	8,08	10,42	12,25	15,43	23,14	29,16	34,33	44,14	
118	28.02.01	17:45	1	732	Microcem 900	9	0,7	ja	ja		0,13	0,21	0,56	1,21	1,75	2,28	3,28	4,27	5,31	6,48	7,87	9,69	10,94	12,69	16,07	19,29	22,03	26,92	
119	01.03.01	10:57	1	732	Microcem 900	6	0,5	ja	-		0,18	0,34	0,75	1,25	1,72	2,18	3,10	4,03	5,02	6,14	7,54	9,46	10,84	12,99	16,22	22,64	25,70	30,05	
120	01.03.01	12:55	1	732	Microcem 900	6	0,5	ja	-		0,32	0,52	0,92	1,48	2,02	2,55	3,59	4,63	5,75	7,02	8,56	10,59	12,00	14,06	18,28	22,32	25,87	31,77	
121	01.03.01	15:30	-	-	GroutAid	-	-	-	-	Fra palletten i tunnel	0,07	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,22	0,26	0,29	0,33	0,37	0,42	0,45	0,49	0,55	0,59	0,62	0,65	

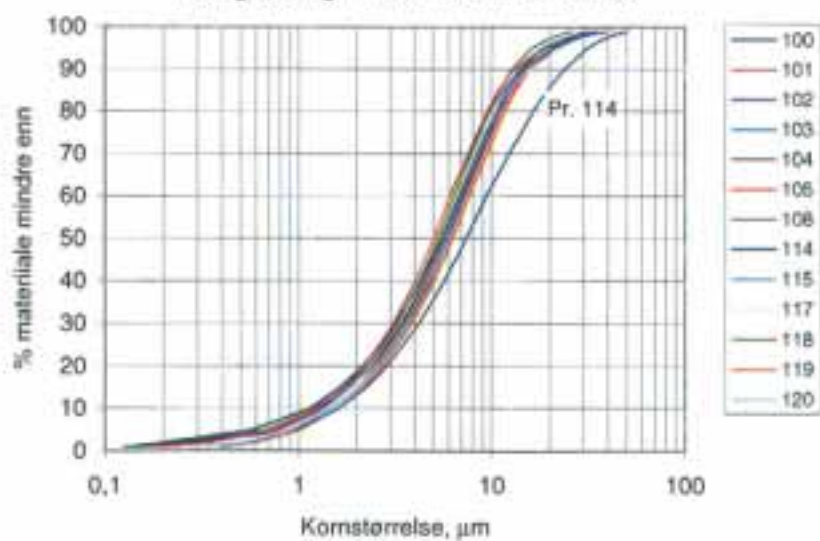
Korngradering - Prøver av GroutAid



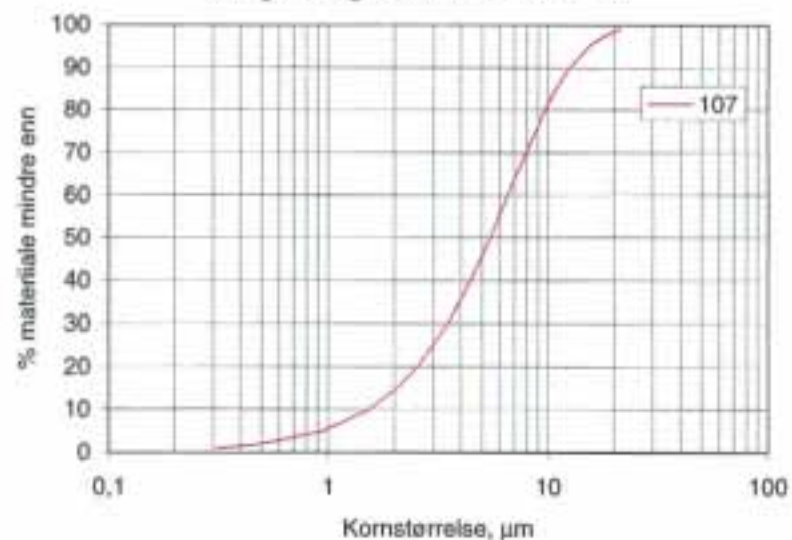
Korngradering - Prøver med Industrisement



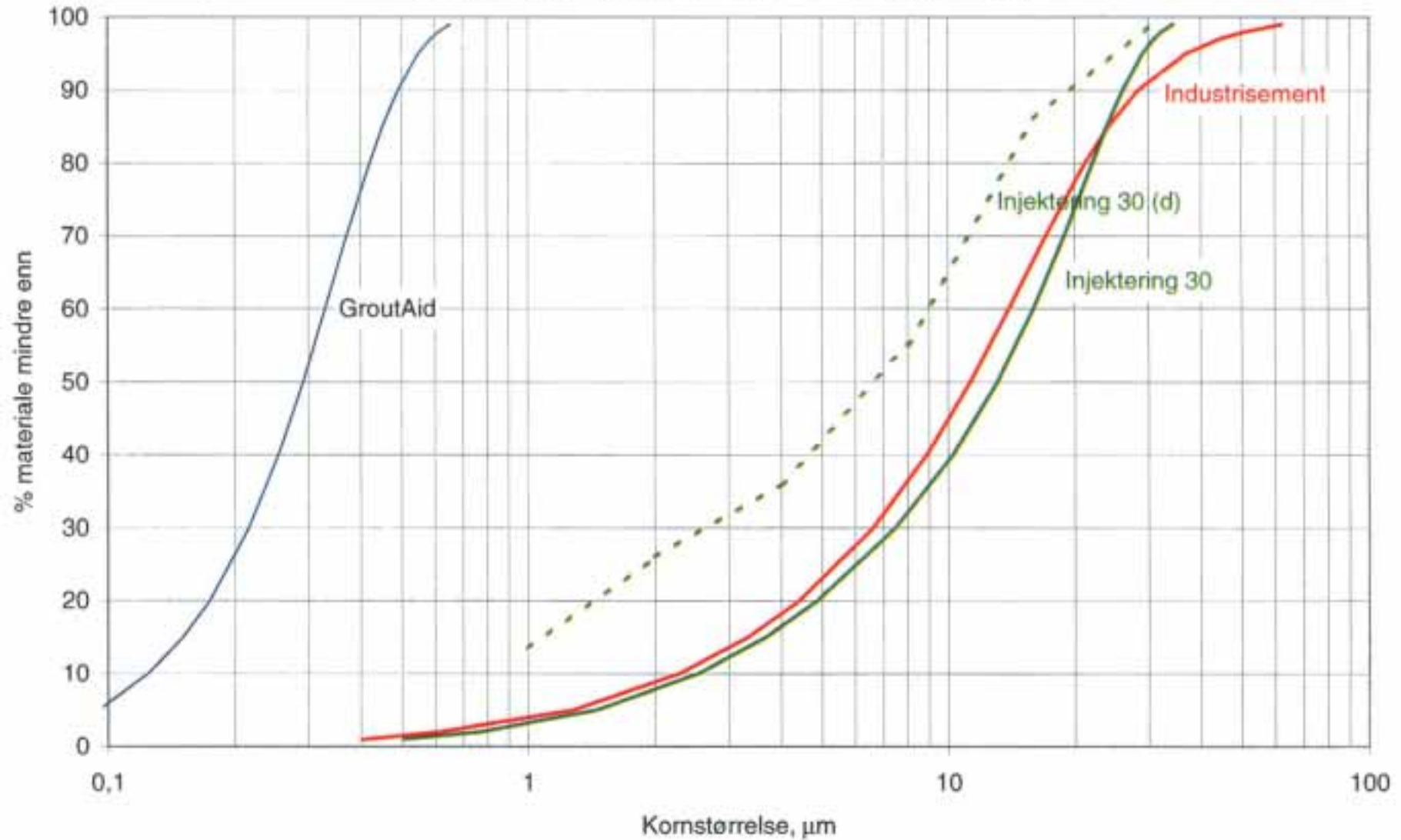
Korngradering - Prøver med Microcem 900



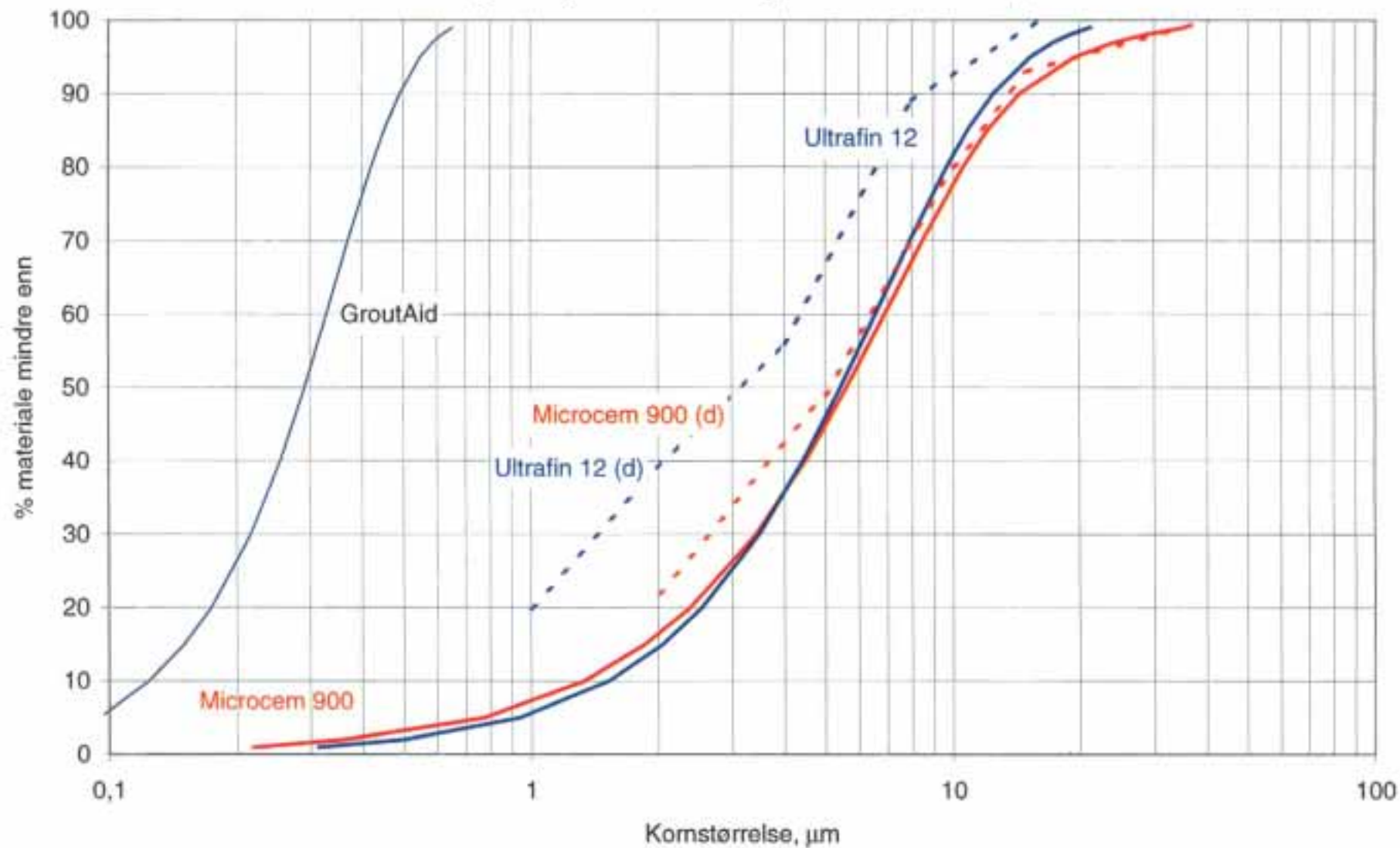
Korngradering - Prøver med Ultrafin 12



Korngradering - Middelerverdier og verdier fra datablad (d)



Korngradering - Middelerverdier og verdier fra datablad (d)



Vedlegg 5

Ferske egenskaper – fasthetsutvikling for Microcem 900. (Resept 6, 7 og 9)

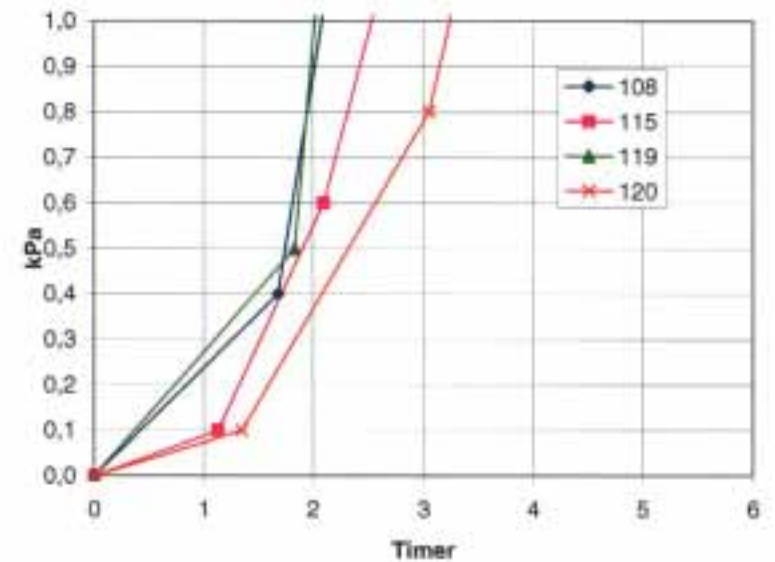
Tabell og diagram for hver resept.

Microcem 900
Resept 6, v/c 0,5 - 2% HPS

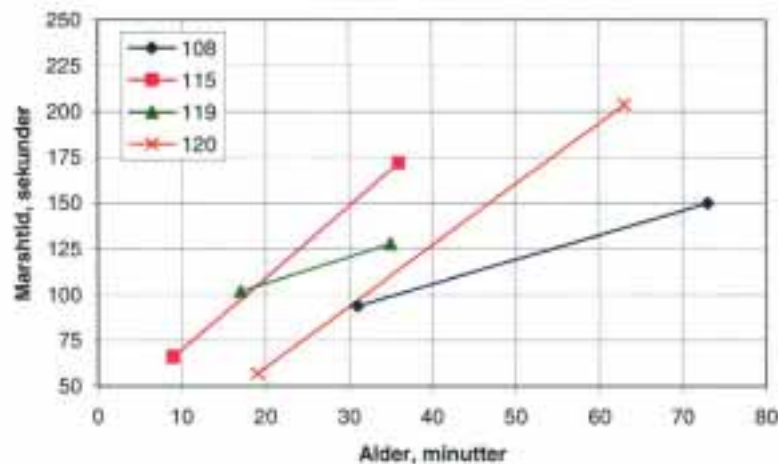
Prøve nr.	Densitet, kg/m ³	Volumforandring, %		Vannutskillelse, %	
		2 timer	24 timer	2 timer	24 timer
108	1770	0,0	-0,5	0,0	0,0
115	1635	-0,5	-1,0	0,0	0,0
119	1785	-0,2	-0,5	0,0	0,0
120	1775	-0,2	-1,0	0,0	0,0
Snitt	1741	-0,2	-0,7	0,0	0,0
Teoretisk	1822				

Prøve	Alder, min.	Marsh Tid, sek	Temp
108	-	-	12,5
	31	94	12,8
	73	150	11,2
115	9	66	11,6
	36	172	8,3
	62	Stopp	7,2
119	17	102	10,7
	35	128	10,0
	-	-	10,2
120	-	-	-
	19	57	17,1
	63	204	13,7

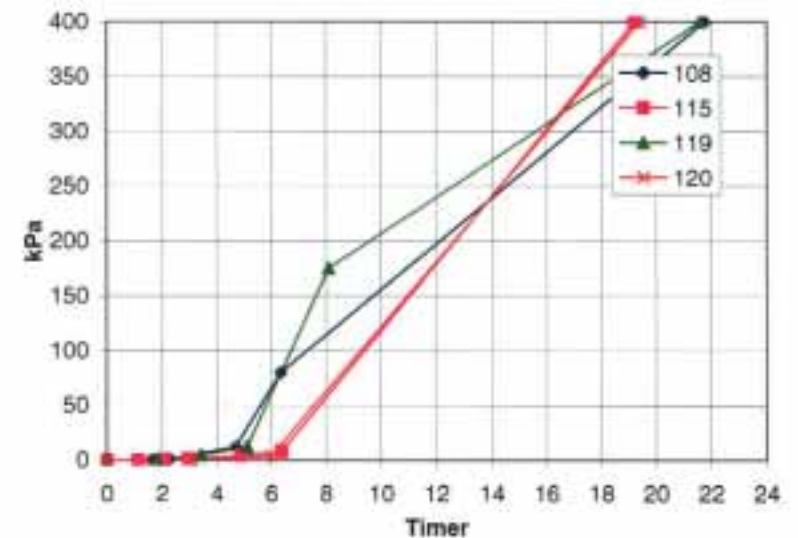
Fasthetsutvikling



Marshetid



Fasthetsutvikling

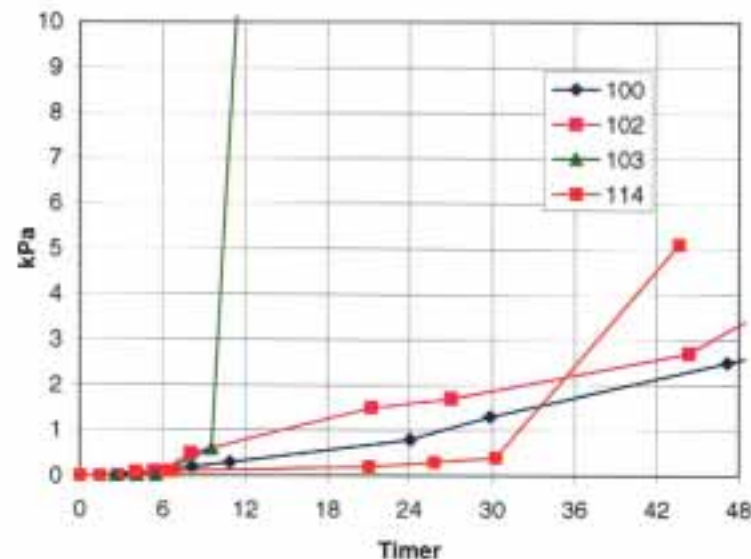


Microcem 900
Resept 7, v/c 1,3 - 15% GroutAid - 2%HPS

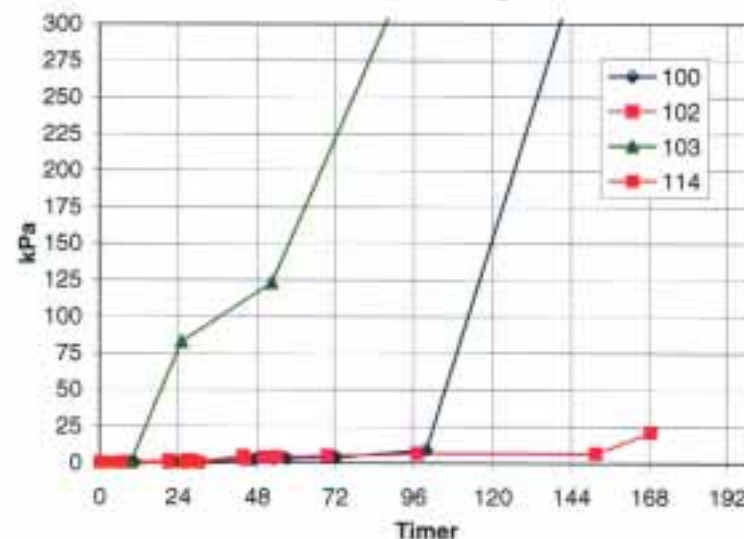
Prøve nr.	Densitet, kg/m ³	Volumforandring, %		Vannutskillelse, %	
		2 timer	24 timer	2 timer	24 timer
100	1400	-1,0	-2,0	0,5	1,0
102	1405	-0,5	-1,0	0,5	0,5
103	1480	-1,0	-2,0	0,5	0,0
114	1400	0,0	-0,7	0,0	0,5
Snitt	1421	-0,6	-1,4	0,4	0,5
Teoretisk		1408			

Prøve	Alder, min.	Marsh Tid, sek	Temp
100	7	34	9,5
	50	34	10,1
	81	36	10,5
102	-	-	-
	15	33	10,0
103	-	-	-
	72	35	10,3
103	-	-	-
	26	34	12,0
	75	36	11,6
114	6	35	6,7
	30	44	8,2
	61	46	12,1

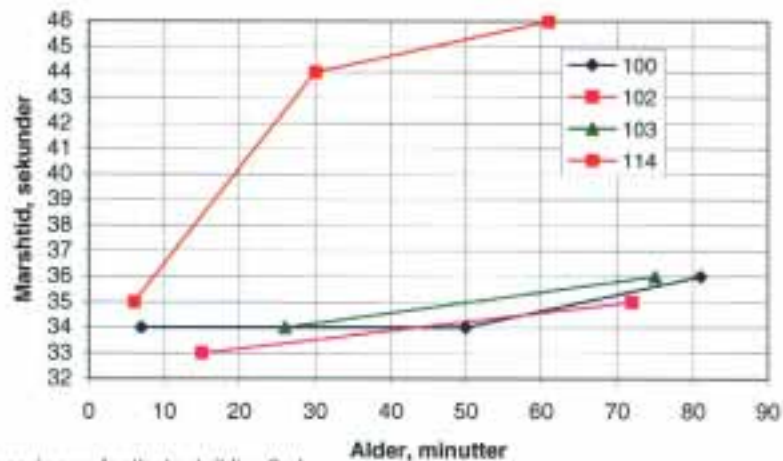
Fasthetsutvikling



Fasthetsutvikling



Marshetid

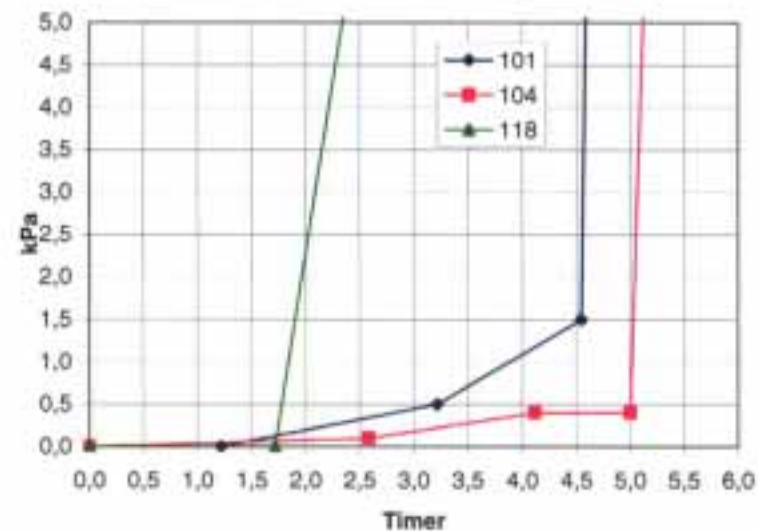


Microcem 900 Resept 9, v/c 0,7 - 7% GroutAid - 2%HPS

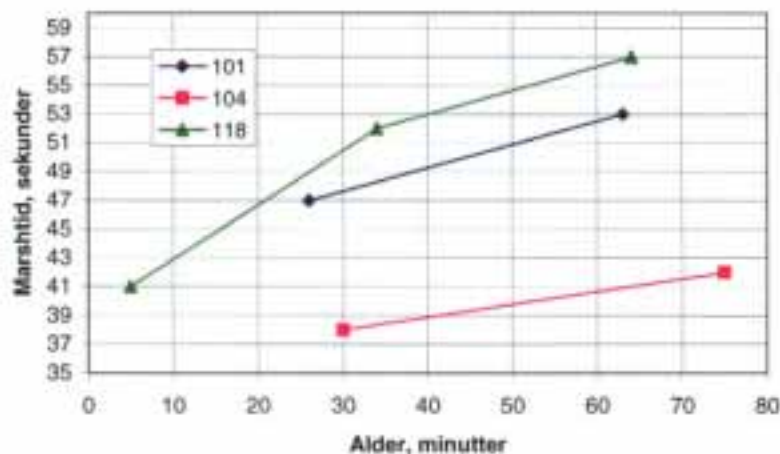
Prøve nr.	Densitet, kg/m ³	Volumforandring, %		Vannutskillelse, %	
		2 timer	24 timer	2 timer	24 timer
101	1615	0,0	0,0	0,0	0,0
104	1560	-1,0	-1,0	0,0	0,0
118	1625	0,0	-0,2	0,0	0,0
Snitt	1600	-0,3	-0,4	0,0	0,0
Teoretisk	1659				

Prøve	Alder, min.	Marsh Tid, sek	Temp, °C
101	-	-	-
	26	47	10,0
	63	53	11,5
104	-	-	-
	30	38	11,6
	75	42	12,0
118	5	41	11,2
	34	52	7,5
	64	57	8,0

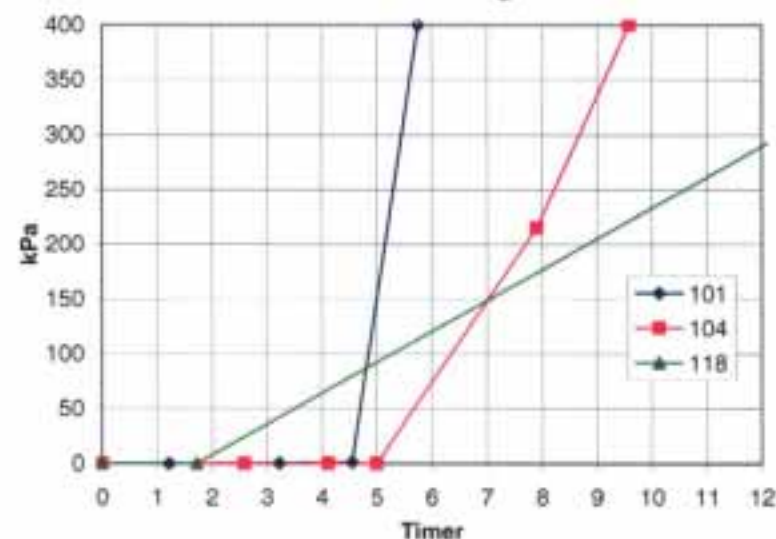
Fasthetsutvikling



Marshetid



Fasthetsutvikling



Vedlegg 6

Ferske egenskaper – fasthetsutvikling for Industrisement. (Resept 5, 10 og 11)

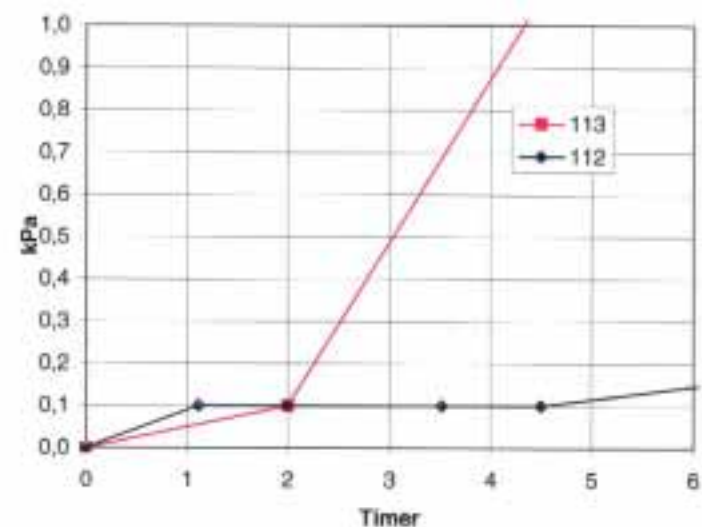
Tabell og diagram for hver resept.

Industrisement Resept 5, v/c 0,6 - 2% HPS

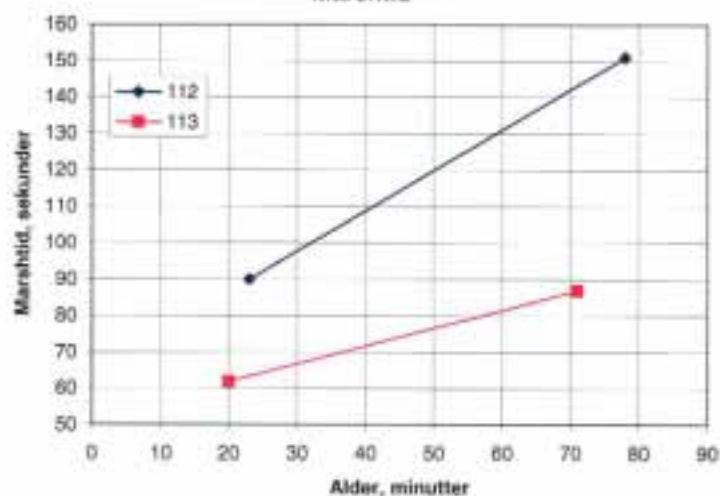
Prøve nr.	Densitet, kg/m ³	Volumforandring, %		Vannutskillelse, %	
		2 timer	24 timer	2 timer	24 timer
112	1710	-0,5	-1,0	0,2	0,0
113	1710	-0,5	-1,0	0,2	0,0
Snitt	1710	-0,5	-1,0	0,2	0,0
Teoretisk	1734				

Prøve	Alder, min.	Marsh Tid, sek	Temp
112	-	-	-
	23	90	17,3
	78	151	13,9
113	-	-	-
	20	62	13,3
	71	87	10,2

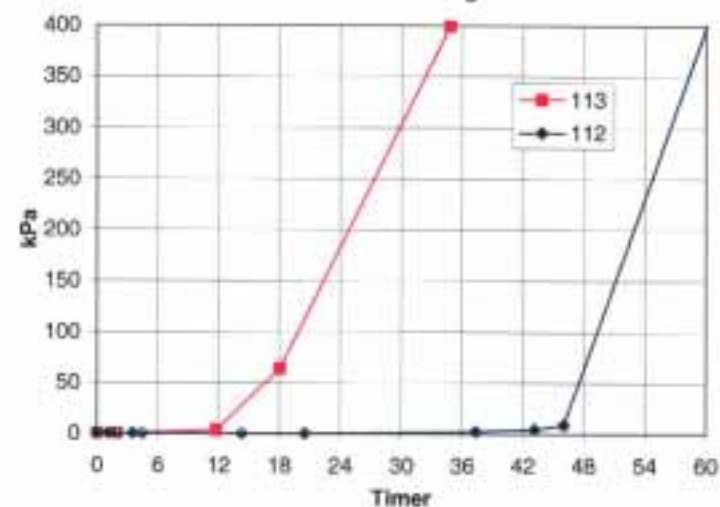
Fasthetsutvikling



Marshetid



Fasthetsutvikling



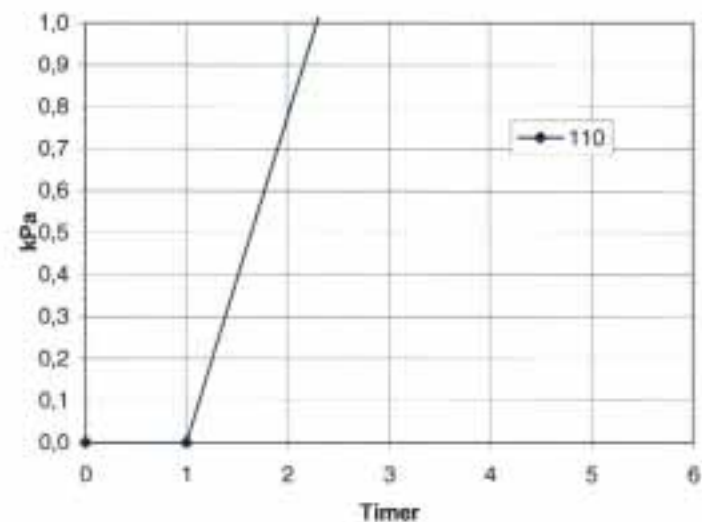
Industrisement

Resept 10, v/c 1,3 - 20% GroutAid - 2% HPS

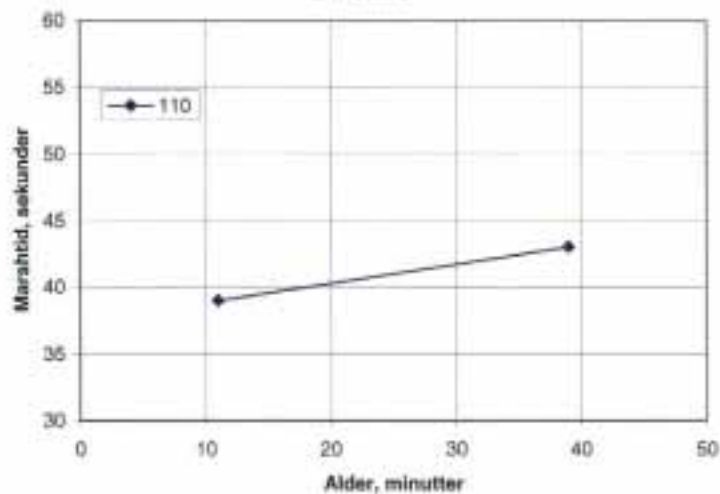
Prøve nr.	Densitet, kg/m ²	Volumforandring, %		Vannutskillelse, %	
		2 timer	24 timer	2 timer	24 timer
110	1395	0,0	-1,0	0,0	0,0
Teoretisk	1402				

Prøve	Alder, min.	Marsh Tid, sek	Temp
110	11	39	7,5
	39	43	5,9
	-	-	-

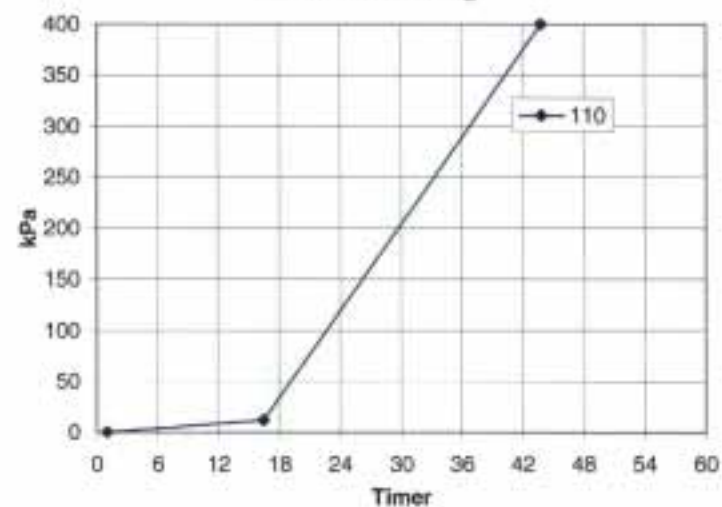
Fasthetsutvikling



Marshetid



Fasthetsutvikling



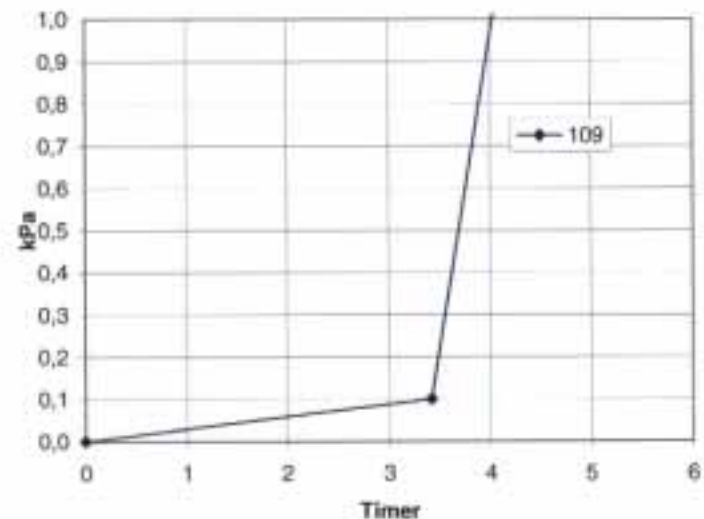
Industrisement

Resept 11, v/c 1,0 - 15% GroutAid - 2% HPS

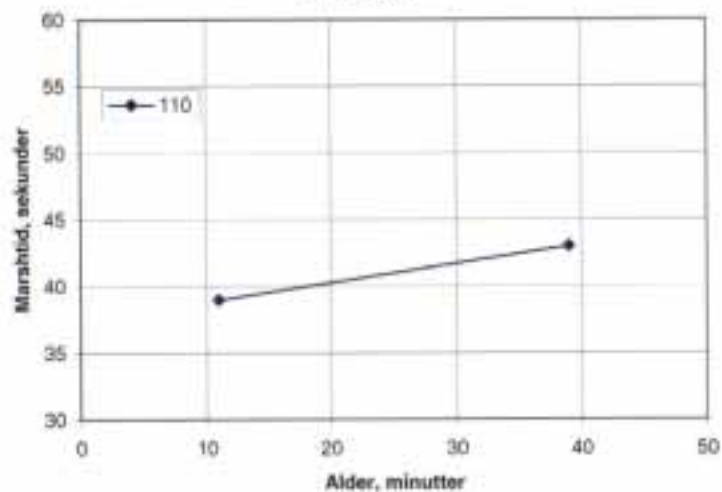
Prøve nr.	Densitet, kg/m ³	Volumforandring, %		Vannutskillelse, %	
		2 timer	24 timer	2 timer	24 timer
109	1490	0,0	-1,0	0,0	0,0
Teoretisk	1501				

Prøve	Ålder, min.	Marsh Tid, sek	Temp
109	-	-	-
	31	39	11,1
	78	41	7,6

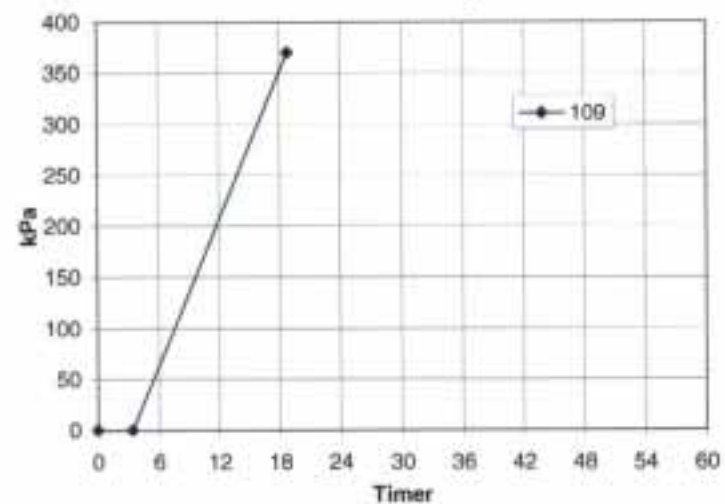
Fasthetsutvikling



Marshetid



Fasthetsutvikling



Vedlegg 7

NES-forsøk 20.02.2001

Tabeller over forsøk utført 20.02.2001, 2 stk.

Diagrammer over inntrengningsmengder.

NES-forsøk 20.02.2001

T-Baneringen

100212

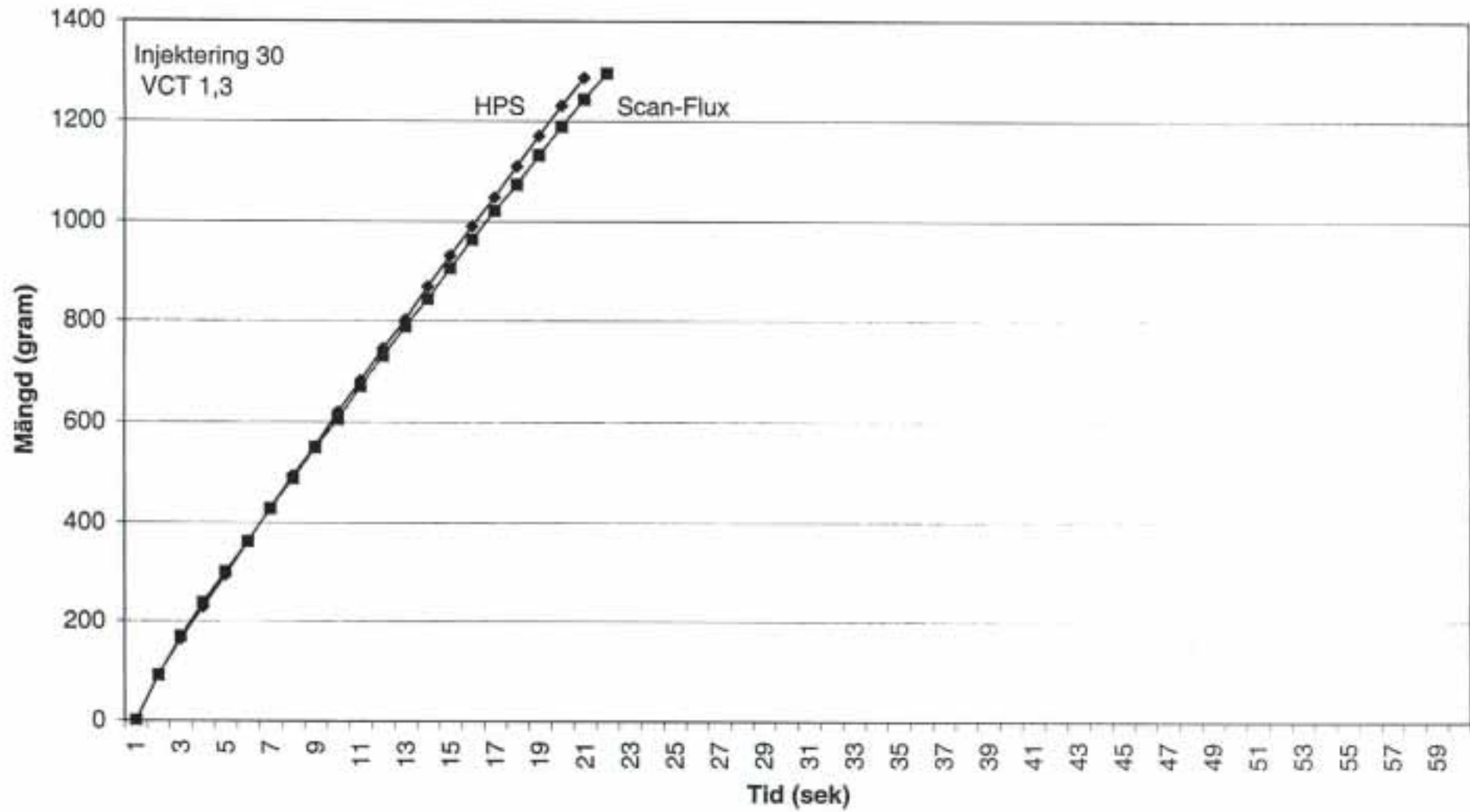
29.03.2001

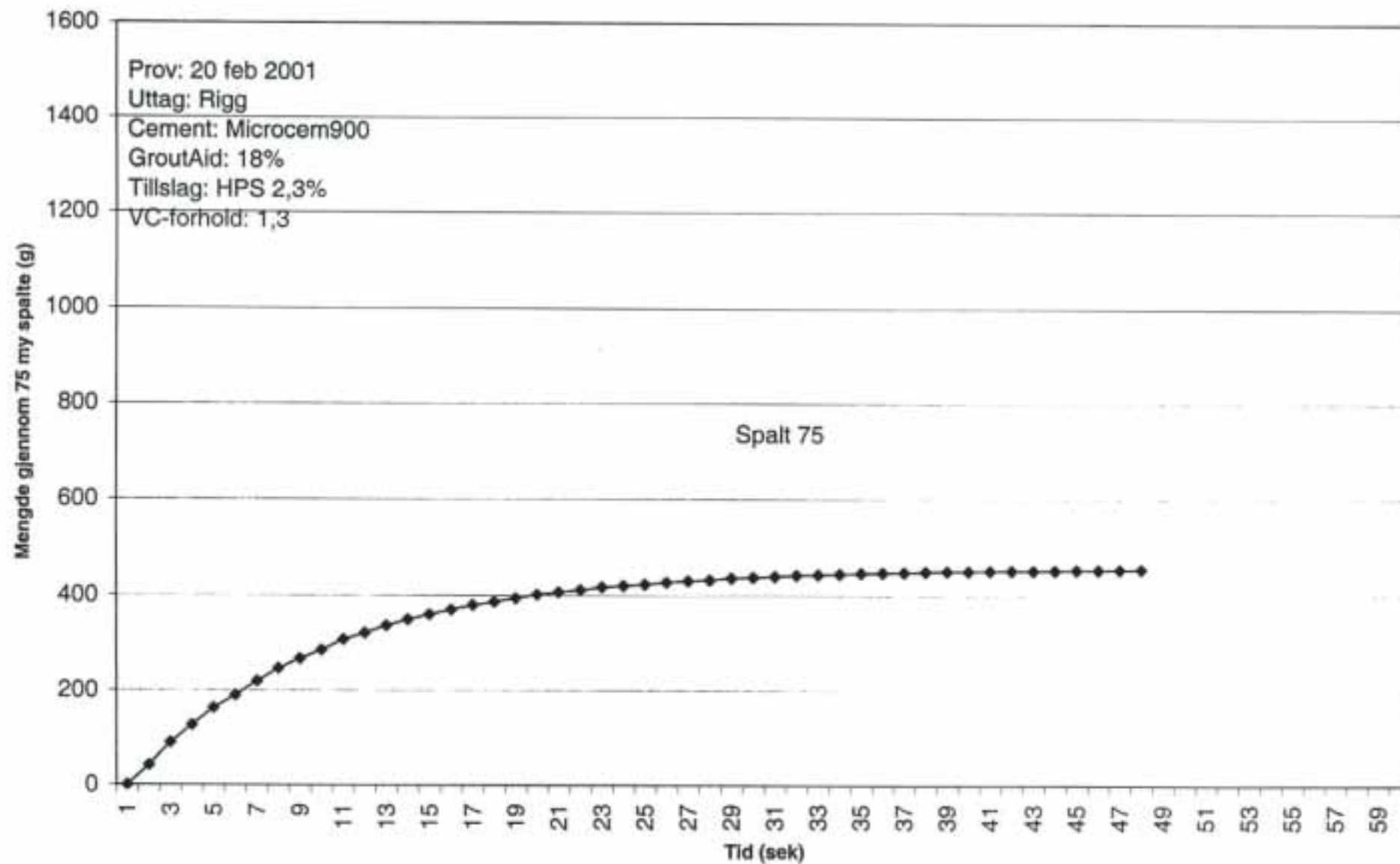
Dat	Nr	Cem	vct	GA	T-m	Dos	Spalt	Temp	Tryck	Bland	Blr	Tid	Tømd	Intr	FRid	g/s	Filterk	Marsh	Sep	Dens	Anm	Løpnr	Sekt	Anidaf
010220	84922	MC900	1,30	18	HPS	2,3	75	9,5	20	Rigg			20/Nej	450	50		2	34		1,4				
010220	85041	MC900	0,70	7	HPS	2,1	75	10	20	Rigg			20/Nej	290	35		2	47		1,815		100		710
010220	114220	MC900	1,30	18	HPS	2,3	75	10	20	Rigg			20/Nej	350	35		2	33		1,4		102		710
010220	144118	MC900	0,70	7	HPS	2,1	75	20	20	Labb	120		5/Nej	75	8		5			1,82				
010220	145442	MC900	1,30	18	HPS	2,3	75	14	20	Labb	120		5/Nej	160	6		1			1,4				
010220	151018	Inj30	0,70	7	HPS	2,1	75	15	20	Labb	120		5/Je	1500	53		1			1,86				
010220	154507	Inj30	1,30	18	HPS	2,3	75	15	20	Labb	120		5/Je	1330	28		1			1,41				
010220	161059	MC900	1,30	0	HPS	2,2	75	13	20	Labb	120		5/Nej	160	8		1			1,415				
010220	161443	Inj30	1,30	0	HPS	2,2	75	12	20	Labb	120		5/Je	1320	25		1			1,415	Sedimenter			
010220	162735	Inj30	1,30	0	SFluxCP	1	75	11	20	Labb	120		5/Je	1330	22		1			1,35	Sedimenter			
010220	163936	MC900	1,00	0	HPS	2	75	13	20	Labb	120		5/Nej	145	9		1			1,495				
010220	165804	Inj30	1,00	0	HPS	2	75	13	20	Labb	120		5/Je	1470	25		1			1,505	Sedimenter något			
010220	170629	Inj30	0,70	0	HPS	2	75	13	20	Labb	120		5/Je	1630	48		0			1,66				

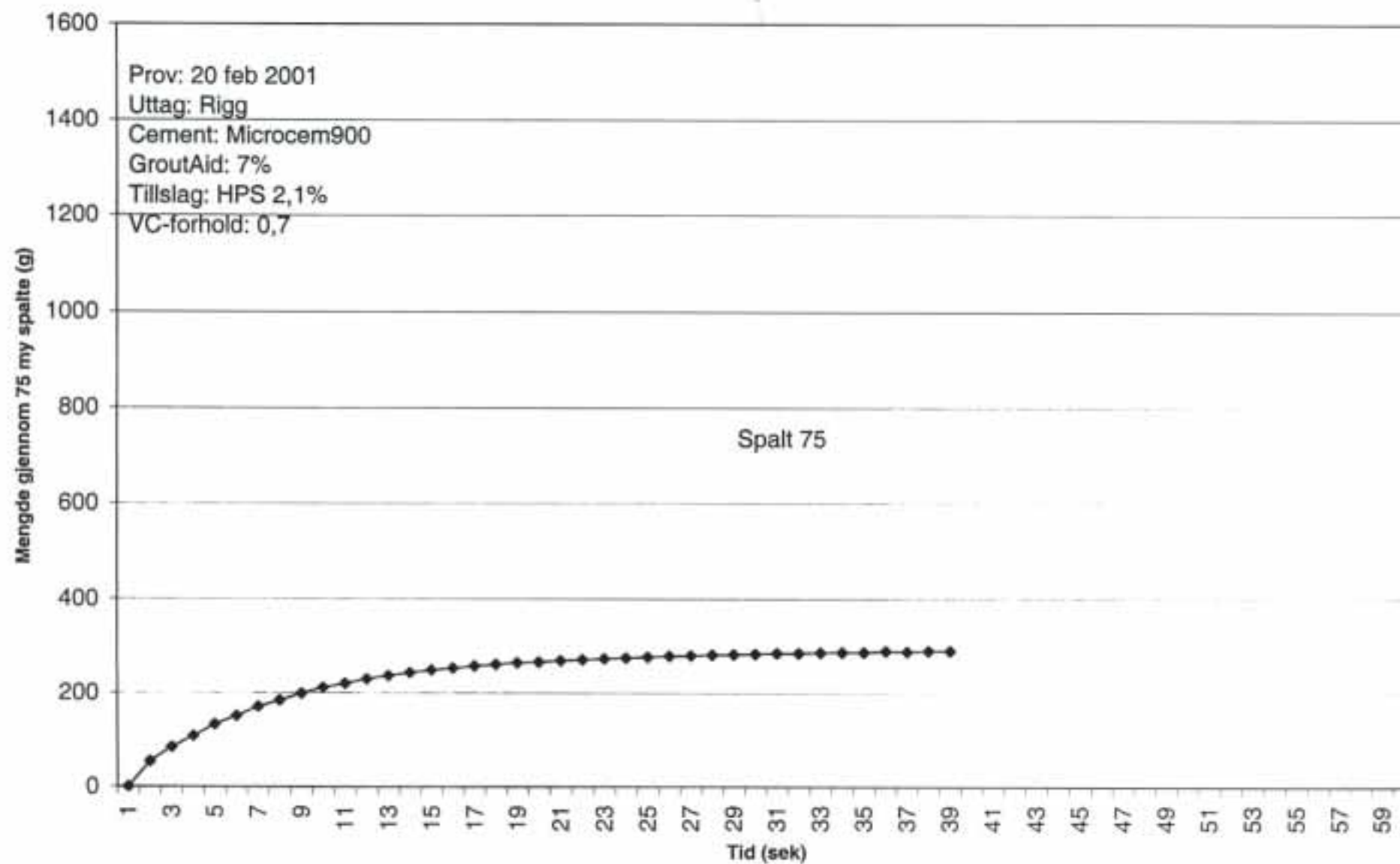
Sekunder	K 1	K 1	K 1	K 1	K 1	K 1	K 1	K 1
	84922	95041	114220	144116	145442	151018	154507	160159
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	41,73	53,94	55,24	6,45	7,81	24	20,89	19,96
3	89,71	84,82	104,59	30,57	64,05	89	94,61	69,81
4	126,6	108,75	141,36	58,47	115,32	132	157,23	112,78
5	162,63	133,67	176,08	71,18	141,05	179	206,71	135,04
6	189,41	151,47	205,16	78,74	157,98	223	268,58	149,48
7	219,05	171,37	227,97	72,97	158,29	265	326,62	158,91
8	246,26	184,33	250,42	74,59	161,32	303	378,08	159,53
9	266,35	199,14	263,19	78,12		346	432,26	161,82
10	285,01	211,61	281,17			386	489,24	163,62
11	307,46	220,35	293,88			426	543,74	
12	320,91	229,83	301,51			461	595,57	
13	336,16	236,9	312,36			503	644,8	
14	349,68	243,54	317,32			540	700,66	
15	360,1	249,05	322,77			578	751,56	
16	370,57	253,33	330,09			612	804,45	
17	380	258,04	330,52			651	851,2	
18	386,51	261,33	335,85			688	905,82	
19	394,38	264,74	339,08			723	956,66	
20	401,82	266,66	339,39			756	1004	
21	407,15	269,51	343,79			793	1052	
22	411,8	271,56	344,29			827	1105	
23	417,63	273,67	345,34			861	1154	
24	421,1	275,16	348,63			890	1203	
25	424,08	277,26	347,82			924	1248	
26	428,05	279,31	349,8			956	1299	
27	431,02	280,05	351,66			988	1326	
28	433,19	281,67	350,61			1017		
29	437,04	282,84	353,03			1050		
30	438,59	283,59	353,77			1081		
31	440,76	285,2	353,65			1111		
32	443,42	285,14	355,76			1138		
33	444,48	286,63	355,14			1170		
34	445,84	287,62	356			1199		
35	447,39	287,62	357,86			1227		
36	448,45	289,85	356,87			1253		
37	449	288,8	358,67			1283		
38	450,24	290,35	358,73			1310		
39	451,3	290,47				1337		
40	451,36					1361		
41	452,29					1389		
42	453,1					1415		
43	453,1					1440		
44	453,53					1462		
45	454,4					1489		
46	454,27					1513		
47	454,83					1536		
48	455,39					1558		
49						1583		
50						1605		
51								

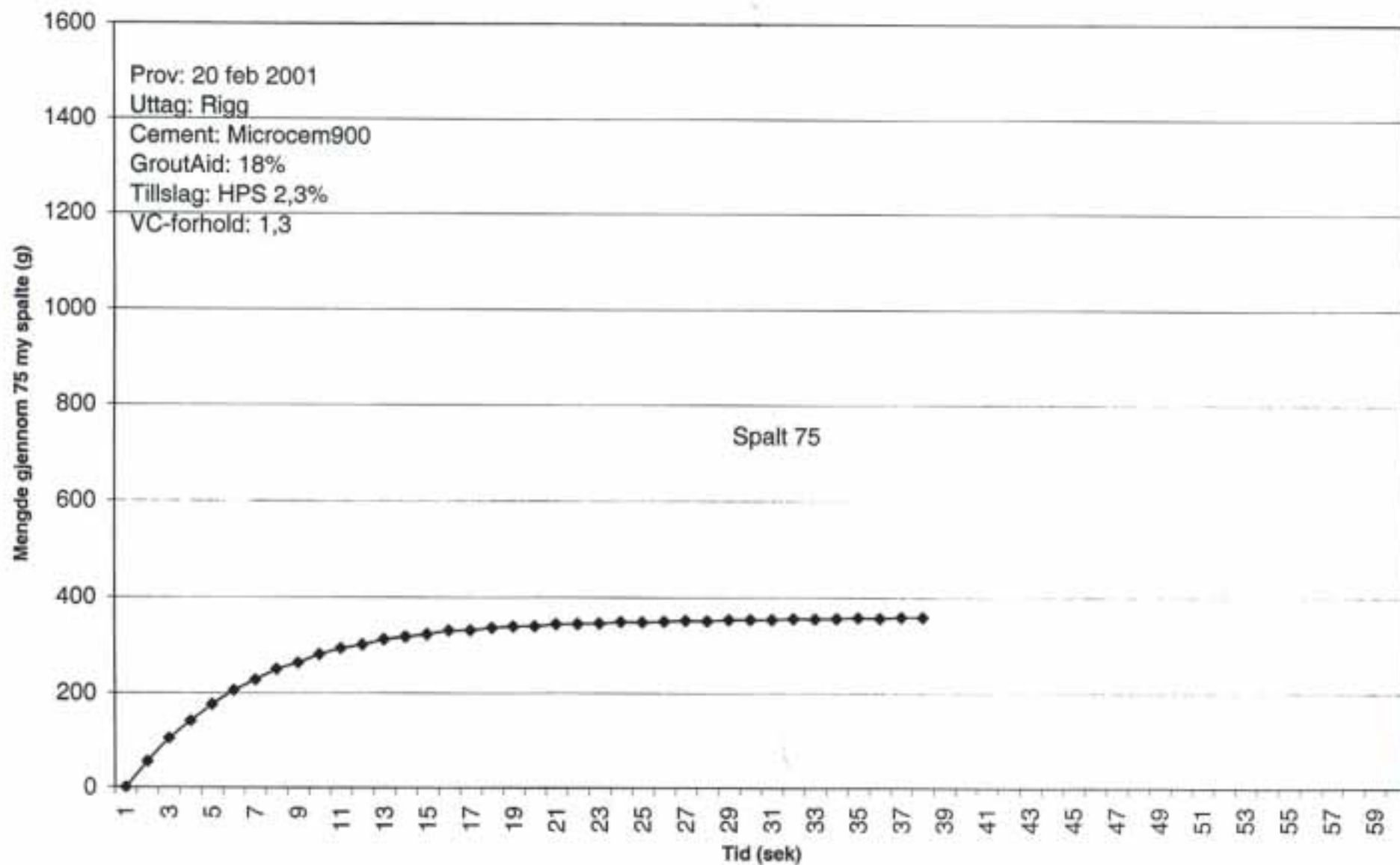
Sekunder	K 1	Fik	K 1	K 1	K 1	K 1
	161443	162735	162735	163936	165834	170929
1	0	0	0	0	0	0
2	92,63	91,35	26,35	17,61	32,86	42,59
3	164,05	169,41	104,41	71,36	102,92	94,61
4	228,59	237,92	172,92	105,21	166,78	144,96
5	293,57	300,91	235,91	122,08	220,35	188,42
6	362,2	361,48	296,48	136,28	287,18	241,86
7	428,54	428,57	363,57	141,98	346,7	285,39
8	493,83	488,34	423,34	144,34	406,22	334,49
9	551,18	549,84	484,84		462,52	376,53
10	620,25	605,21	540,21		524,02	422,22
11	681,26	670,74	605,74		583,73	470,95
12	744,74	730,45	665,45		641,33	511,69
13	801,72	788,48	723,48		695,14	552,73
14	868,43	843,47	778,47		756,15	598,3
15	930,81	905,84	840,84		813,63	640,21
16	990,2	963,32	898,32		871,97	683,3
17	1048	1020,54	955,54		922,37	719,14
18	1110	1073	1008		982,95	766,07
19	1171	1132	1067		1037	803,52
20	1231	1189	1124		1094	842,21
21	1287	1244	1179		1144	879,41
22		1295	1230		1202	918,65
23			1290		1258	957,03
24			1335		1311	992,56
25					1362	1026
26					1420	1064
27					1463	1097
28						1134
29						1163
30						1199
31						1233
32						1264
33						1293
34						1325
35						1357
36						1386
37						1414
38						1448
39						1474
40						1503
41						1529
42						1560
43						1587
44						1612
45						1630
46						1631
47						1632
48						1635
49						1633
50						
51						

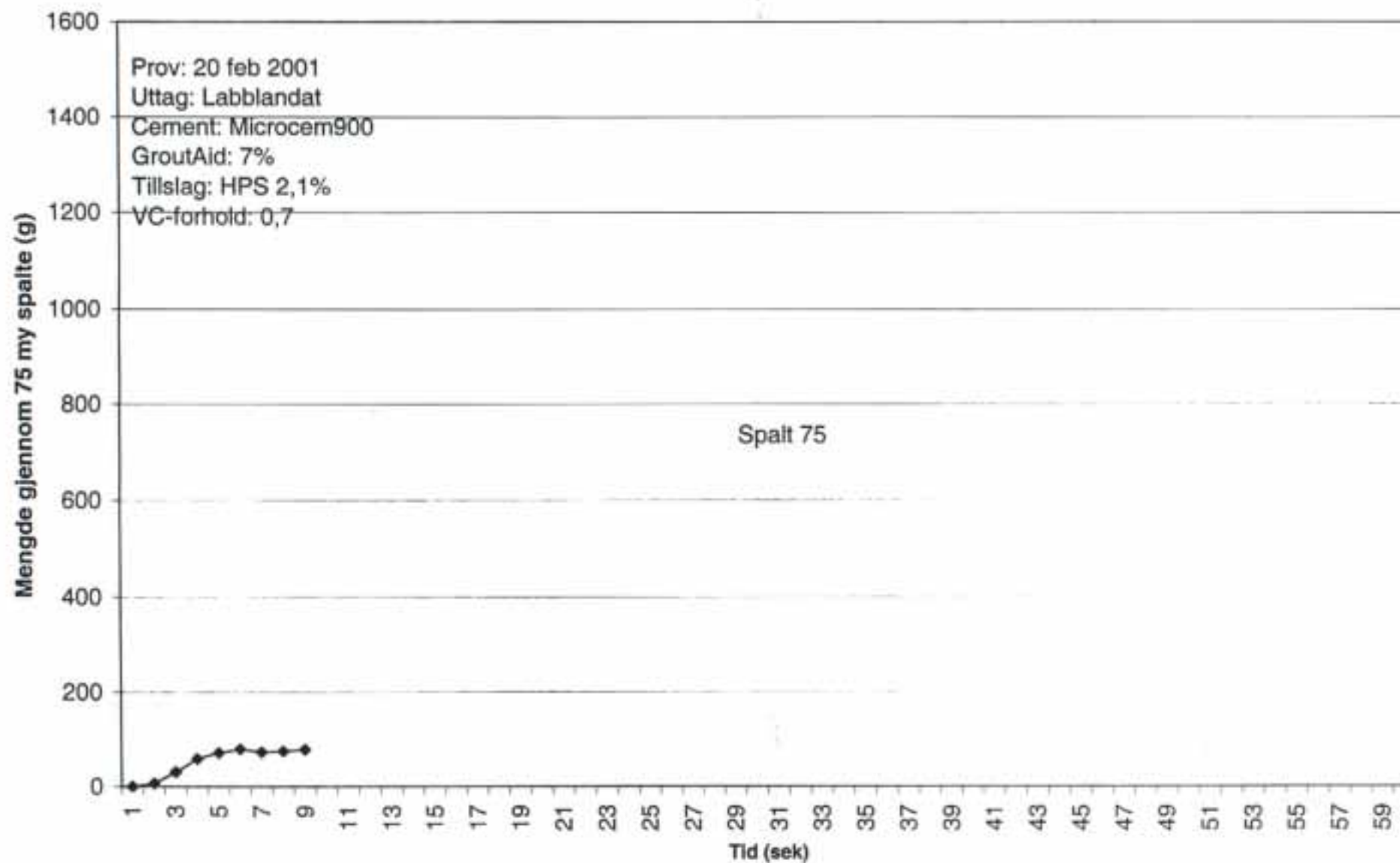
NES-försök

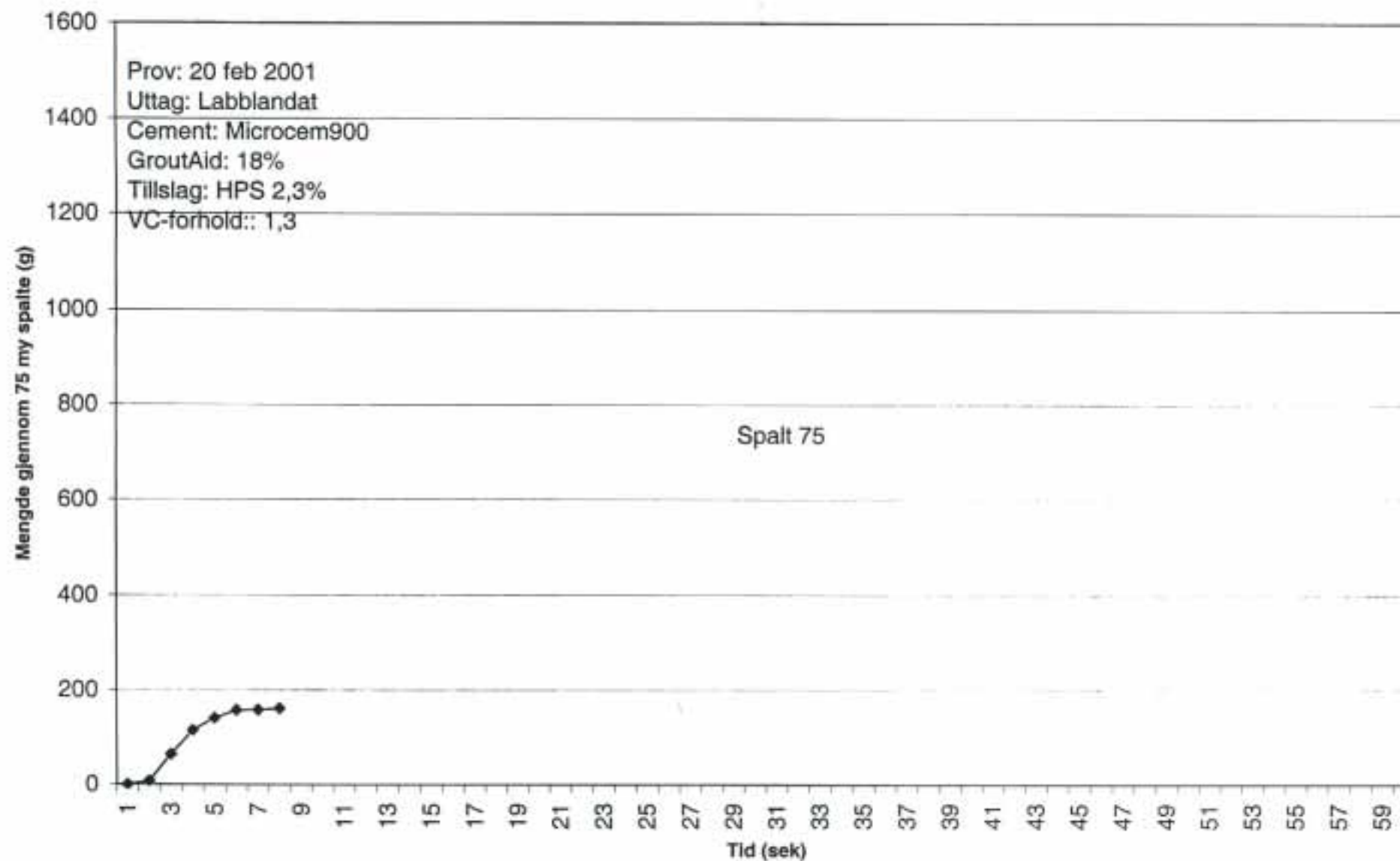


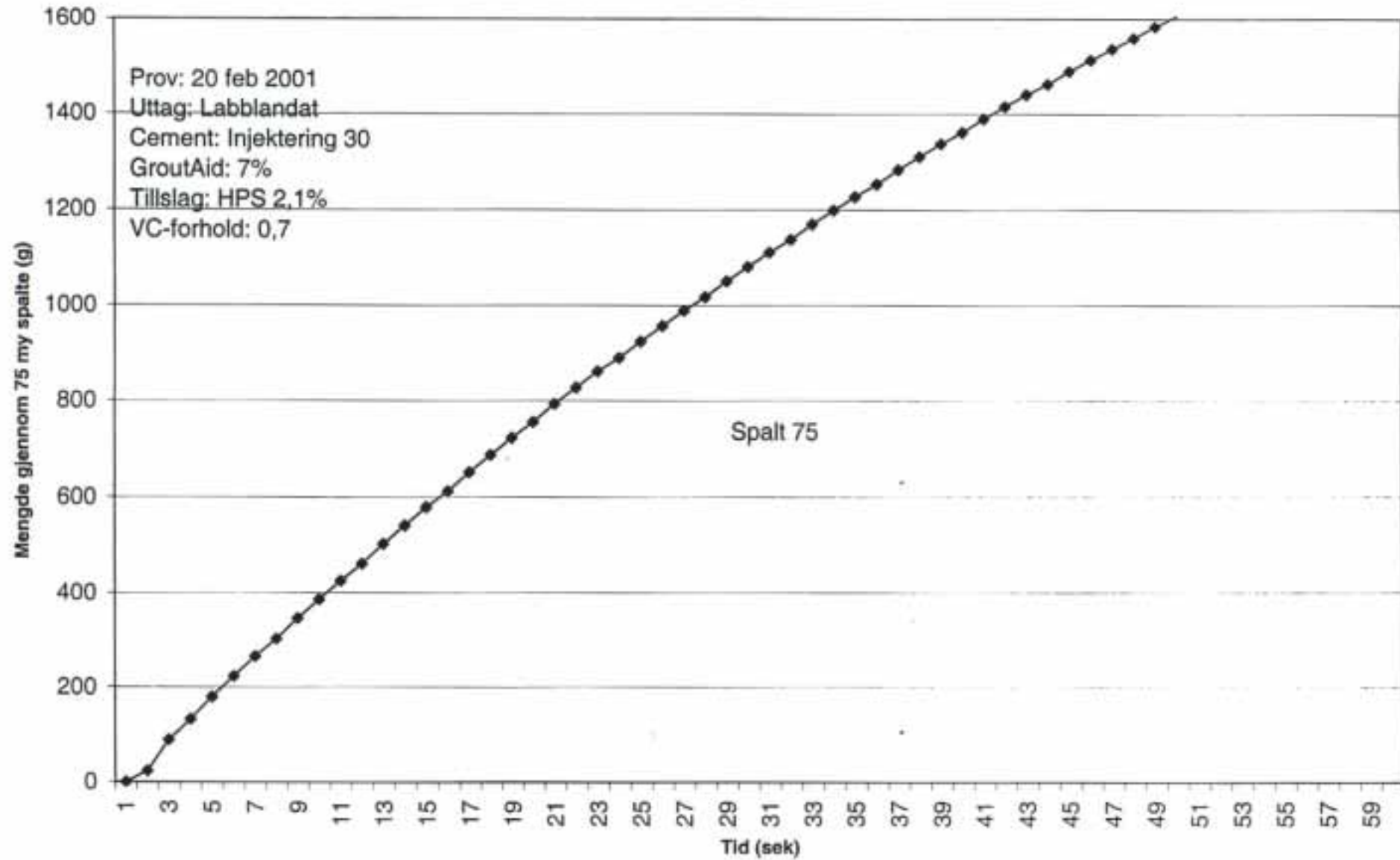




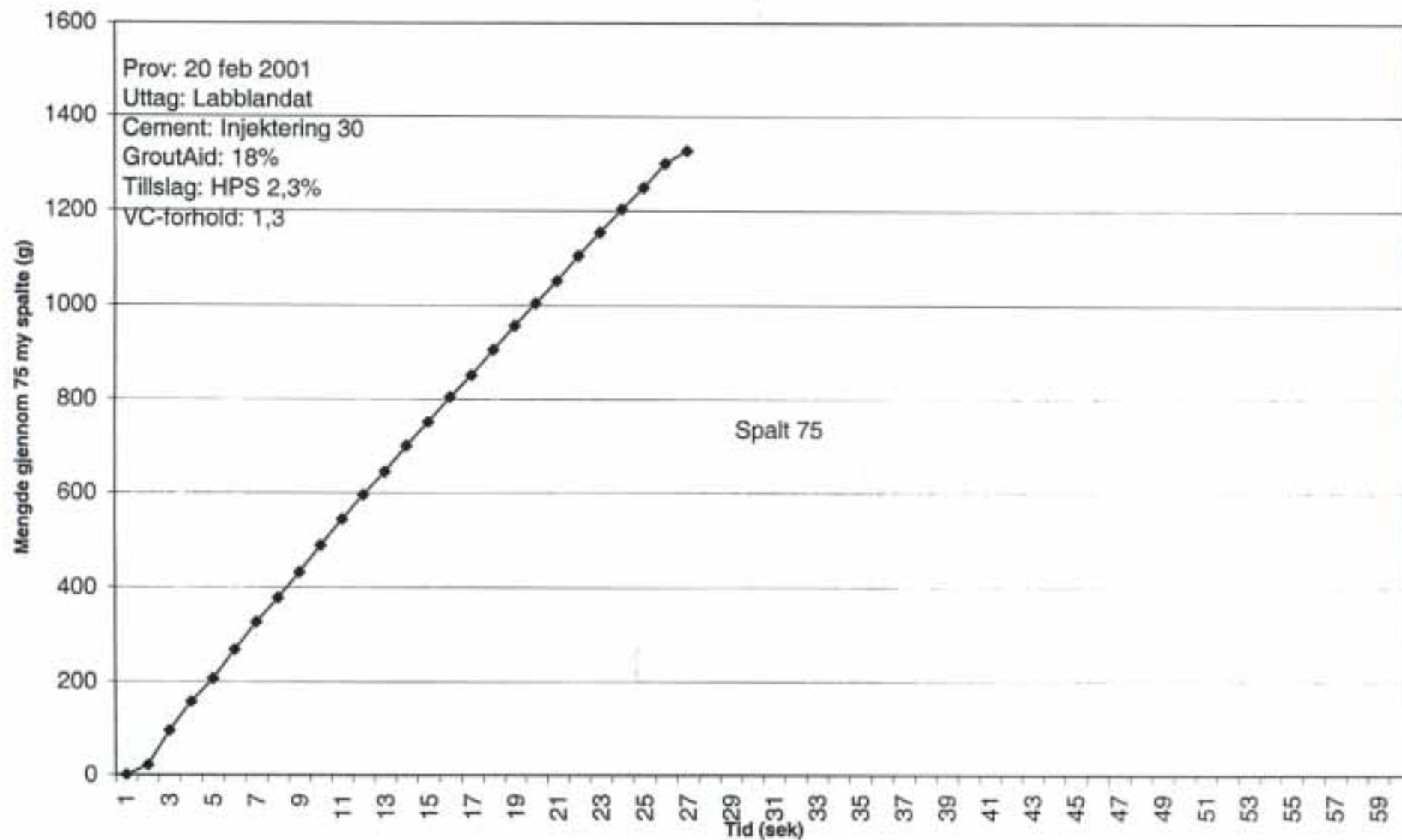


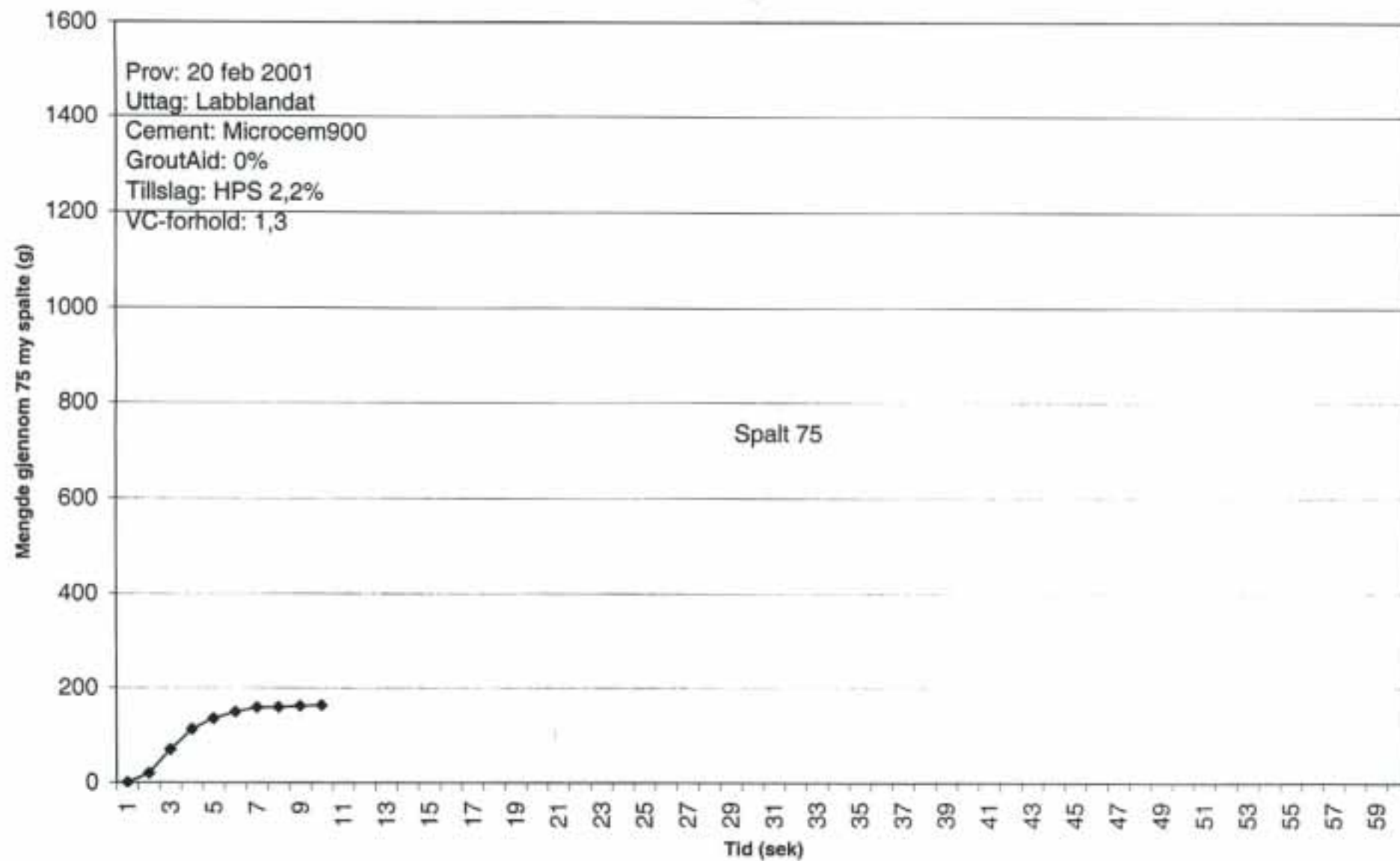


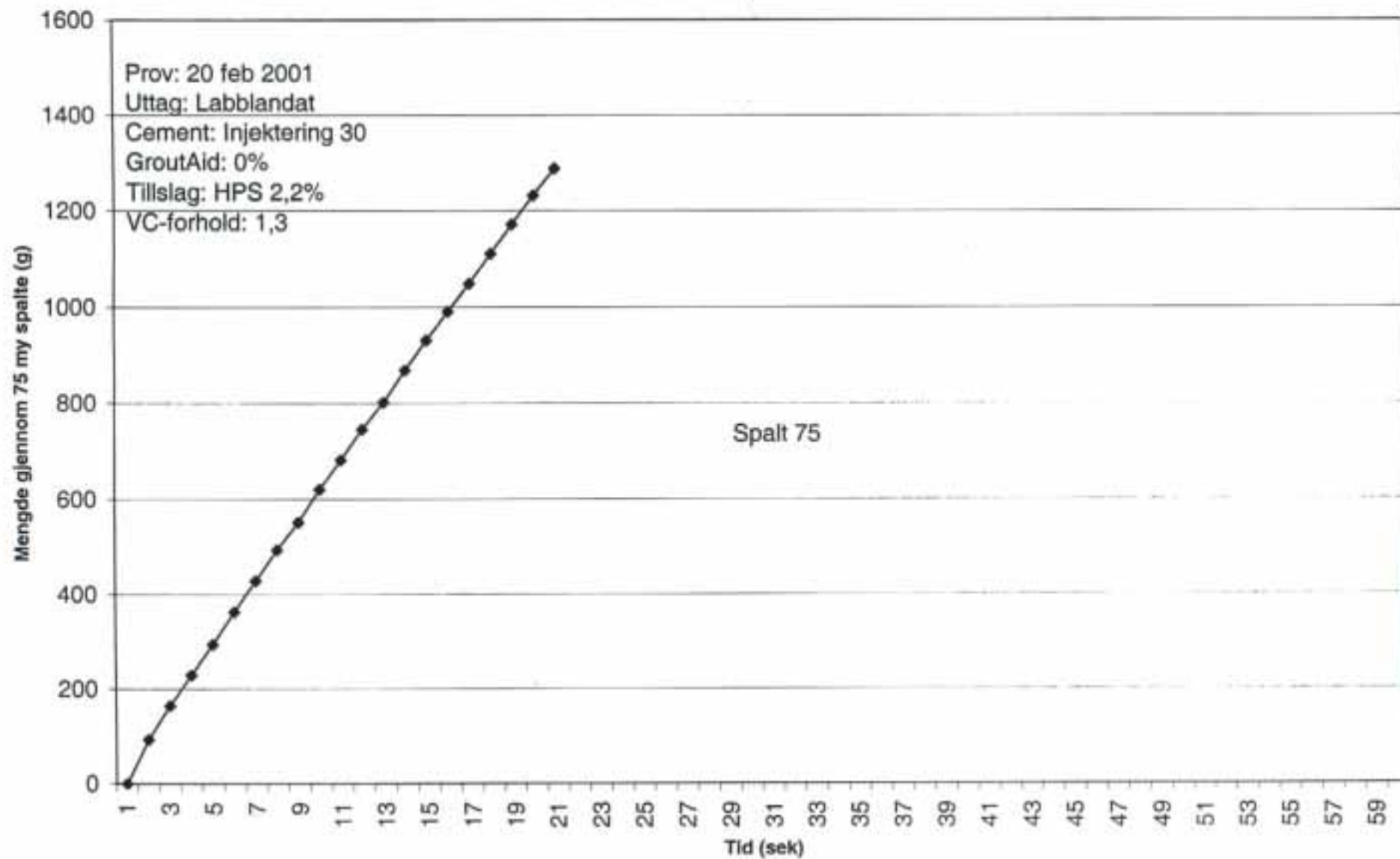


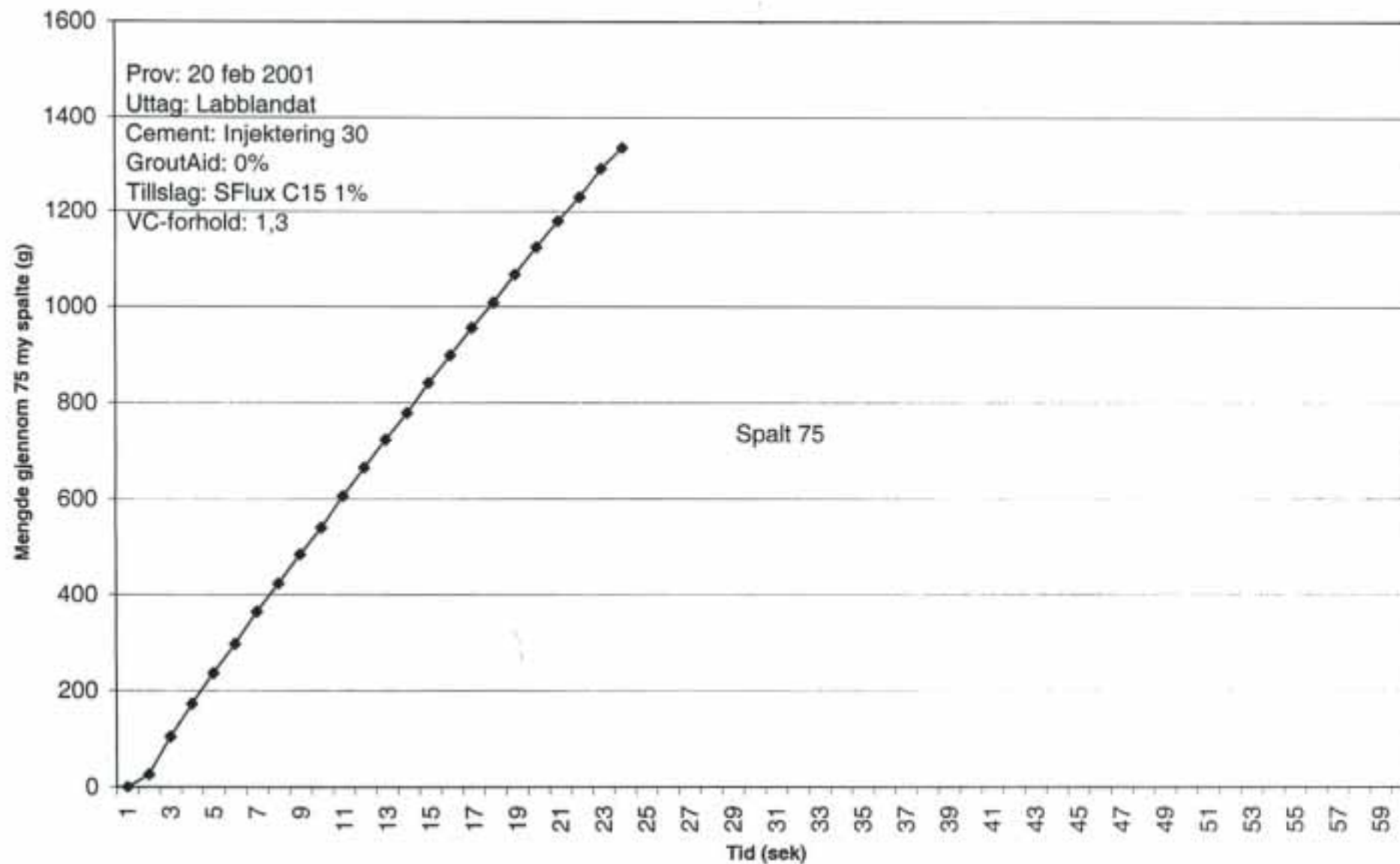


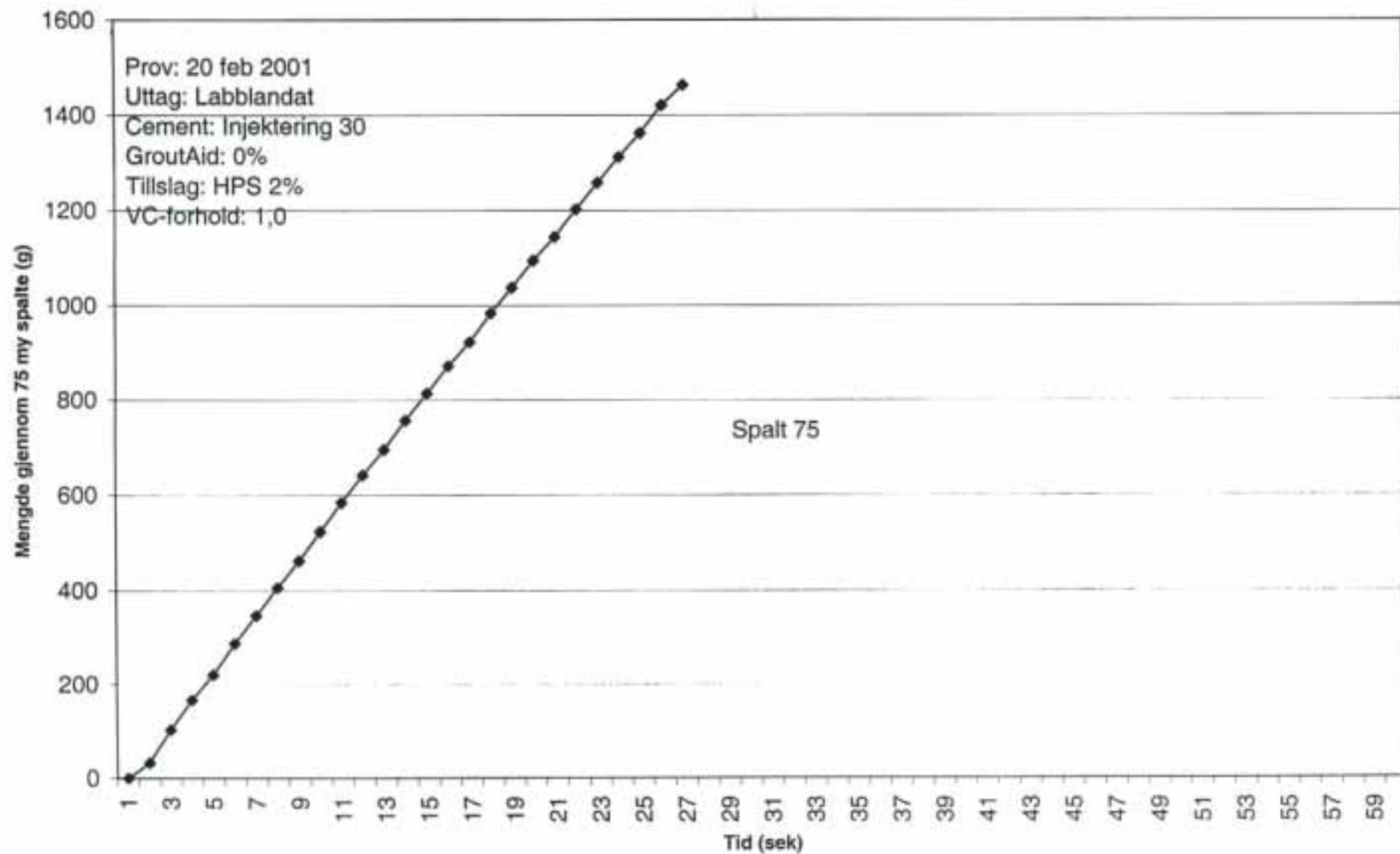
Blanding 154507

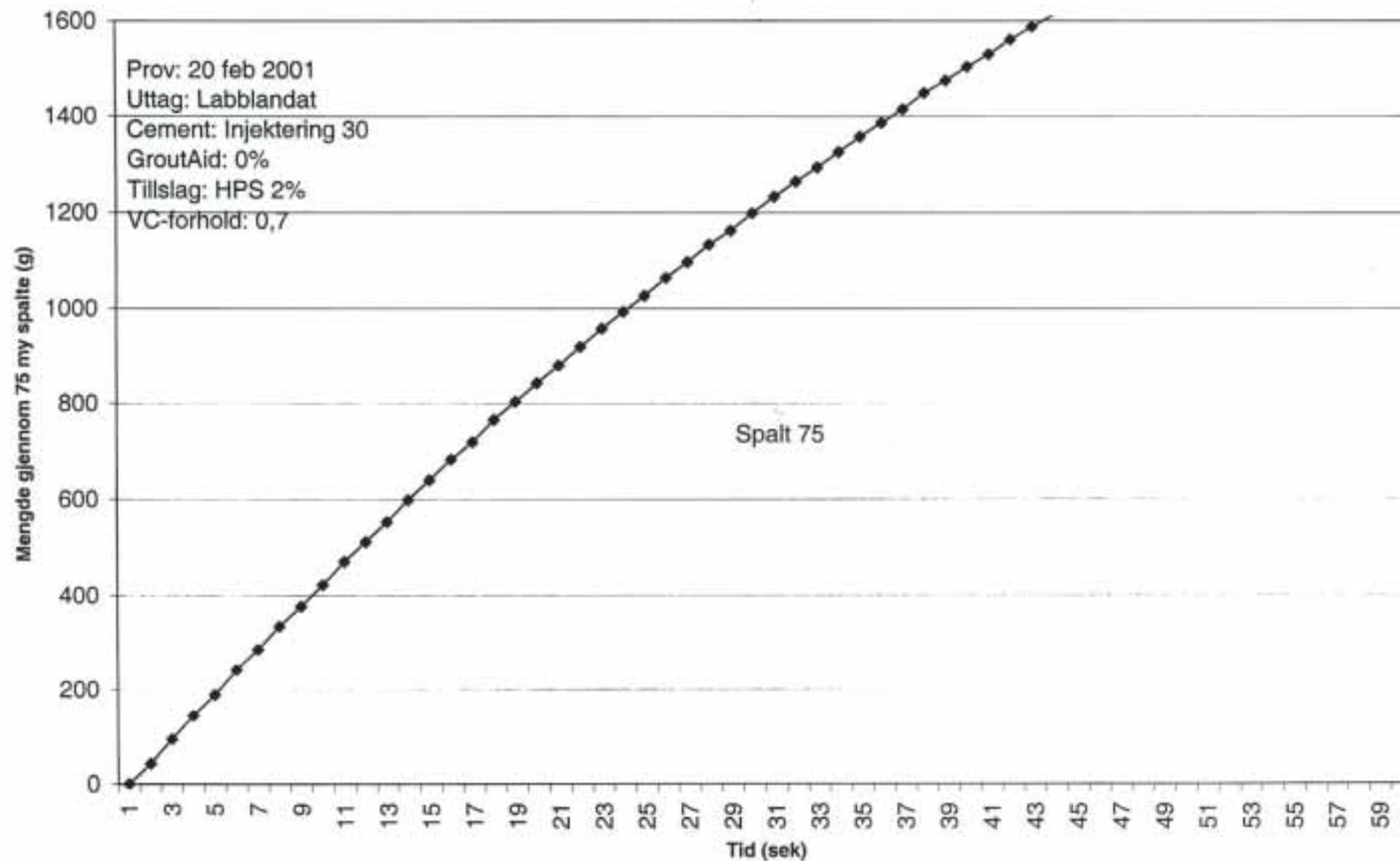












Vedlegg 8

NES-forsøk 22.02.2001

Tabeller over forsøk utført 22.02.2001, 2 stk.

Diagrammer over inntrengningsmengder.

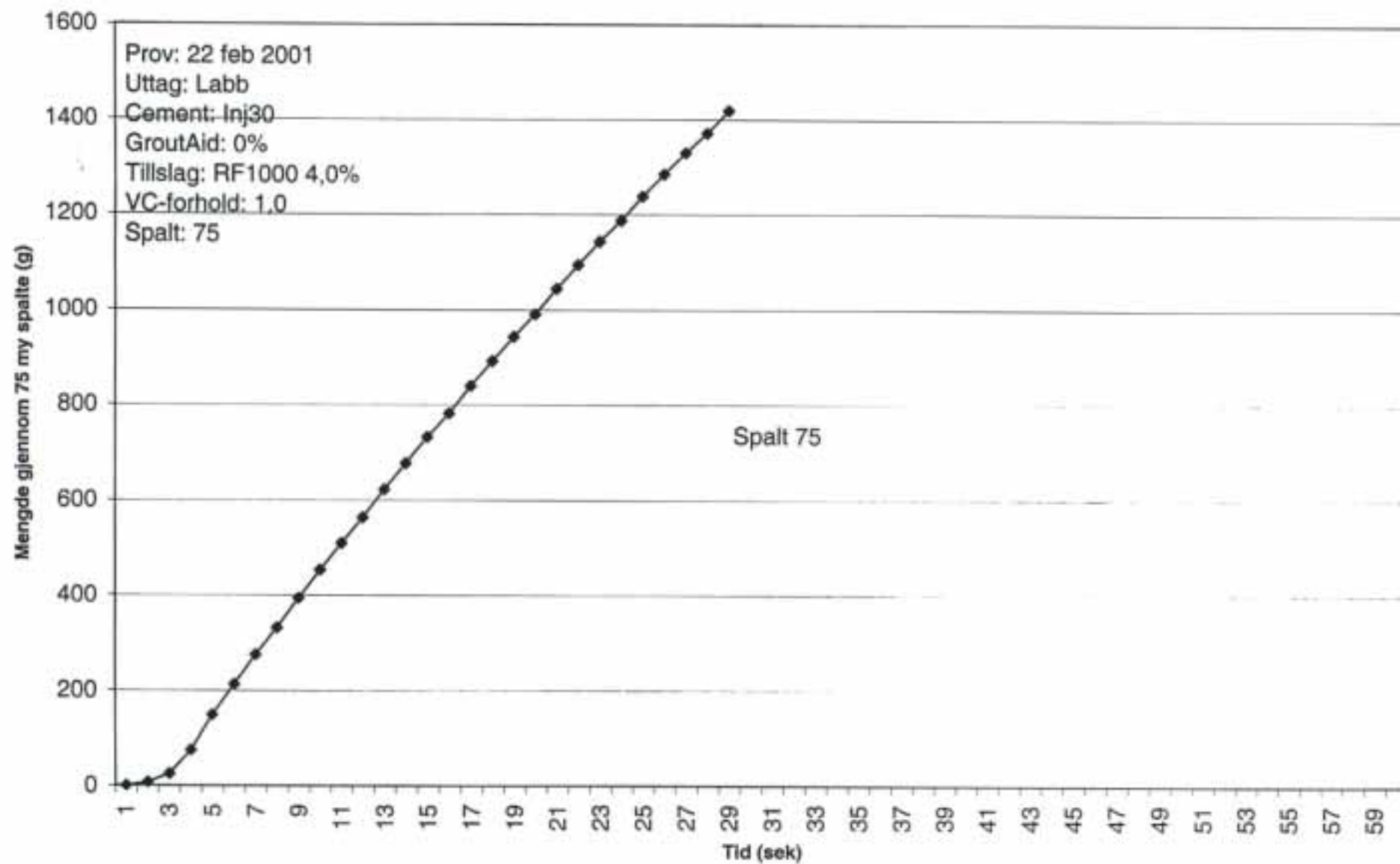
Dat	Nr	Cem	vet	GA	T-m	Dot	Spall	Temp	Tryck	Bland	BB	Tid	Ttend	Intr	Fltid	g/h	Filteck	Marsh	Sep	Dens	Anm	Løpnr	Sekt	Anndel
010222	73231	Inj30	1,00	0	RF1000	4,0	75	15	20	Labb	120	5	Ja	1420	22		0		20		Mugg 6h			
010222	74832	Inj30	0,70	0	RF1000	2,0	75	15	20	Labb	120	5	Ja	1590	50		1				Mugg 5h			
010222	83553	MC900	1,30	18	HPS	2,2	75	12	20	Rigg		20	Nej	250	20		1			1,9				721
010222	85354	MC900	0,70	7	HPS	2,1	75	12	20	Rigg		30	Nej	238	38		0			1,56			104	721
010222	91031	MC900	1,30	18	HPS	2,2	100	12	20	Rigg		50	Nej	1000	50		5			1,49			103	721
010222	93750	Inj30	0,70	0	RF1000	4,0	75	15	20	Labb	120	5	Ja	1550	50		0				Mugg 4h			
010222	101449	Inj30	1,00	10	RF1000	4,0	75	14	20	Labb	120	5	Ja	1330	35		0		< 2		Mugg 5h			
010222	105921	UF12	0,80	0	HFM	1,4	75	14	20	Labb	120	5	Nej	177	7		8				Gelar snabbt			
010222	111144	UF12	1,00	0	HFM	1,4	75	15	20	Labb	120	5	Nej	216	10		8							
010222	120010	MC900	0,50	0	HPS	?	100	12	20	Rigg		30	Nej	710	60		14						108	
010222	122937	Inj30	0,50	0	SP-40	2,0	75	15	20	Labb	120	5	Ja	1695	150		3			1,81				
010222	142435	Inj30	0,70	0	SP-40	2,0	75	14	20	Labb	120	5	Ja	1650	50		1			1,66				
010222	143748	Inj30	0,80	0	SP-40	1,5	75	15	20	Labb	120	5	Ja	1590	50		0			1,61				
010222	145000	Inj30	0,50	3	SP-40	2,0	75	14	20	Labb	120	5	Nej	1560	200		8			1,81				
010222	150319	Industri	1,00	?	HPS	?	100	11	20	Rigg		20	Nej	50	4		2						109	
010222	152757	Inj30	0,70	7	SP-40	2,0	75	14	20	Labb	120	5	Ja	1530	50		0			1,66				
010222	153841	MC900	1,30	18	HPS	2,2	75	14	20	Elkem		5	Nej	310	30		1							
010222	160651	Inj30	0,80	8	SP-40	2,0	75	14	20	Labb	120	5	Ja	1390	40		0							
010222	165630	Industri	1,30	?	HPS	?	100	7	20	Rigg		15	Nej	60	3		2				Recept10		110	
010222	172128	Inj30	1,00	10	SP-40	2,0	75	13	20	Labb	120	5	Ja	1380	40		0			1,52				
010222	174138	Inj30	2,00	20	SP-40	1,0	75	14	20	Labb	120	5	Ja	1120	20		0			1,27				

	73231	74832	83553	85354	93750	91031	101449	105921
	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7,01	27,03	37,63	40,24	20,71	32,05	46,13	36,21
3	25,61	86,55	84,07	80,41	75,21	145,76	78,55	74,9
4	74,65	134,66	113,15	106,14	122,88	251,35	120,22	102,67
5	149,05	181,41	140,62	127,78	166,16	356,5	173,23	138,76
6	212,41	227,29	162,63	147,13	218,24	447,52	225,06	164,05
7	274,54	272,18	177,32	160,7	260,21	522,72	274,78	174,41
8	331,27	310,74	197,41	172,42	305,47	587,76	317,63	177,94
9	394,07	358,17	200,69	184,2	347,26	655,96	371,07	
10	453,34	398,29	215,02	191,02	391,28	712,63	417,38	
11	509,7	440,76	217,93	200,14	433,32	764,65	463,33	
12	563,33	478,64	224,25	204,6	474,55	801,97	509,33	
13	622,91	521,98	234,24	210,68	512,49	842,08	556,02	
14	677,72	562,77	231,51	214,09	552,79	872,71	602,52	
15	732,84	601,65	241,8	217,12	594,15	901,6	648,52	
16	782,01	637,79	239,63	220,47	632,21	924,85	687,58	
17	839,85	678,59	242,42	221,71	666	946,86	736,93	
18	892,3	716,53	248,12	225,31	707,73	966,83	780,89	
19	943,33	753,24	244,03	225,93	743,5	983,44	822,49	
20	990,76	786,97	251,53	227,79	779,59	1000,06	863,78	
21	1044	824,29	247,69	229,46	812,39	1013,08	909,29	
22	1094	858,02	250,05	229,4	851,01	1024,24	949,65	
23	1143	893,3	250,91	232,07	884,06	1034,9	993,43	
24	1187	923,12	249,86	232	917,48	1041,72	1030,5	
25	1238	959,2	255,5	233,55	950,4	1053,38	1074,34	
26	1285	991,88	251,16	234,36	983,69	1060,2	1116,62	
27	1330	1023	254,94	234,36	1016,92	1069,5	1155,18	
28	1371	1054	250,98	236,47	1049,04	1077,75	1192,26	
29	1419	1086	251,22	235,85	1077,99	1085,06	1235,41	
30		1117	253,64	236,65	1110,79	1092,56	1272,86	
31		1148	251,41	236,78	1141,42	1094,8	1312,42	
32		1175		237,27	1172,67	1100,25	1334,86	
33		1208		238,14	1197,59	1103,48		
34		1235		237,71	1230,64	1105,96		
35		1264		238,64	1259,28	1110,42		
36		1289		238,39	1285,45	1110,42		
37		1318		238,7	1311,11	1112,84		
38		1346		239,07	1340,44	1115,13		
39		1370		238,33	1367,72	1118,73		
40		1395		239,82	1393,26	1122,39		
41		1421			1418,99	1124,68		
42		1446			1446,27	1128,96		
43		1471			1470,76	1130,26		
44		1493			1496,43	1132,06		
45		1518			1517,88			
46		1540			1544,11			
47		1562						
48		1582						
49		1592						
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								

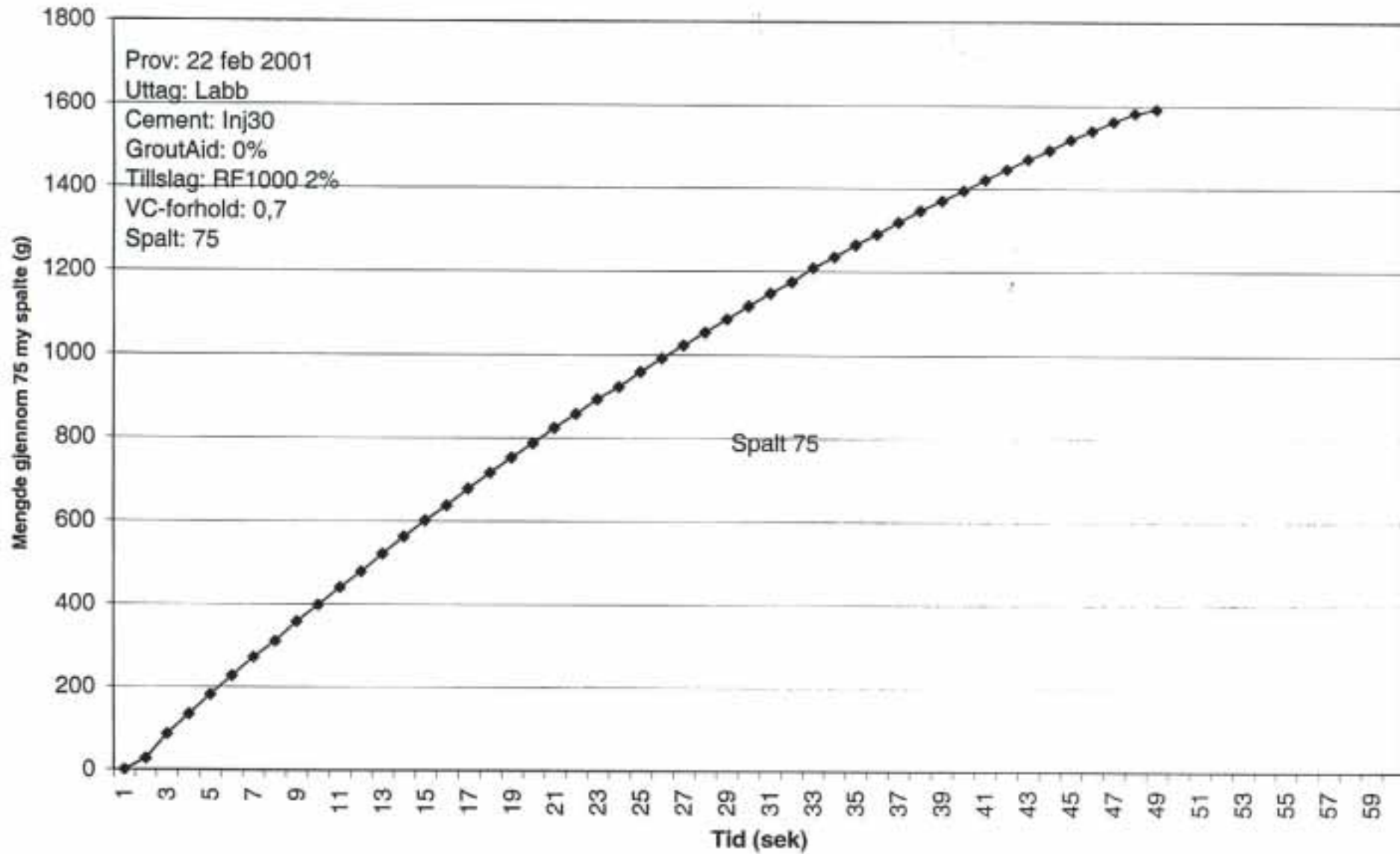
	111144	120010	122937	142435	143748	145000	150319	152757
	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	64,05	17,11	47,06	89,53	10,97	71,86	5,21	16,62
3	115,51	64,91	75,14	149,54	92,81	102,67	24,74	52,33
4	157,67	111,48	105,46	188,54	143,03	121,71	49,66	95,67
5	179,61	154,63	137,89	249,55	199,08	148,68	50,9	136,52
6	201,25	192,39	168,83	302,31	249,74	175,77		175,96
7	211,48	232,38	198,59	347,7	299,89	196,85		212,16
8	214,09	268,03	224,5	404,61	346,46	217,87		254,63
9		300,64	255,19	449,13	396,37	243,91		292,58
10		329,03	281,67	503,44	444,11	264,86		329,84
11		359,29	308,26	552,48	489,43	285,94		364,99
12		384,71	333,5	593,53	529,8	307,52		403,37
13		409,88	360,47	652,74	577,78	329,53		440,2
14		430,03	388,24	692,91	617,58	349,74		476,41
15		452,54	412,11	744,43	659,31	371,81		509,08
16		471,08	434,68	786,9	695,45	390,35		546,96
17		488,13	461,47	834,58	733,03	411,87		581,56
18		503,69	483,48	887,41	772,09	433,38		615,41
19		518,94	508,65	926,4	805,88	452,41		646,76
20		533,08	528,55	973,09	838,74	470,21		682,12
21		545,41	552,92	1020,64	874,76	491,78		715,05
22		556,7	575,79	1061,87	905,14	510,01		747,53
23		568,79	595,7	1111,72	937,63	528,43		777,67
24		578,96	617,89	1146,81	964,04	547,21		811,21
25		589,25	638,04	1196,91	997,02	564,88		843,08
26		597,43	659,18	1240,81	1026,97	583,67		873,89
27		606,98	680,2	1280,67	1054,31	603,01		902,04
28		615,16	697,19	1325,75	1081,71	618,33		934,85
29		622,91	720,56	1366,29	1109,61	636,62		963,54
30		629,55	737,99	1410,62	1135,9	654,35		993,24
31		636,12	758,2	1453,09	1162,13	671,15		1020,46
32		641,82	775,37	1489,49	1183,95	686,15		1050,59
33		646,97	794,03	1537,41	1211,36	704,44		1078,99
34		652,05	813,87	1574,24	1236,28	720,19		1106,82
35		657,01	829,68	1616,46	1259,84	735,44		1132,93
36		661,6	847,17	1645,91	1282,41	751,13		1161,82
37		666,25	865,27		1307,21	767,37		1188,29
38		669,6	881,21		1330,21	781,82		1215,01
39		673,63	899,31		1353,09	797,82		1239,26
40		676,36	912,58		1373,92	810,77		1267,28
41		679,4	931,36		1398,53	828,38		1292,51
42		681,5	946,93		1420,67	841,46		1317,38
43		683,12	961,5		1442,49	854,86		1340,01
44		685,04	977,31		1462,83	867,88		1365,55
45		686,09	991,63		1485,89	882,88		1388,8
46		688,2	1007,69		1507,84	896,15		1411,8
47		689,75	1021,7		1529,23	908,92		1434,18
48		690,93	1034,97		1547,52	921,26		1458,3
49		692,97	1050,22		1570,15	935,08		1480,87
50		693,78	1063,11		1584,53	946,62		1503,31
51		695,08	1077,06			959,88		1520,49
52		696,2	1088,78			970,86		
53		697,44	1102,61			983,44		
54		698	1116,25			995,84		
55		699,24	1128,21			1007,38		
56		700,35	1140,37			1016,8		
57		700,91	1153,88			1029,32		

	153841	160651	165130	172128	174138	K 1
	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram	170929
1	0	0	0	0	0	0
2	55,49	13,08	29,2	35,22	15,44	42,59
3	91,45	33,05	57,23	74,96	63,3	94,61
4	120,9	70,18	62,06	127,84	122,14	144,96
5	152,33	112,59	63,18	177,57	195,55	188,42
6	174,28	154,94		228,28	263,07	241,86
7	195,36	201,93		272,68	326,86	285,39
8	213,03	243,04		326,12	388,24	334,49
9	225,25	288,11		371,38	455,7	376,53
10	240,25	325,87		418,38	519,44	422,22
11	247,57	371,07		460,6	582,92	470,95
12	257,73	413,42		506,97	638,85	511,89
13	264,74	453,28		552,23	706,68	552,73
14	270,13	492,78		593,34	766,2	598,3
15	278,07	535,25		632,9	825,96	640,21
16	280,67	575,3		676,67	882,14	683,3
17	285,26	615,16		715,85	944,07	719,14
18	289,48	651,56		756,4	1003,59	766,07
19	290,47	694,59		791,93	1060,7	803,52
20	294,75	732,47		834,46	1113,4	842,21
21	295,12	771,22		873,02	1124,12	879,41
22	297,72	806,81		910,16		918,85
23	300,39	846,73		946,37		957,03
24	300,14	885,67		985,3		992,56
25	303,74	922,19		1022,07		1026
26	303,74	956,78		1057,97		1064
27	304,79	996,96		1089,84		1097
28	306,78	1032,67		1128,77		1134
29	306,16	1069,44		1162,19		1163
30	308,08	1101,37		1197,03		1199
31	308,02	1139,99		1228,1		1233
32	308,08	1176,76		1262,32		1264
33	310,06	1211,29		1295,37		1293
34	309,01	1244,53		1326,43		1325
35	310,74	1281,91		1355,57		1357
36	311,12	1316,01		1377,89		1386
37	310,74	1351,6				1414
38	312,42	1381,73				1448
39	311,61	1390,1				1474
40	312,42					1503
41	313,1					1529
42	312,91					1560
43						1587
44						1612
45						1630
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						

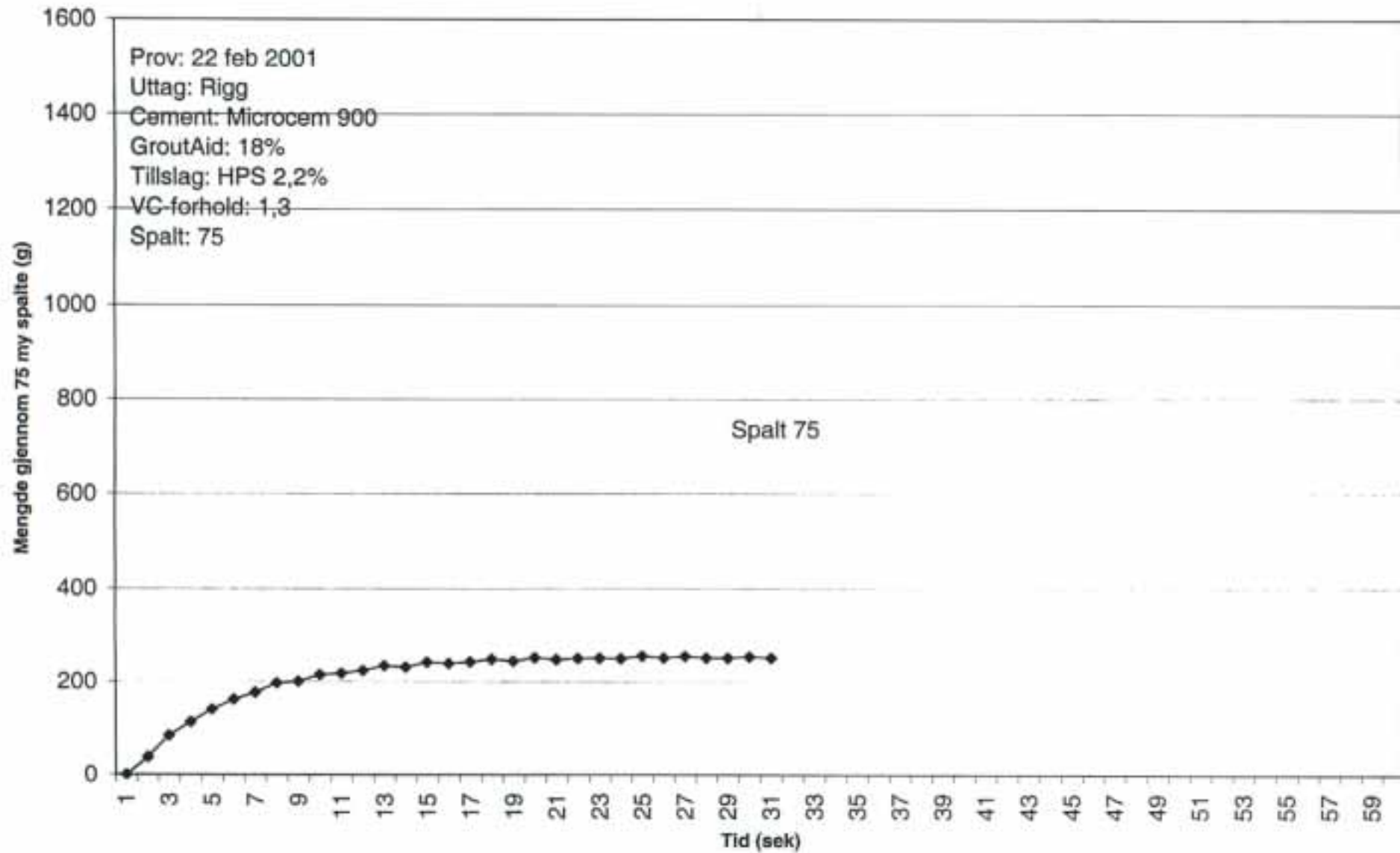
73231



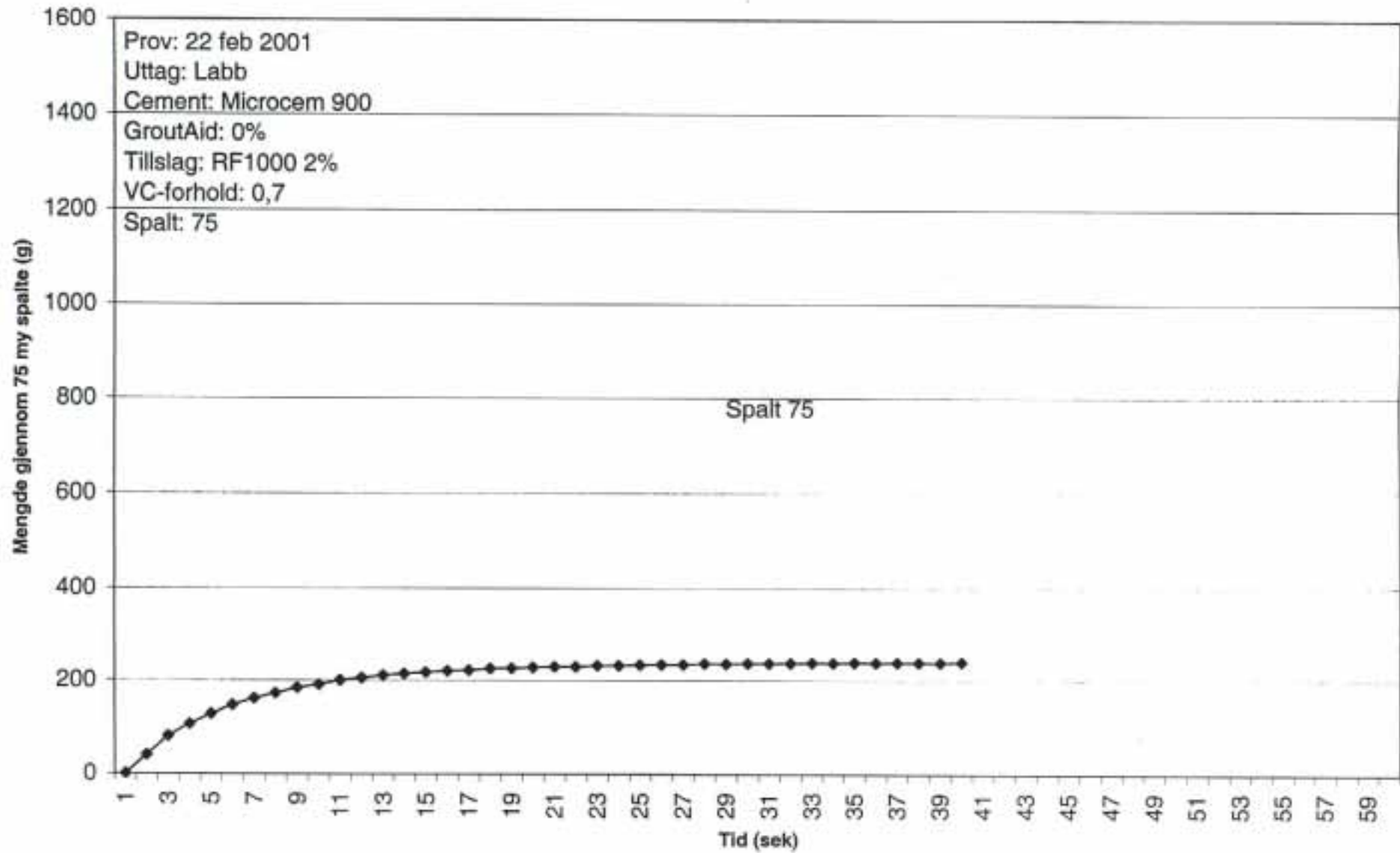
74832

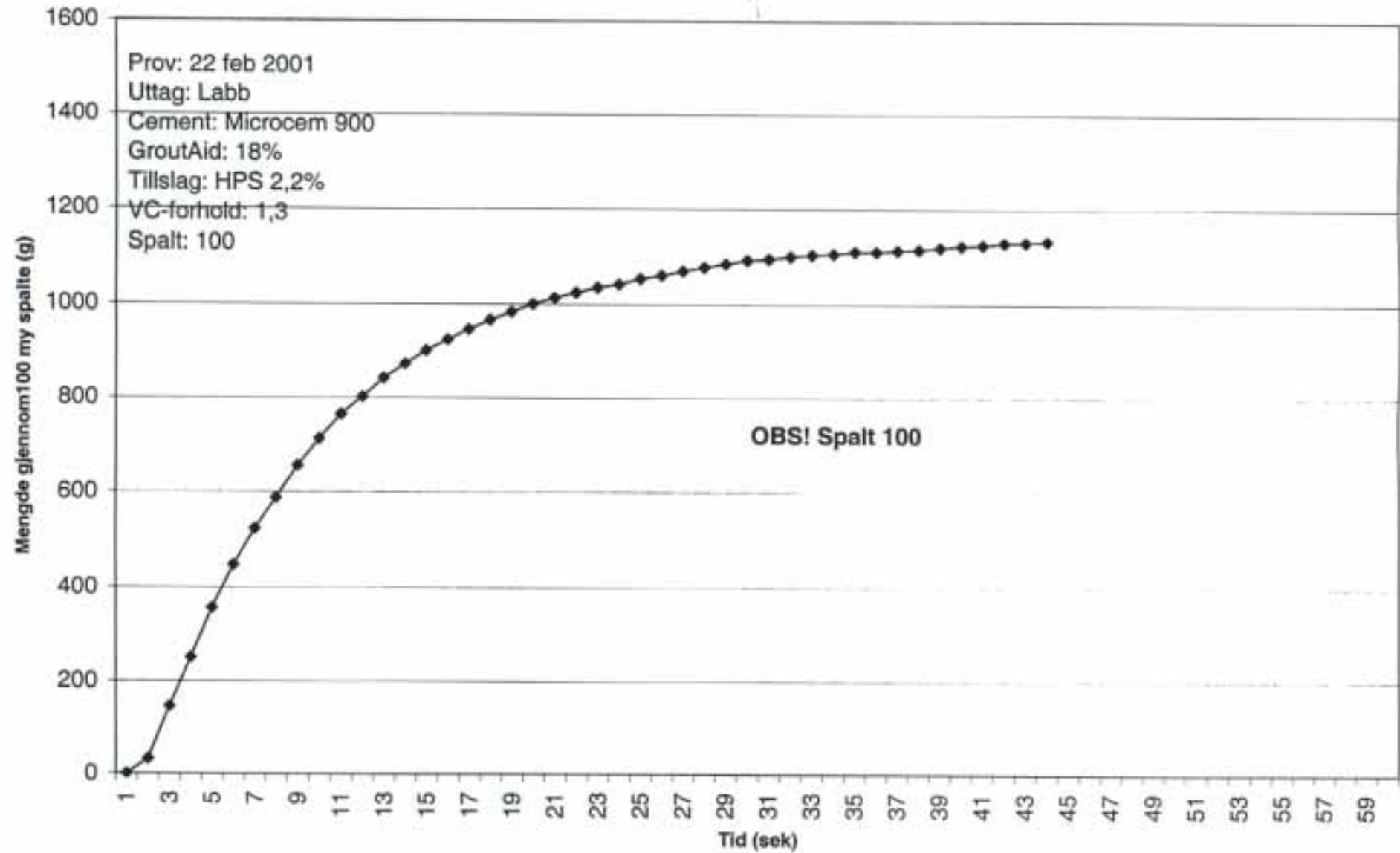


83553

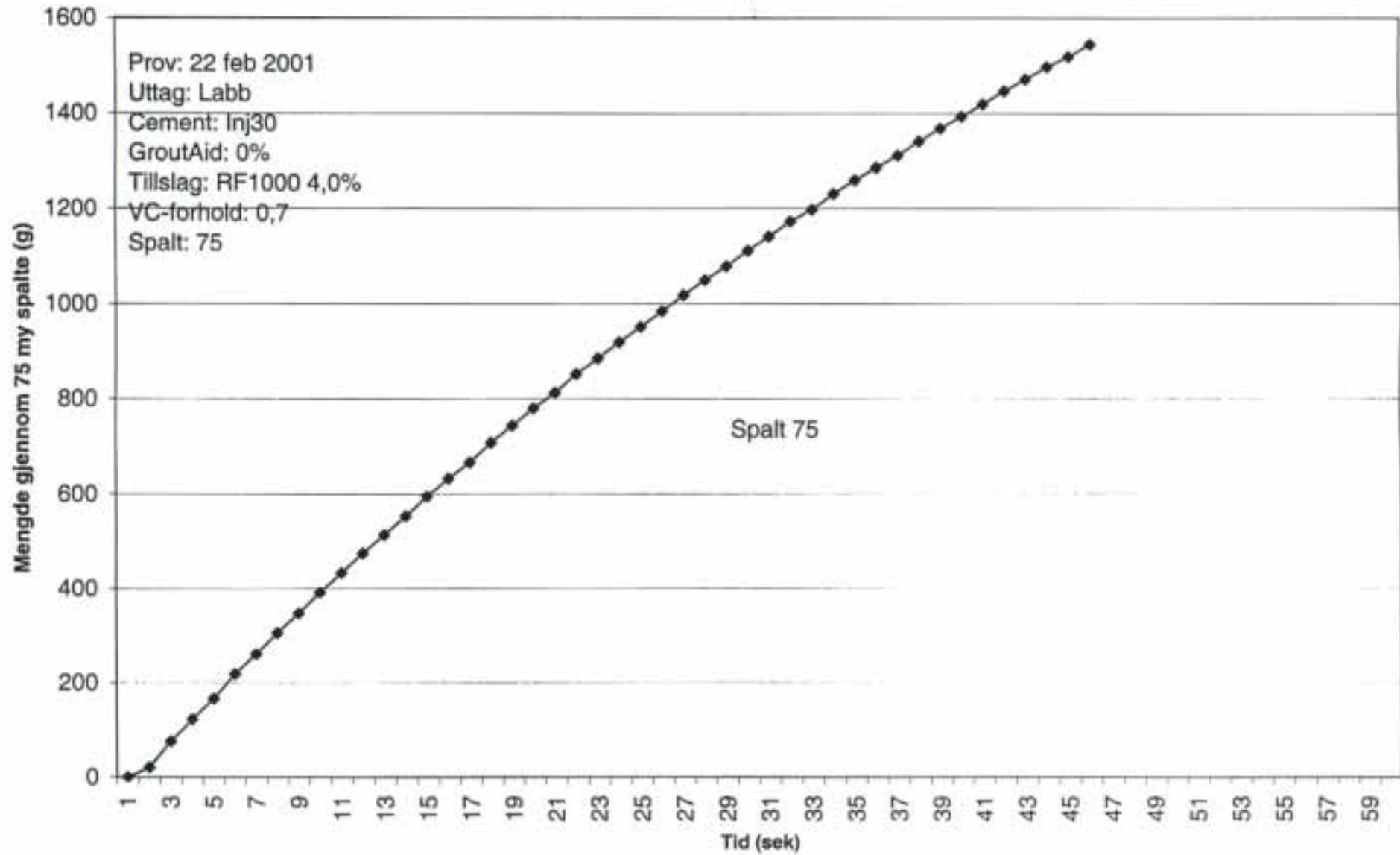


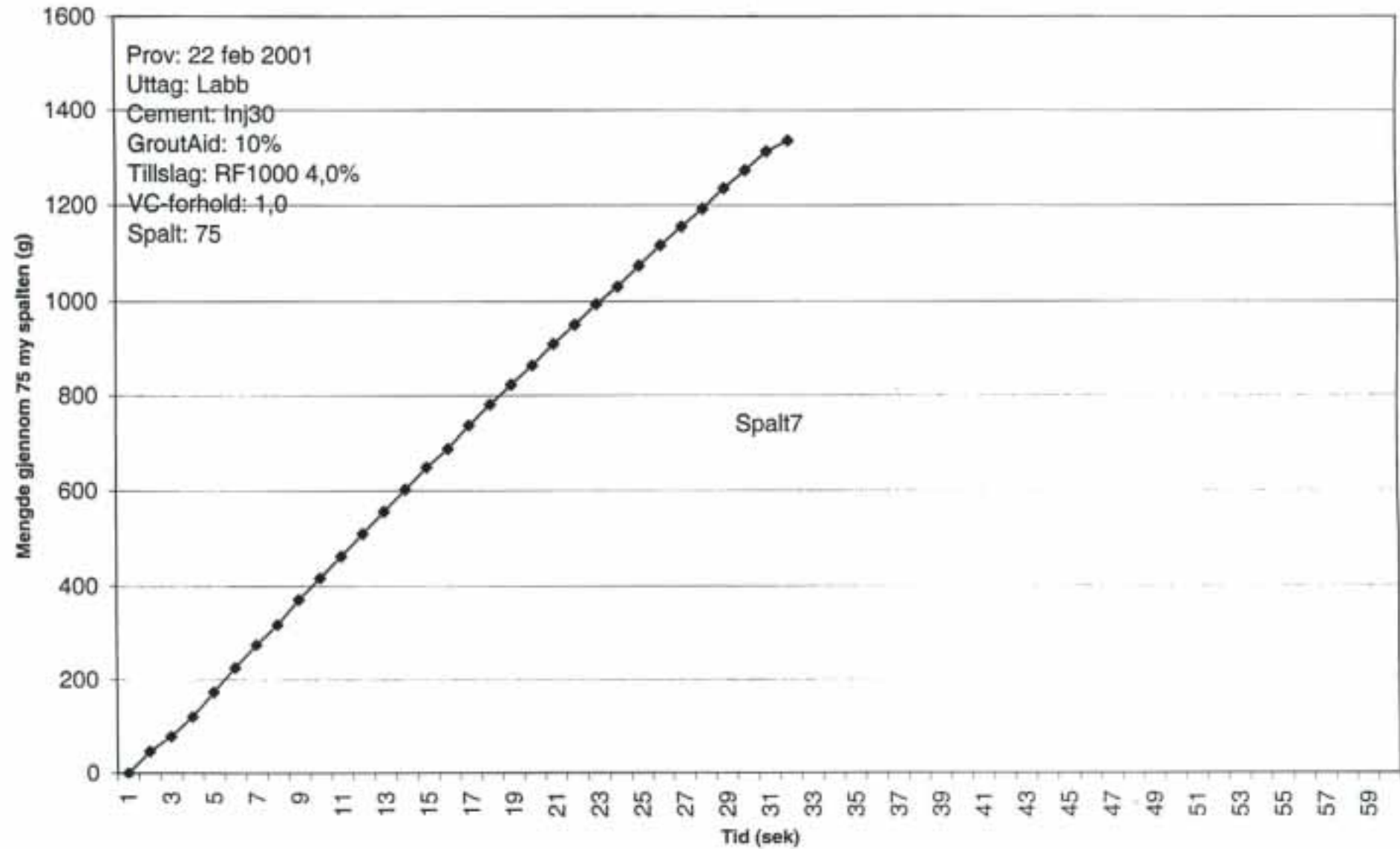
85354

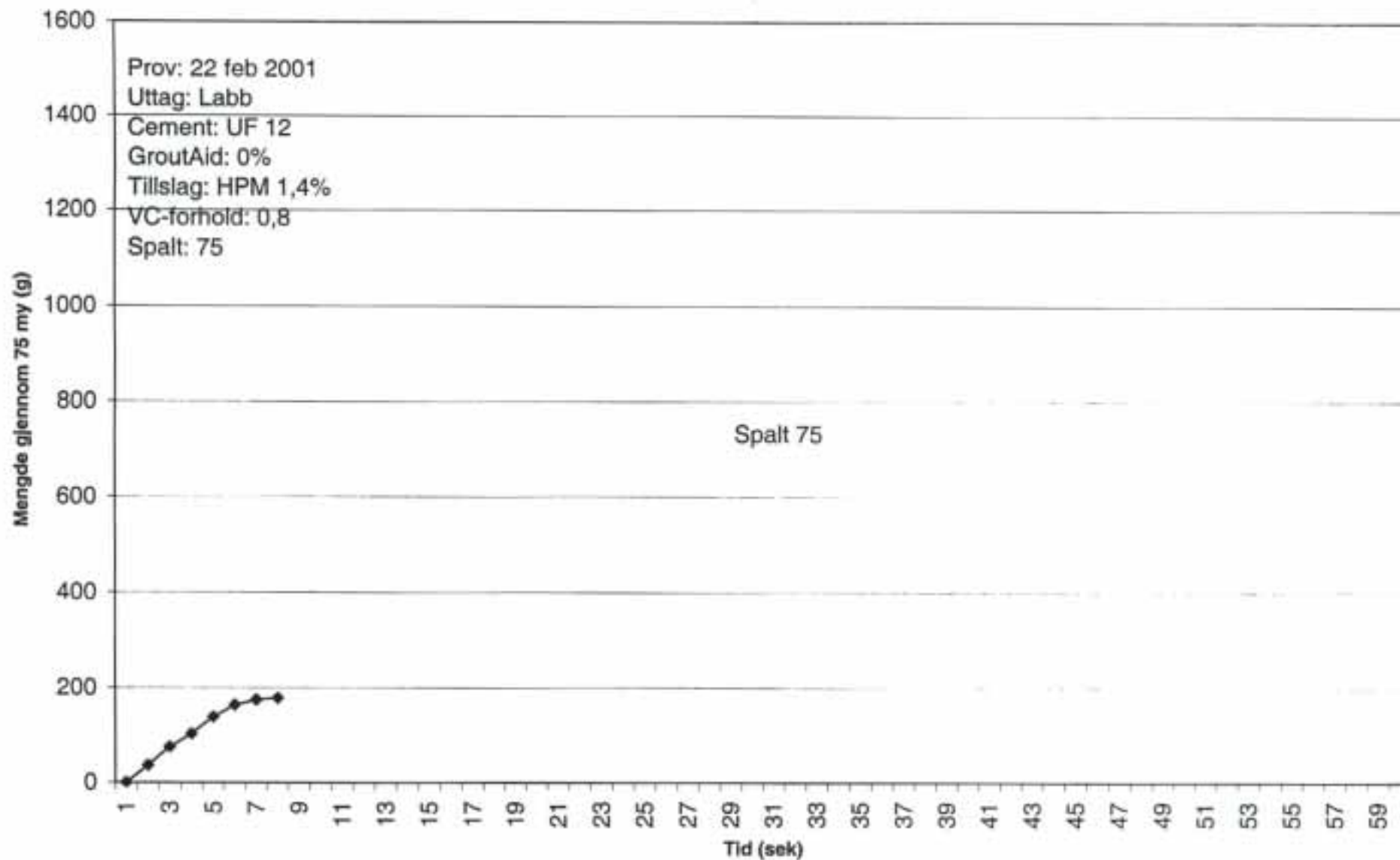




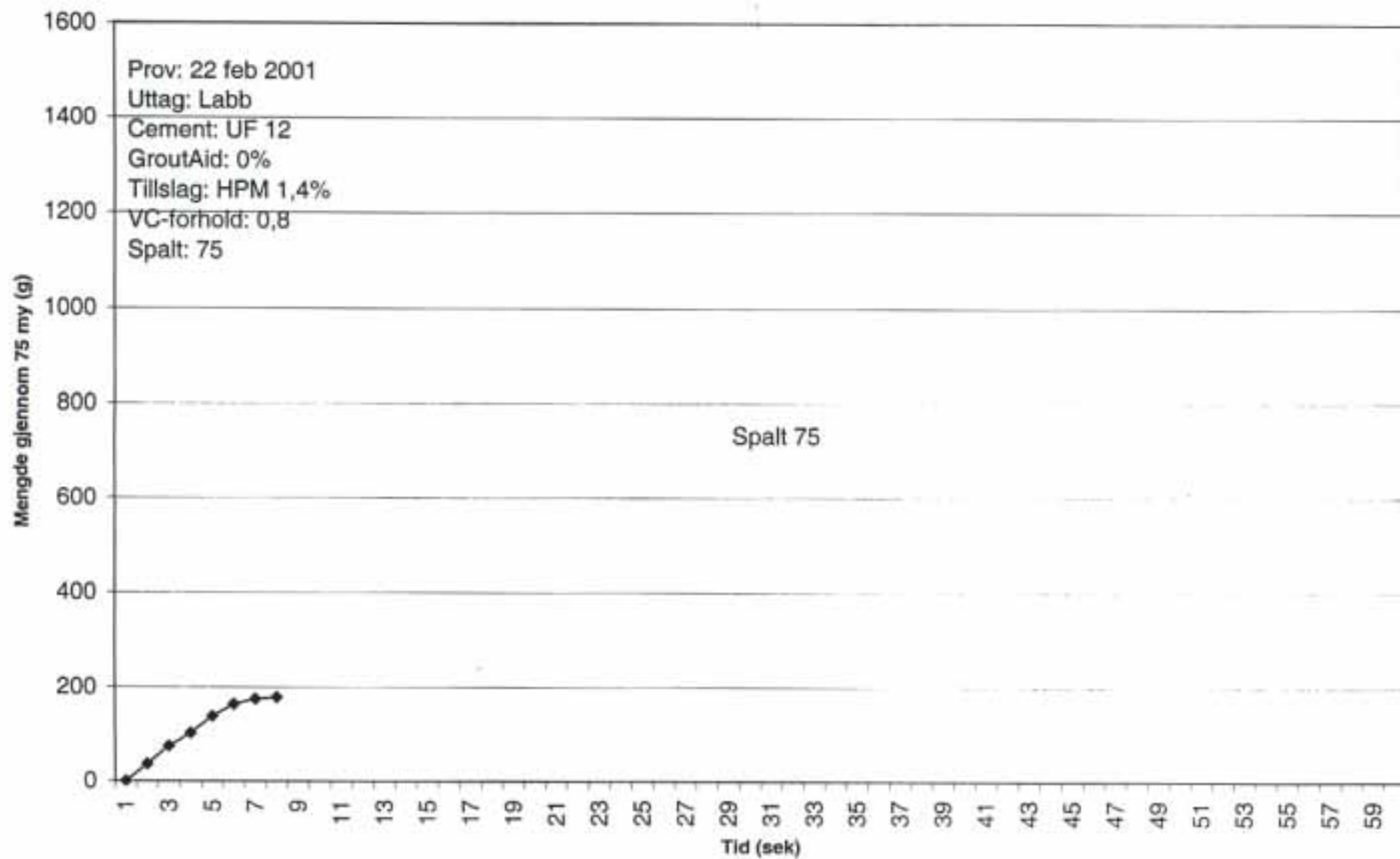
93750



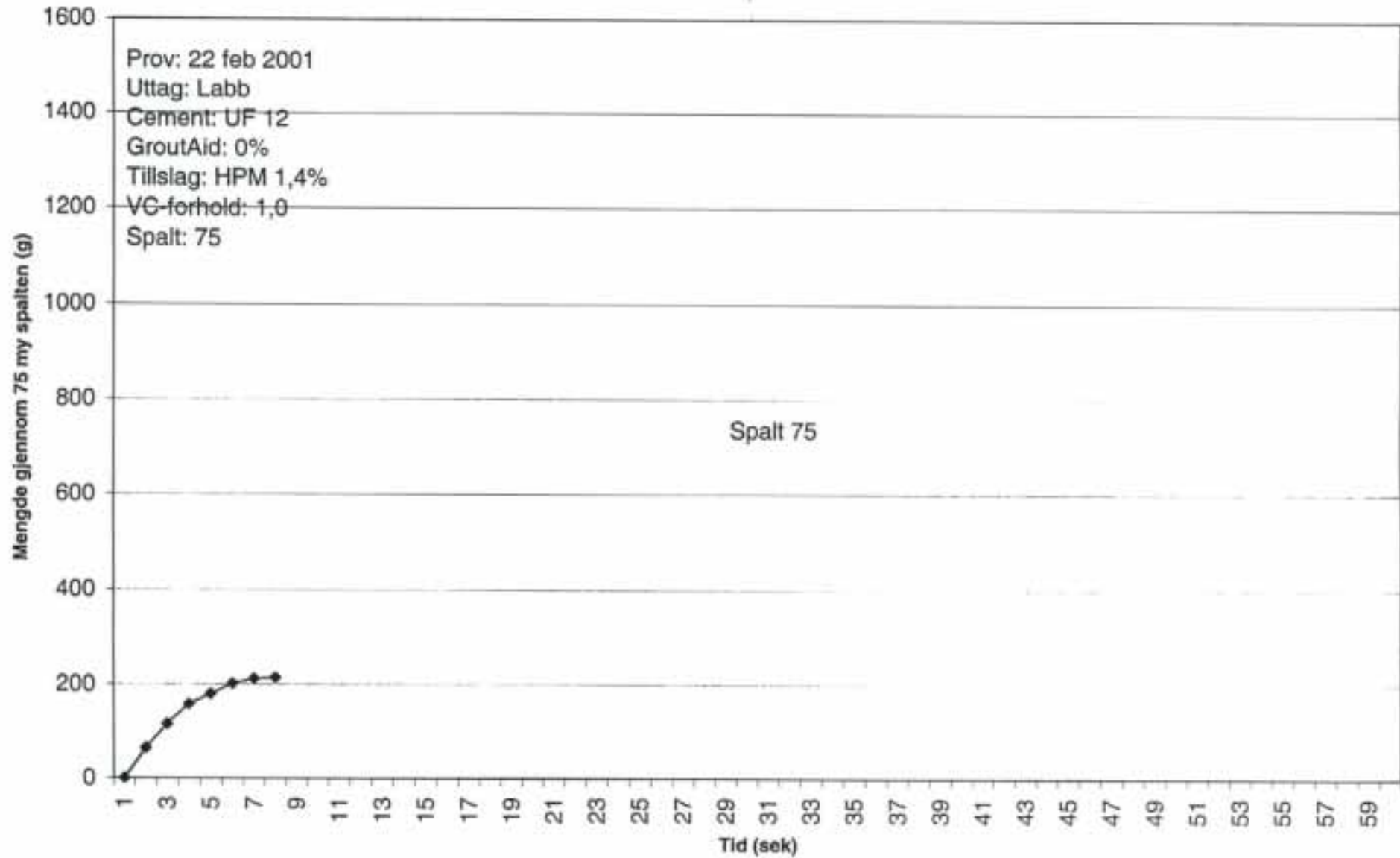


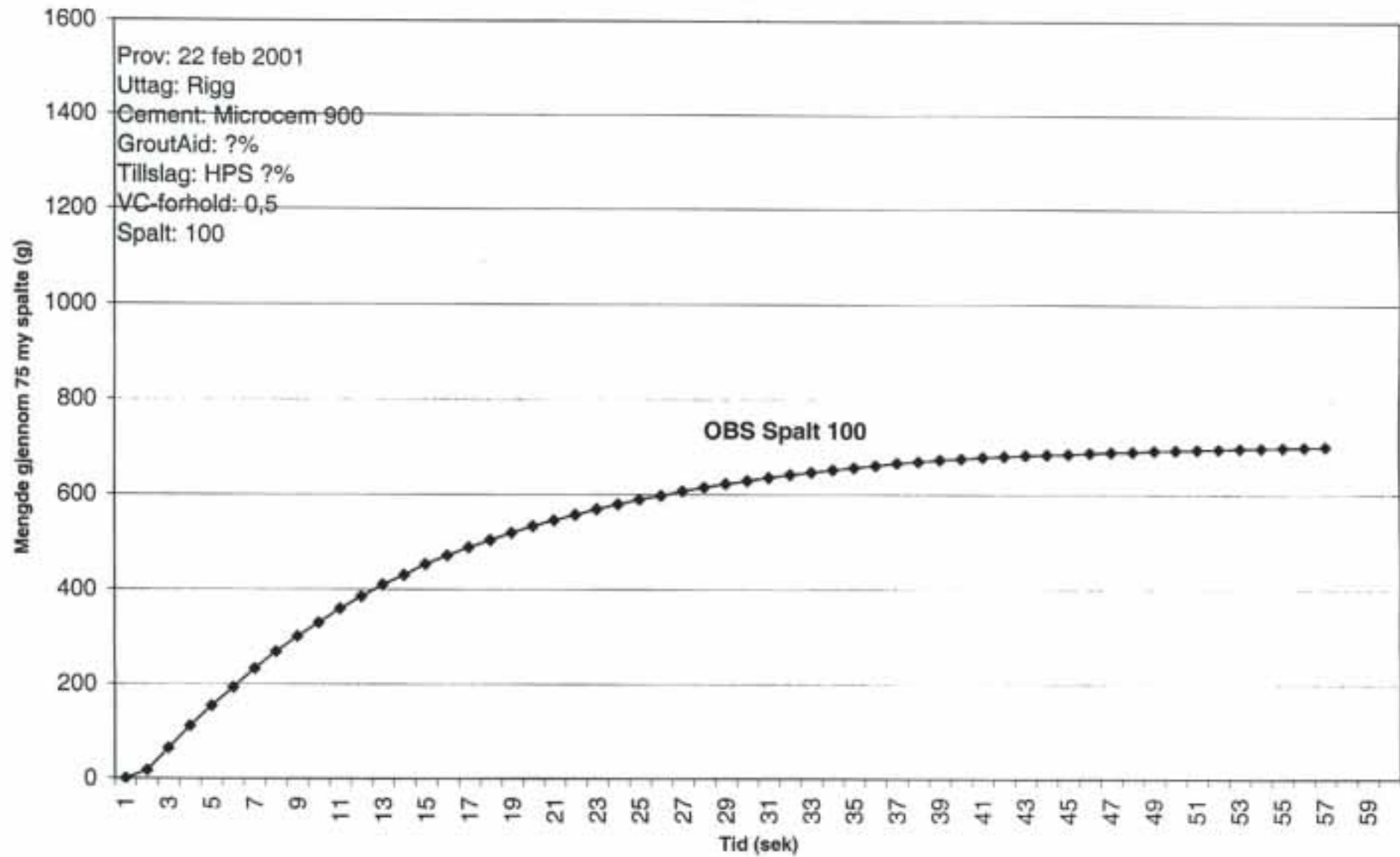


105921

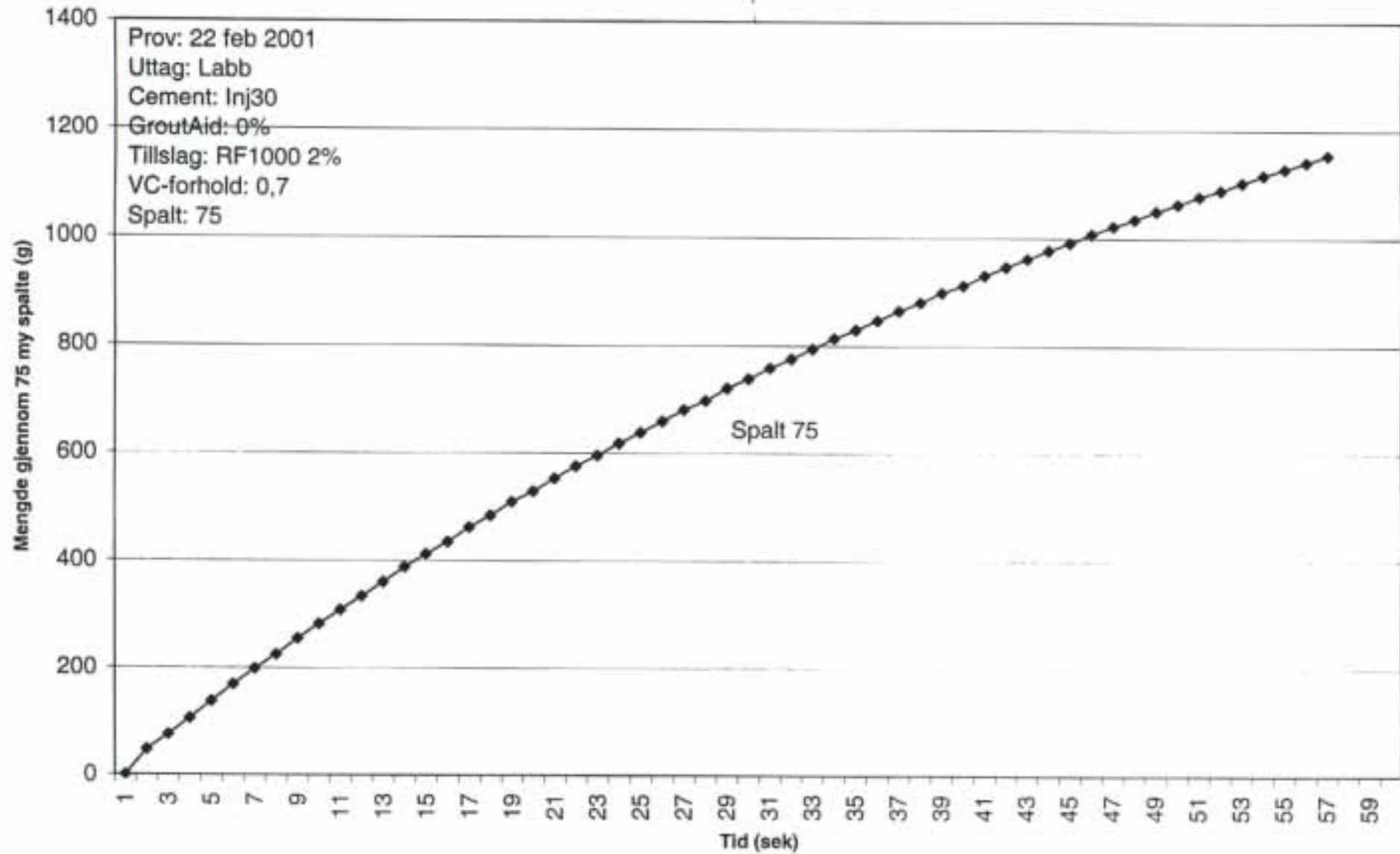


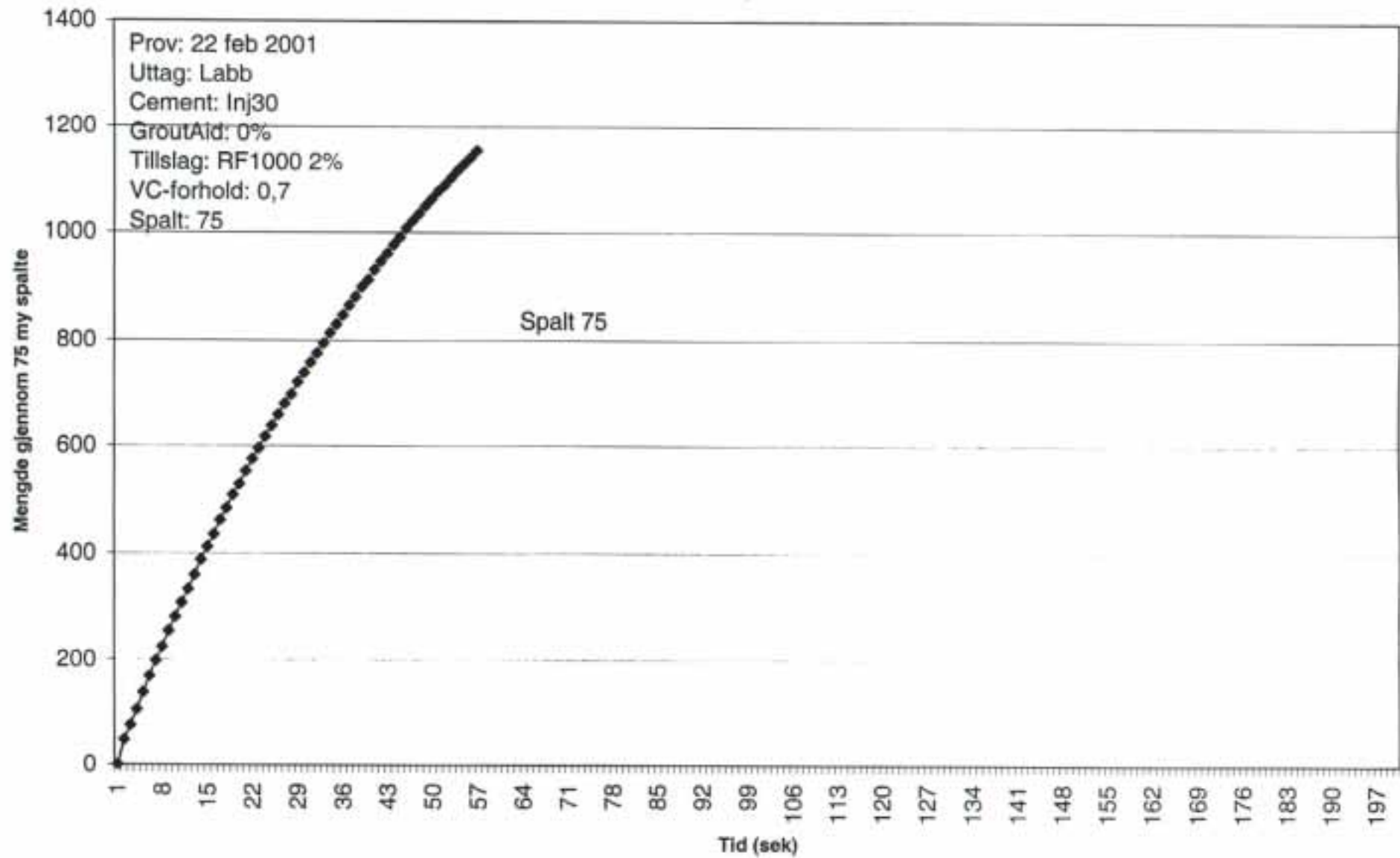
111144



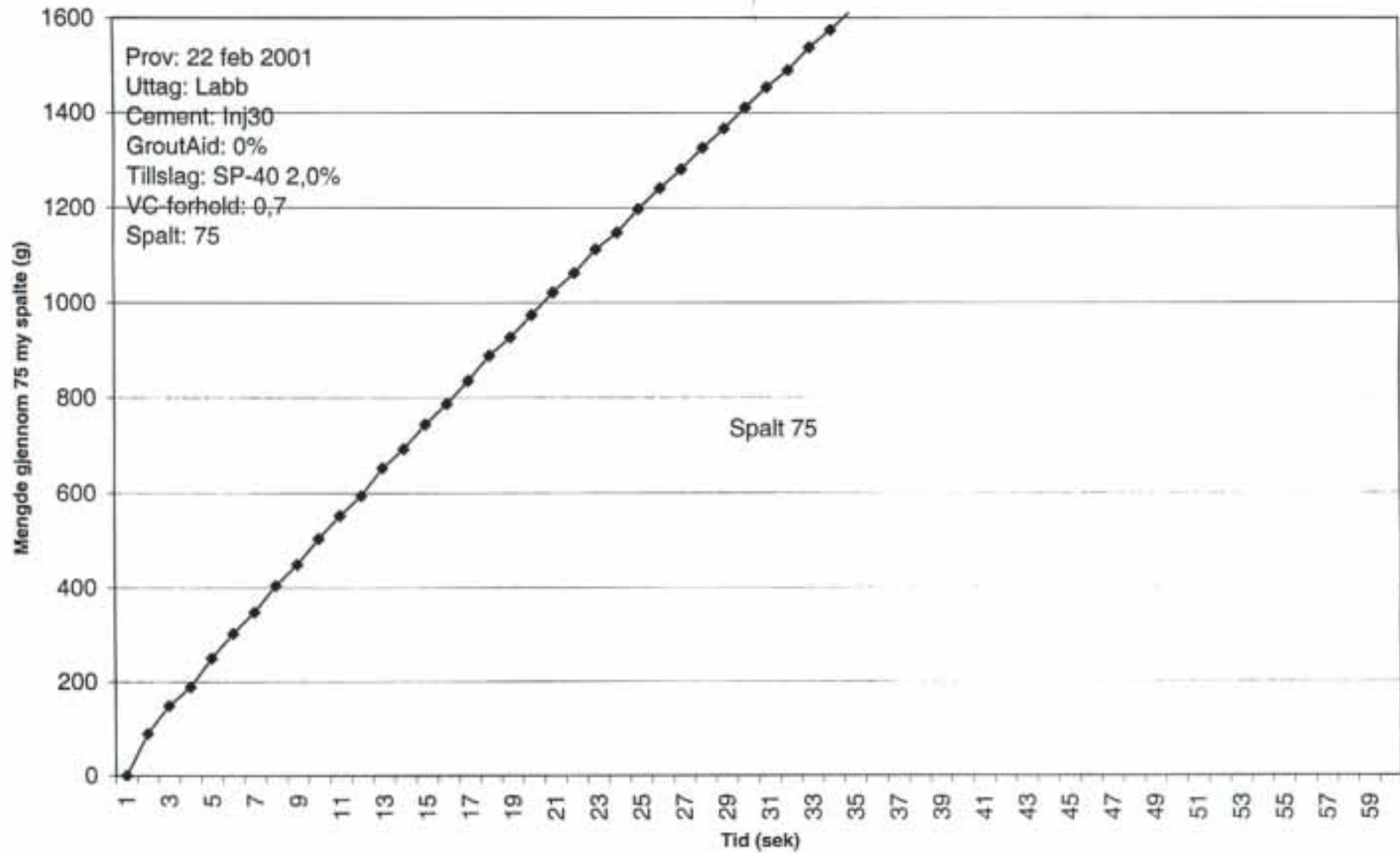


122937

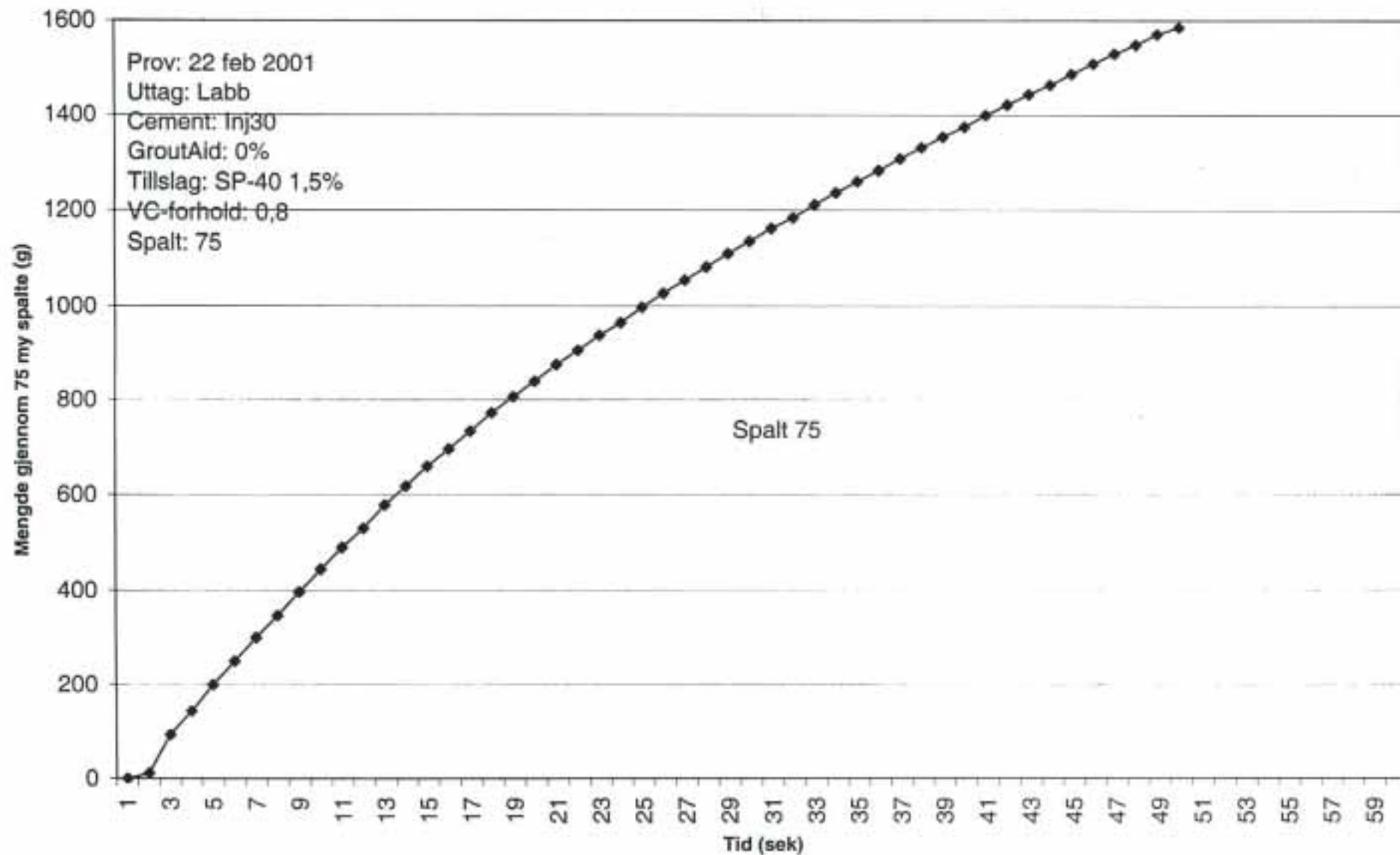




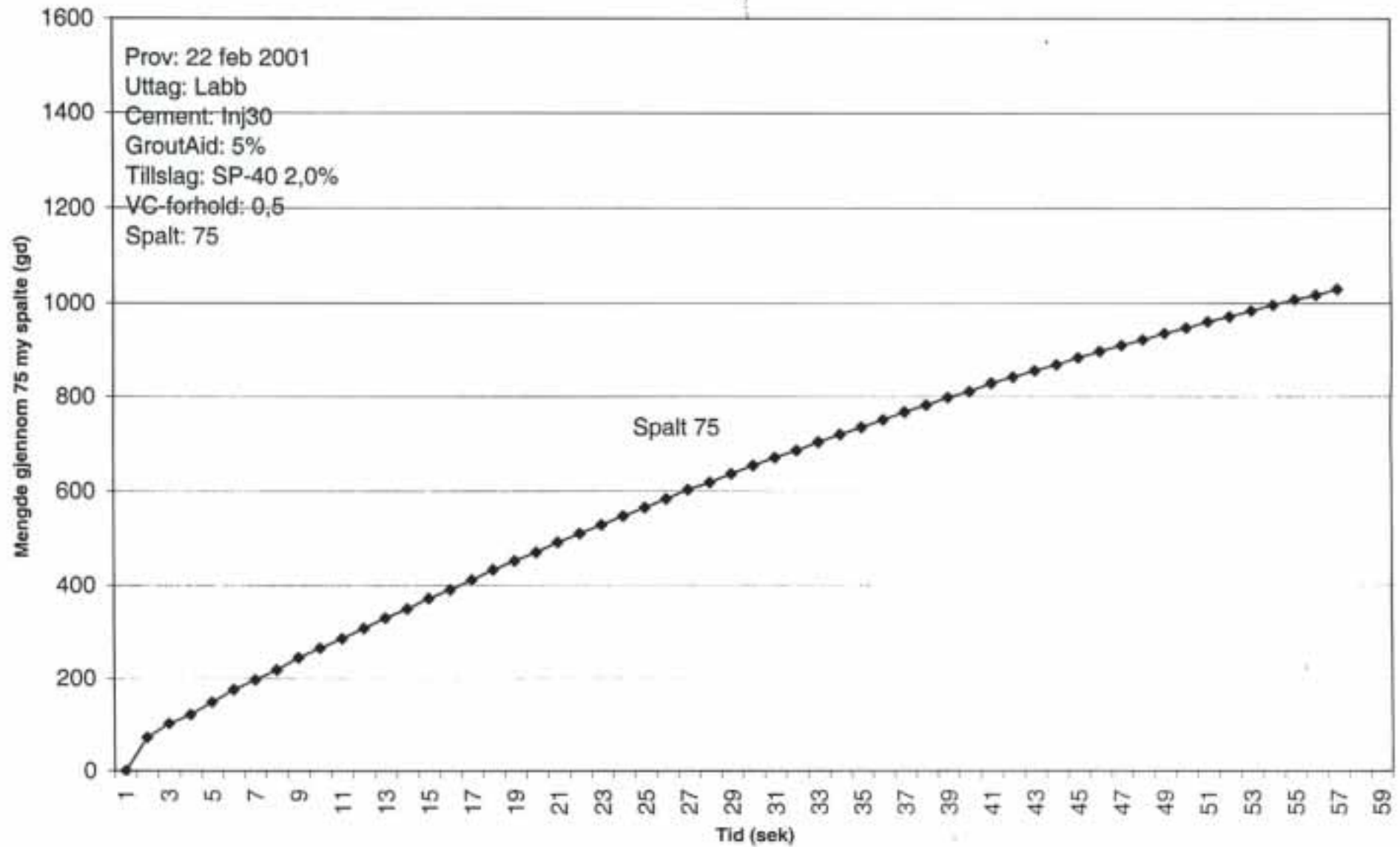
142435



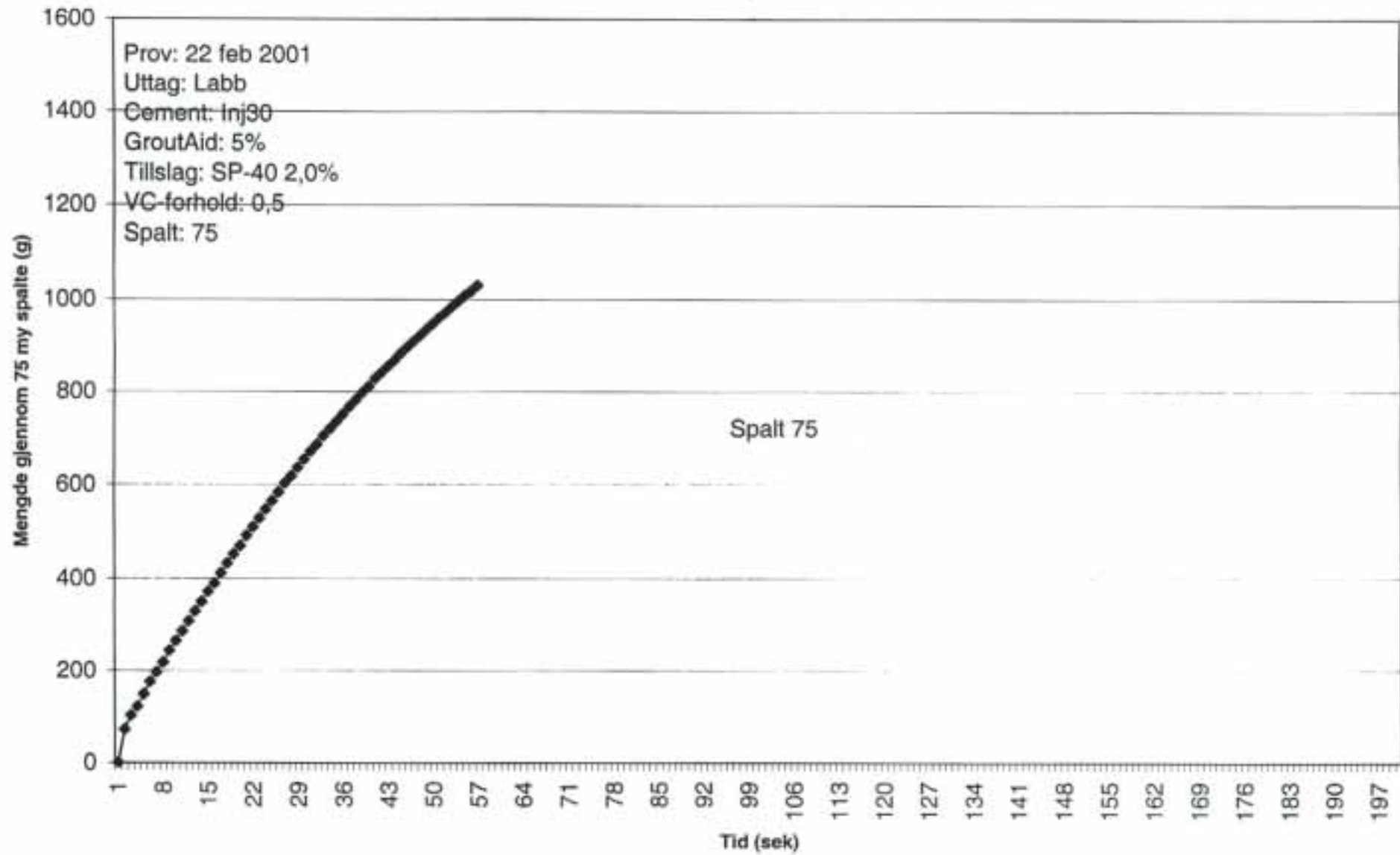
143748



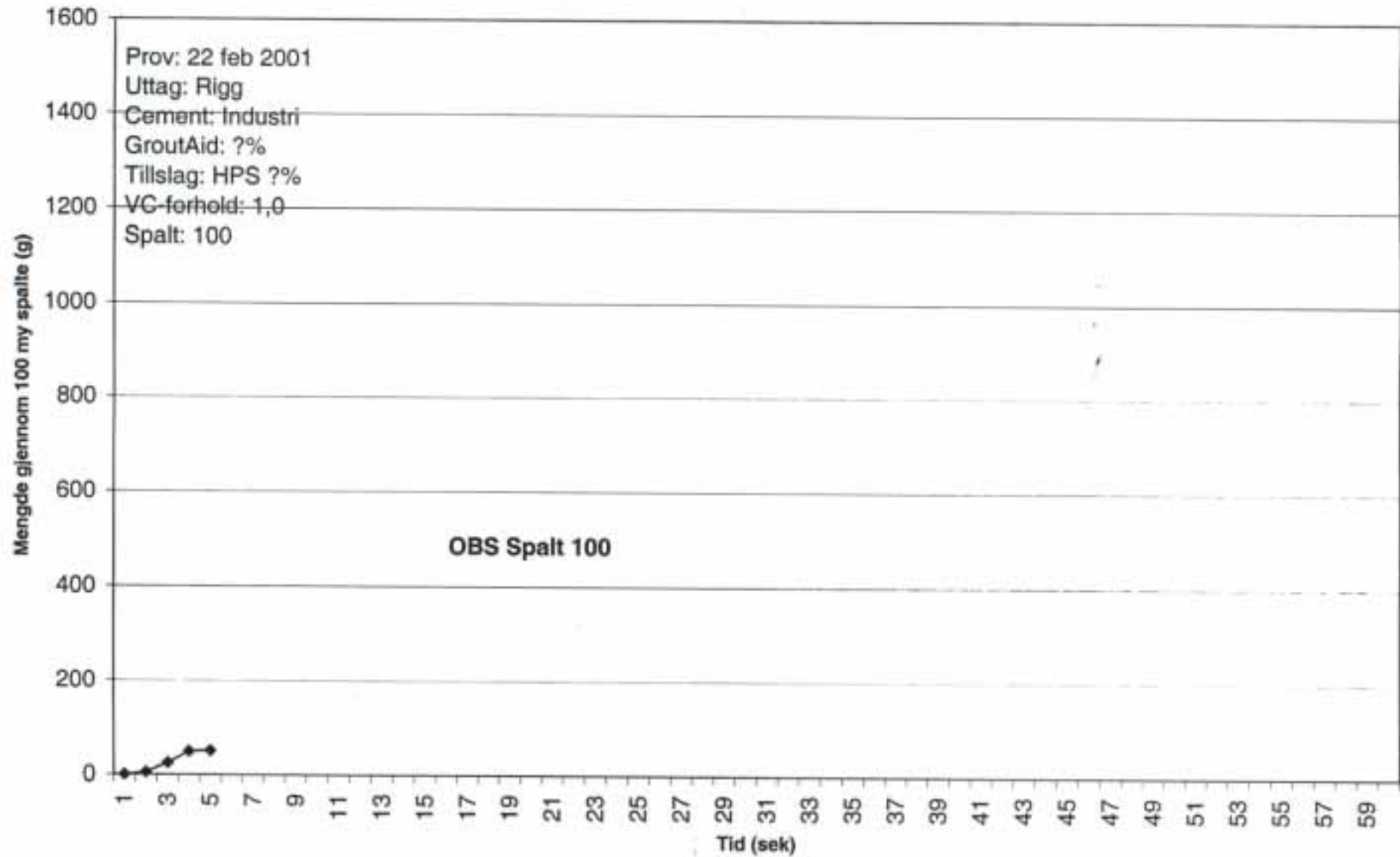
145000



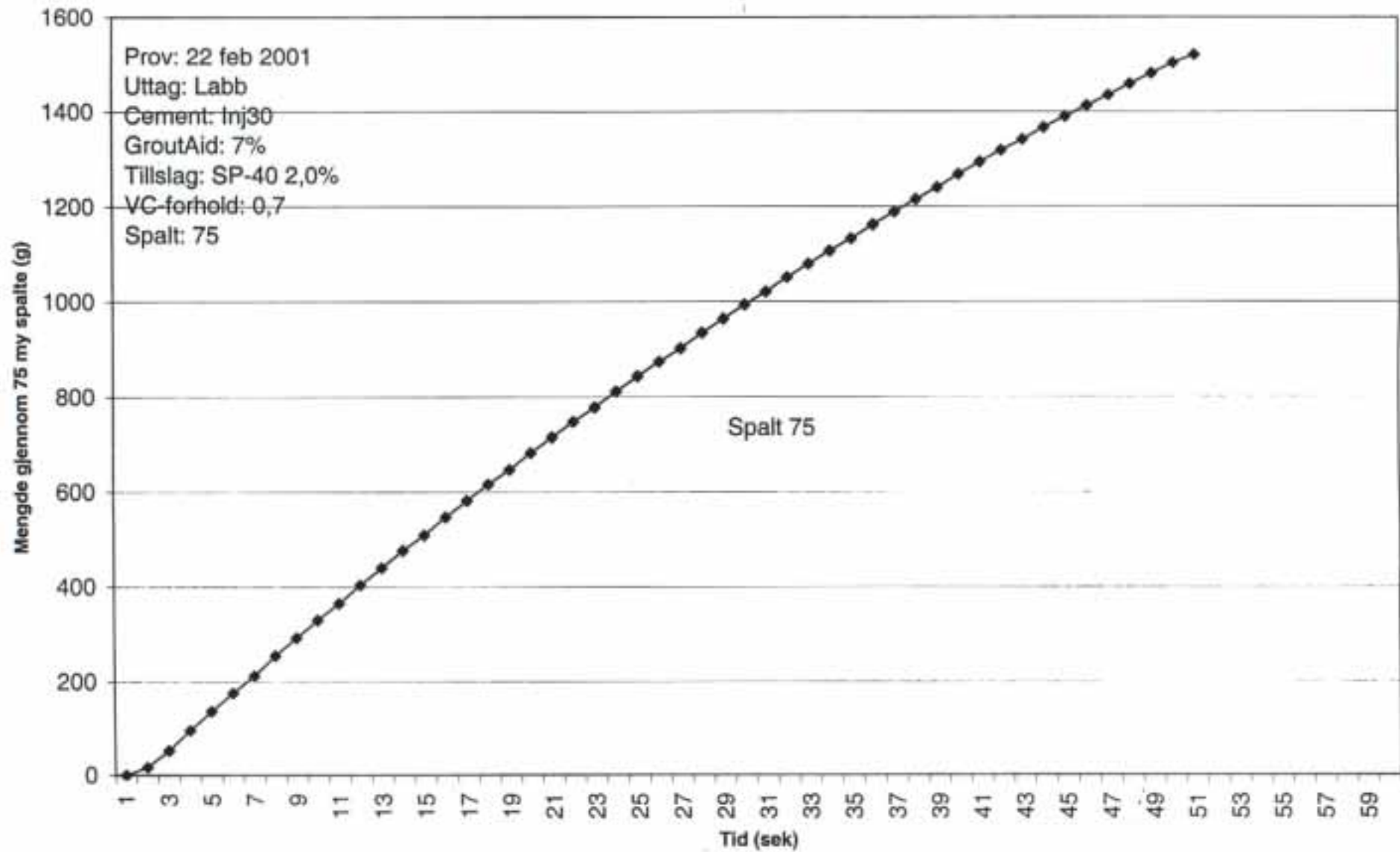
145000b



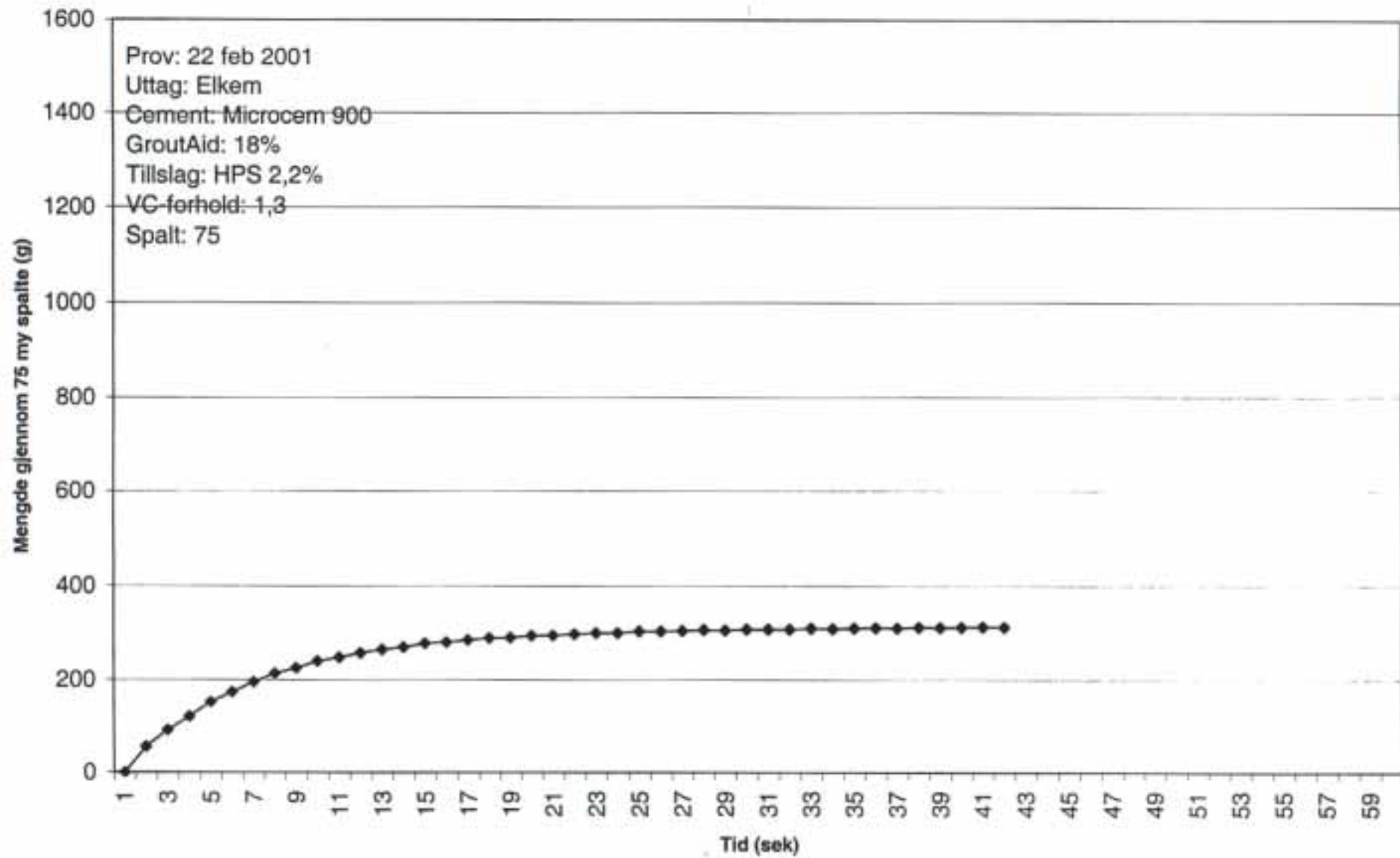
150319



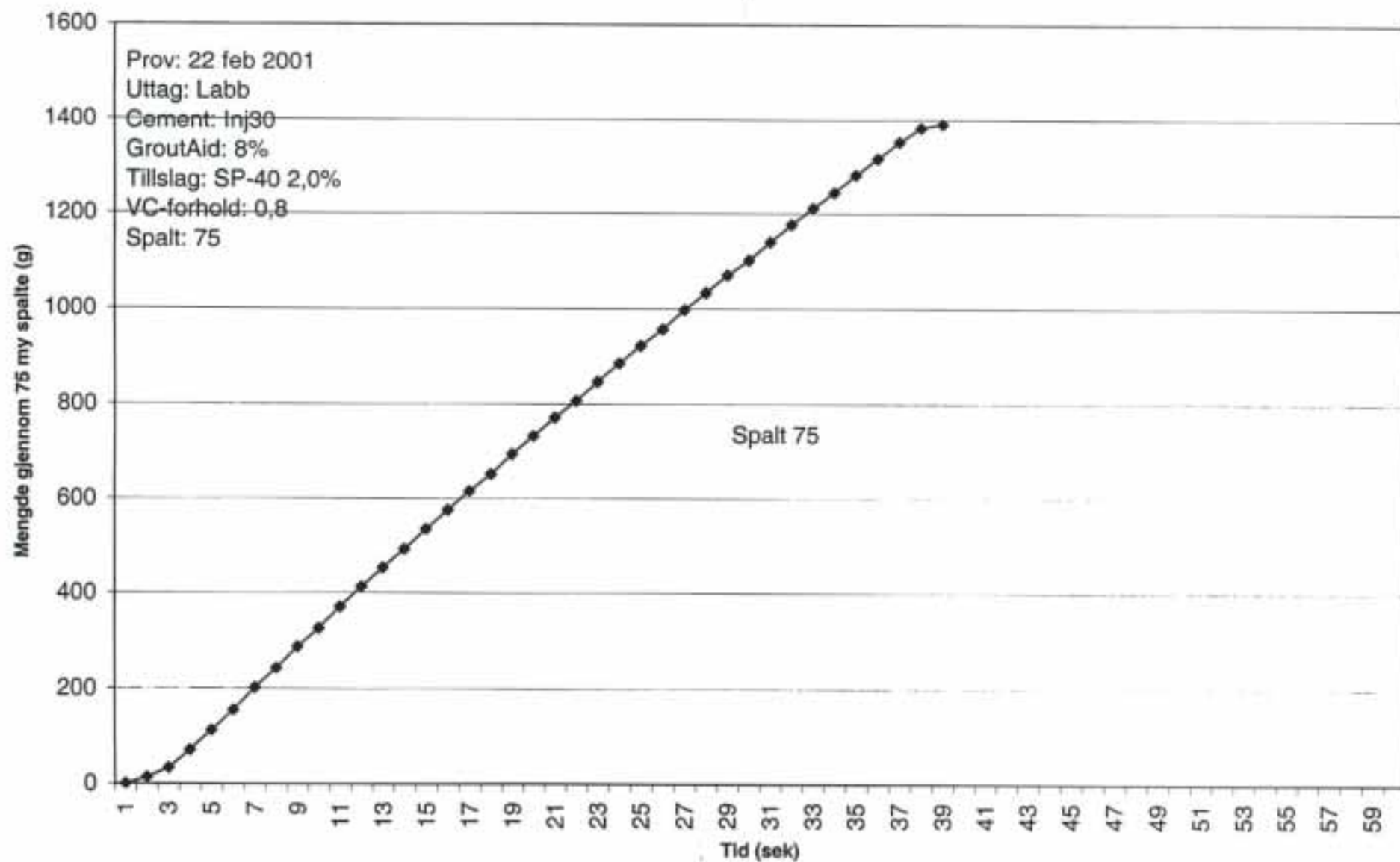
152757



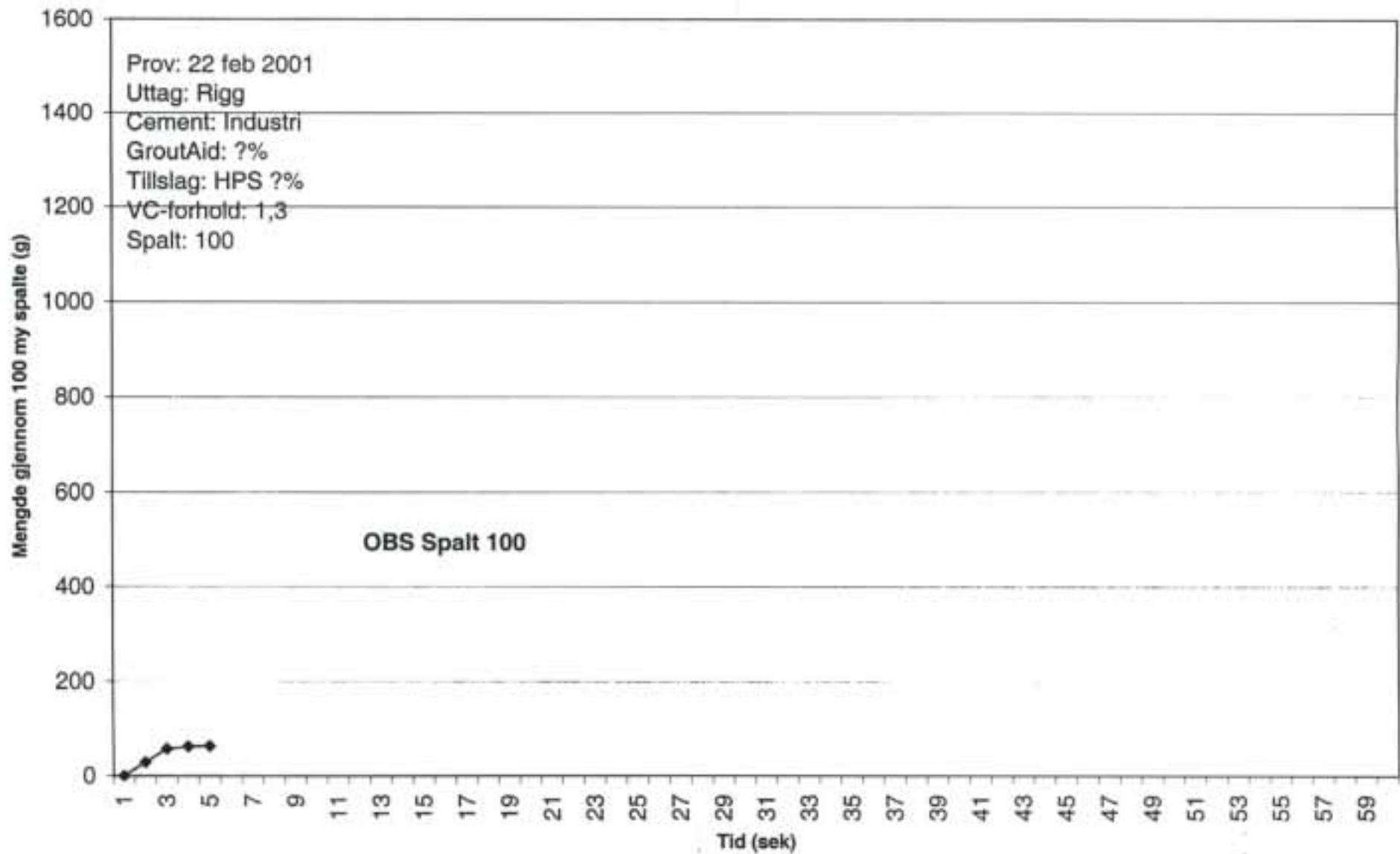
153841



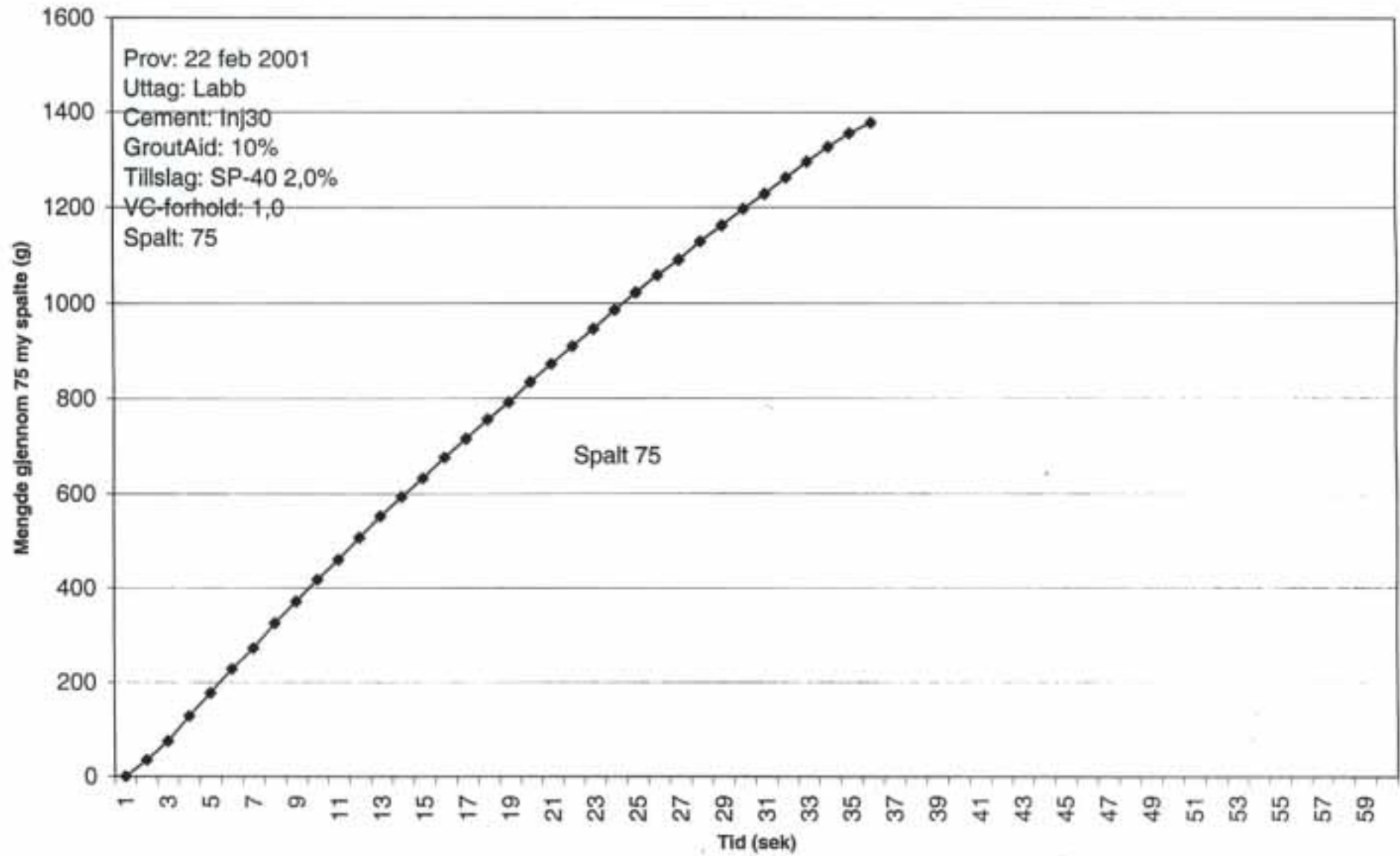
160651



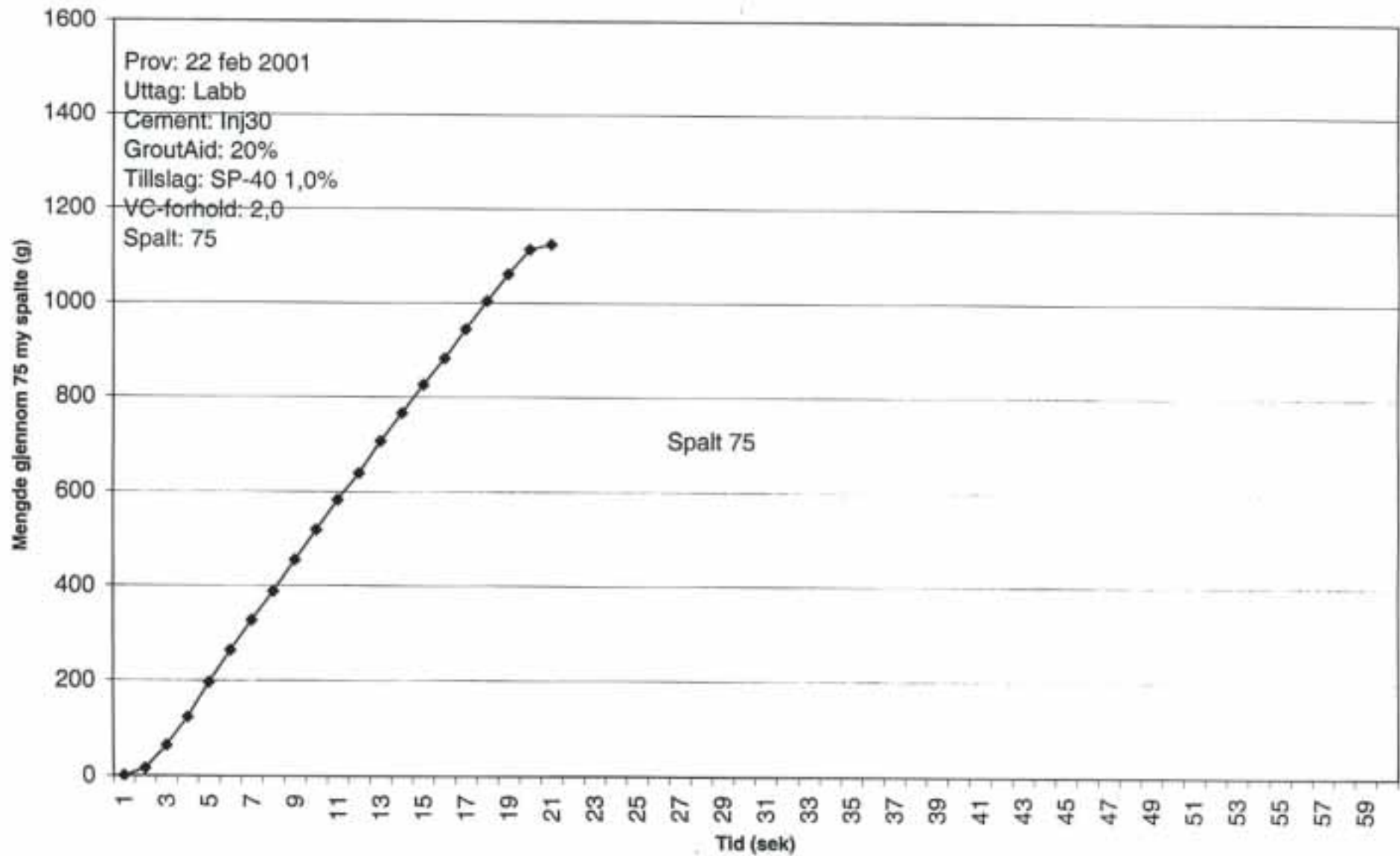
165630



172128



174138

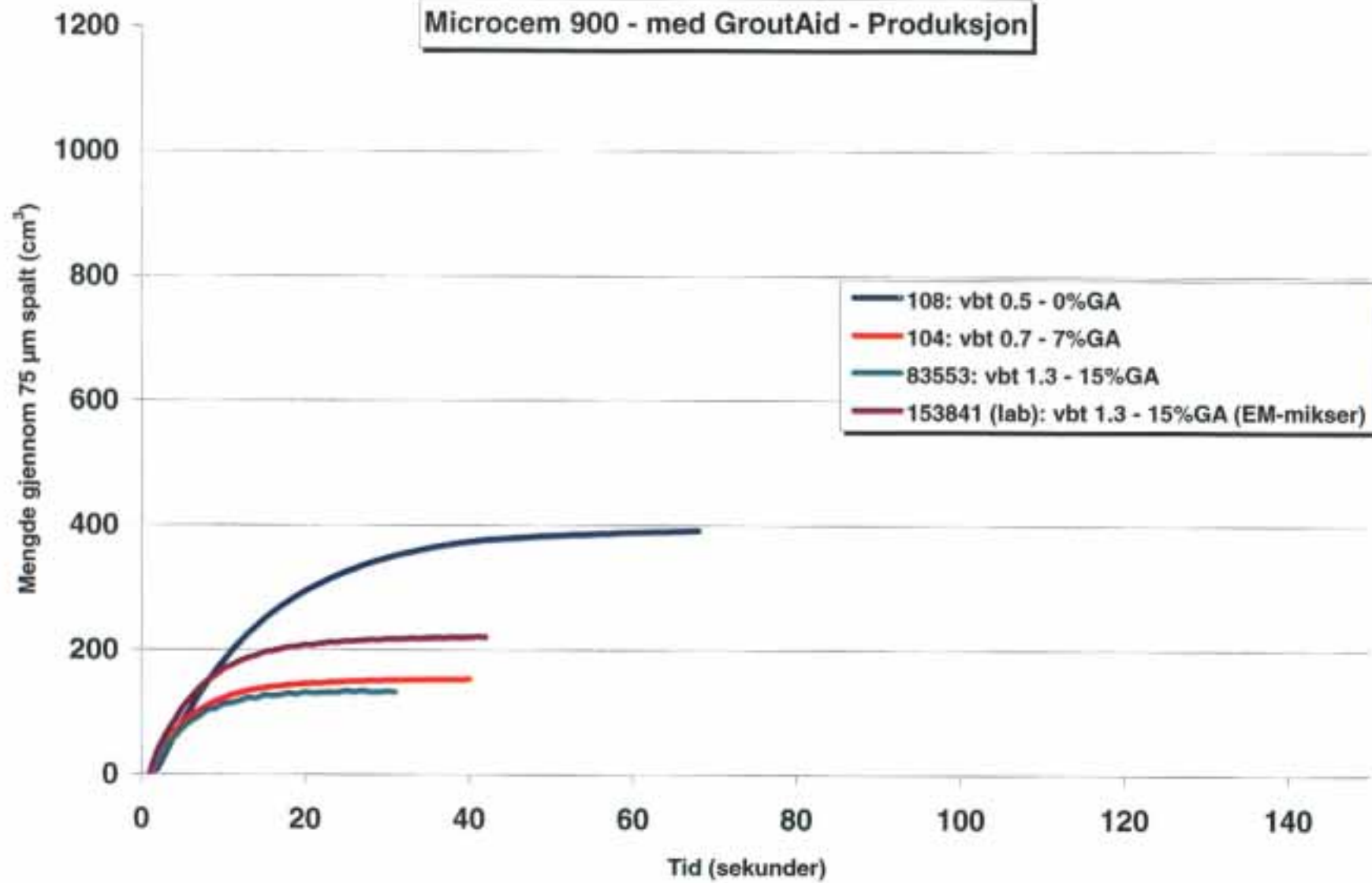


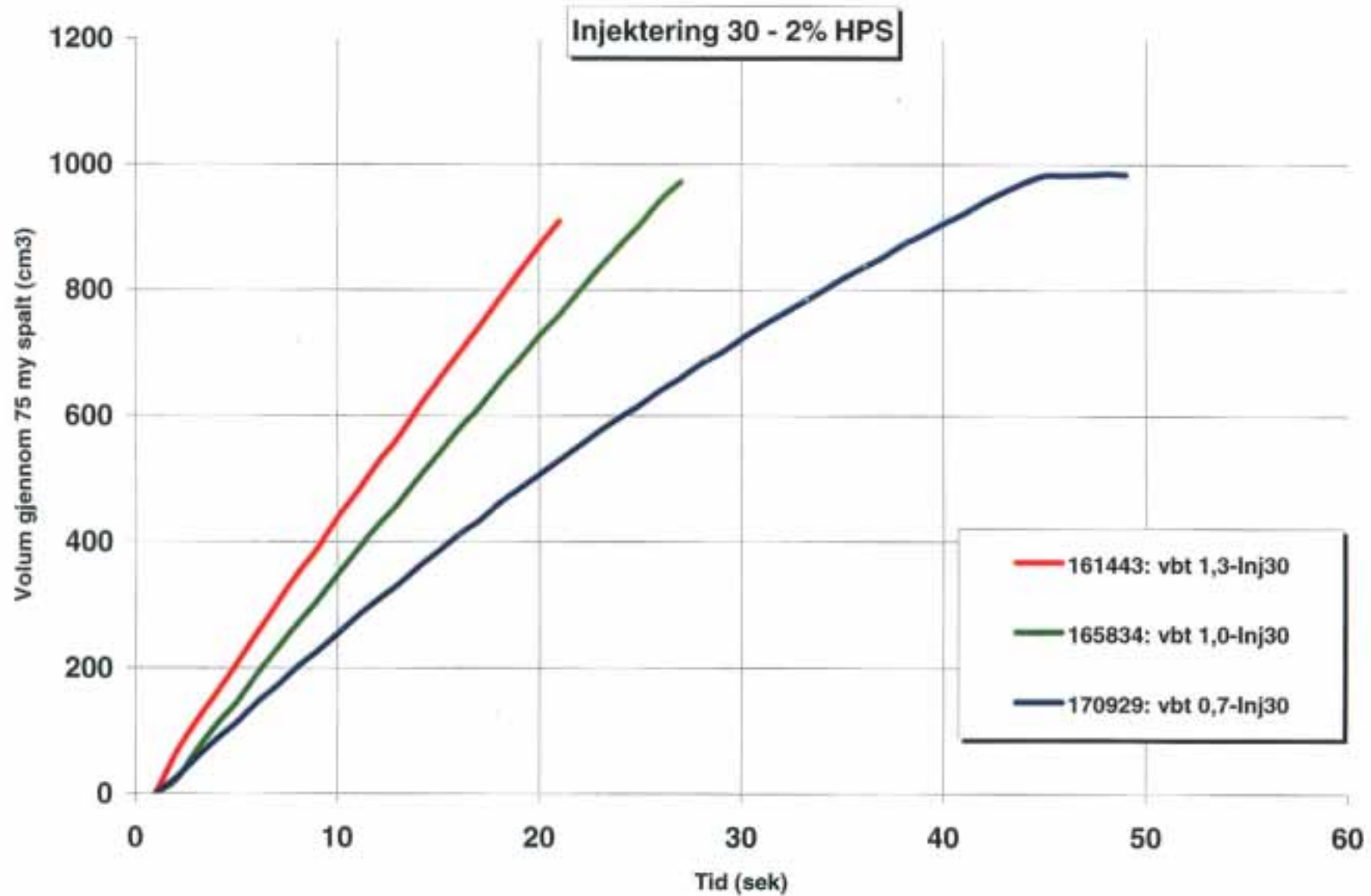
Vedlegg 9

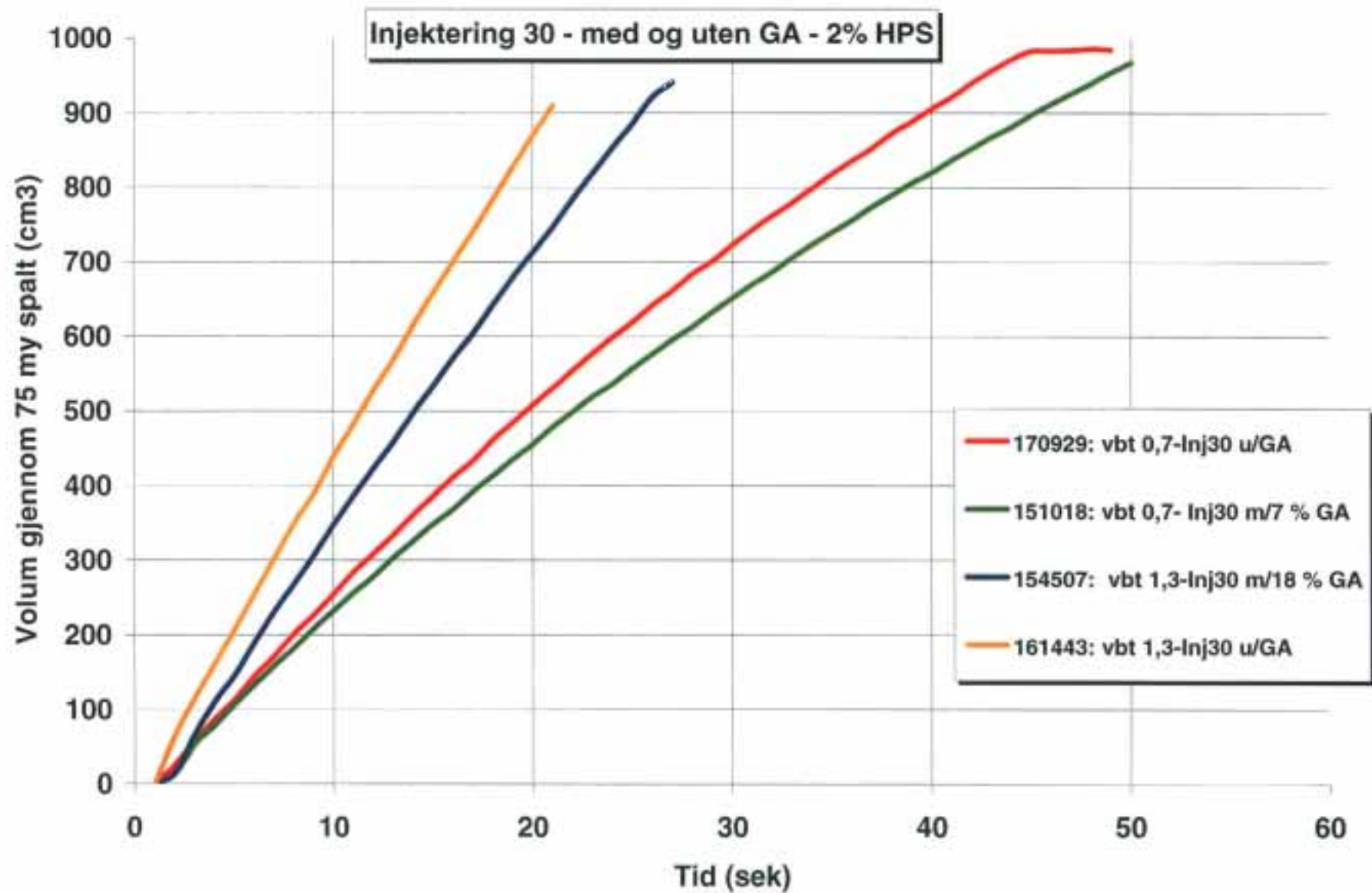
Sammenstilling av forsøk på laboratorieblandinger med NES- apparat.

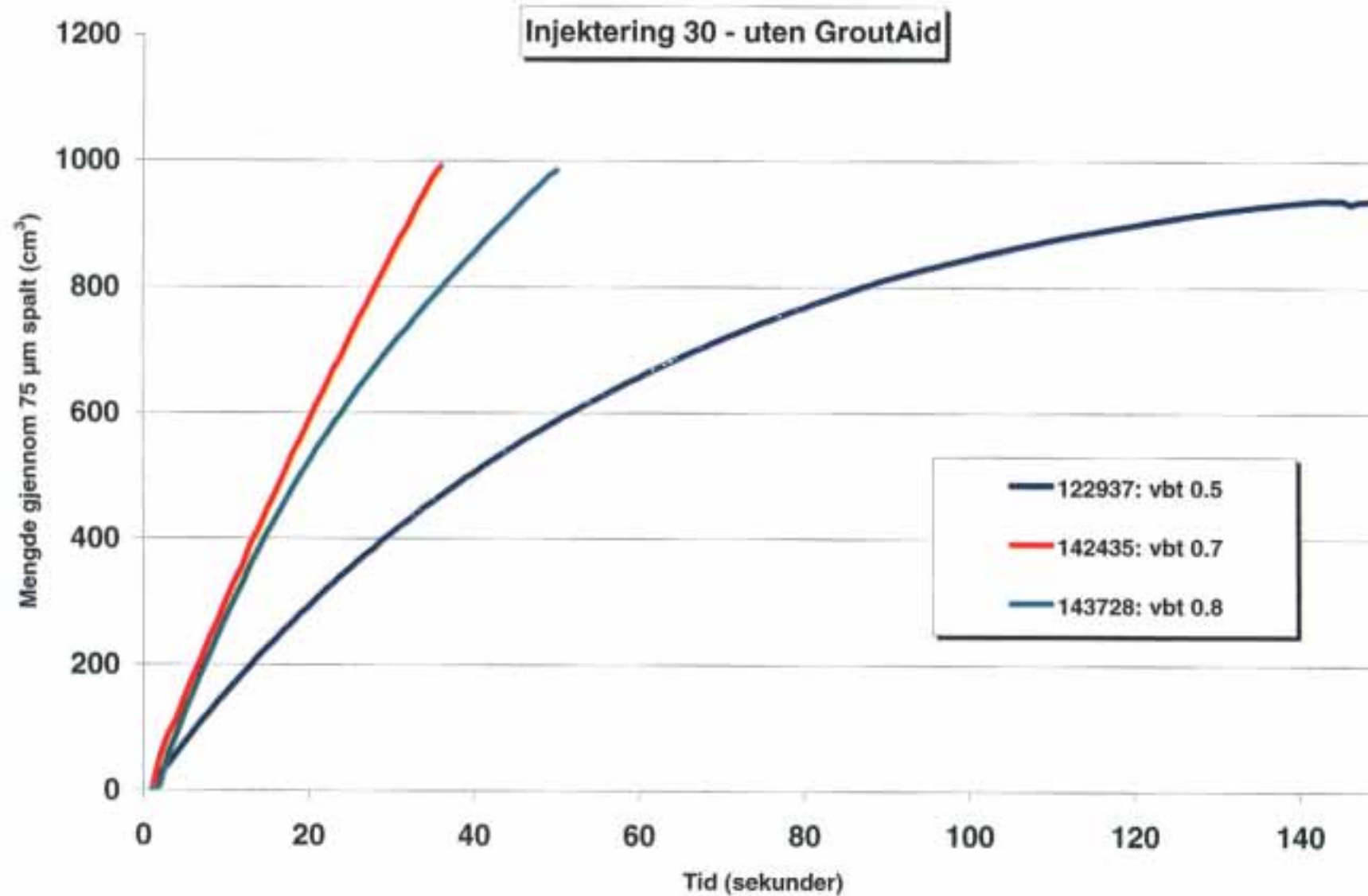
Diagram.

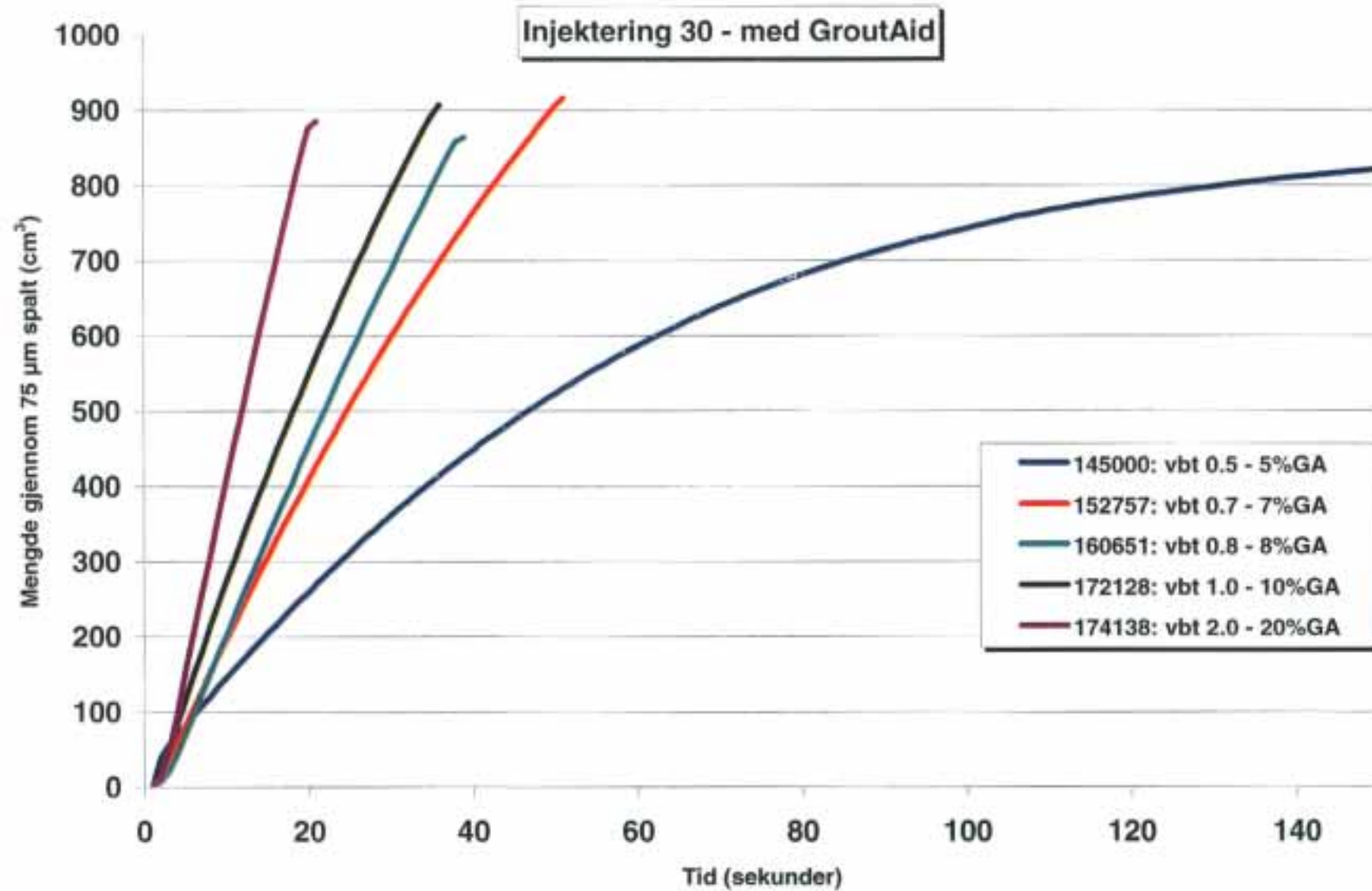
- Mikrocem 900 – med GroutAid – produksjon
- Injektering 30 – 2 % HPS
- Injektering 30 – med og uten GroutAid - 2 % HPS
- Injektering 30 – uten GroutAid
- Injektering 30 – med GroutAid











Vedlegg 10

Beskrivelse av NES-metoden

NES – metod för mätning av injekteringsbrukets inträngningsförmåga

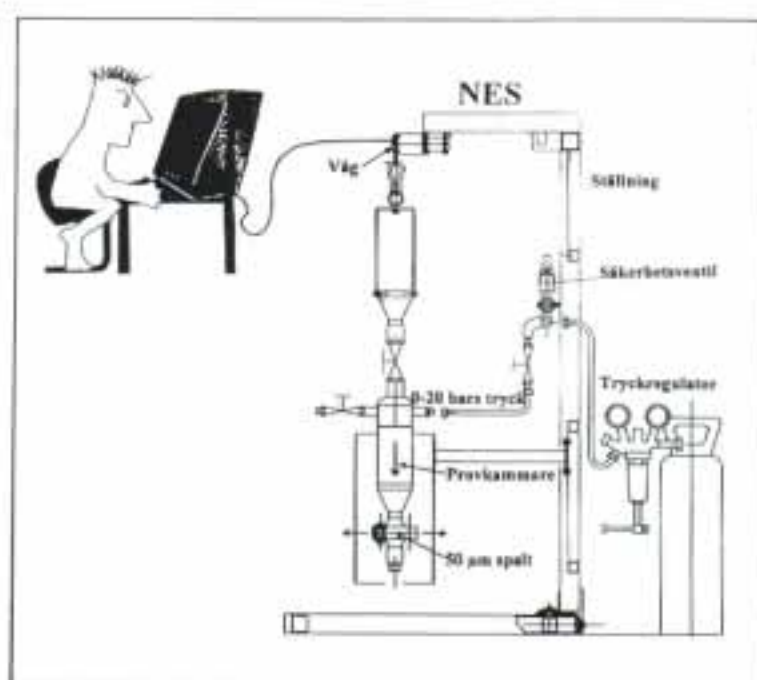
En ny metod, NES, för mätning av inträngningsförmågan hos ett injekteringsbruk har utvecklats av Cementa i samarbete med Skanska och Elkem Materials.

Artikelförfattare:
Tekn. lic. Paul Sandberg, Cementa AB

Idén till provningsprincipen som Tor Ericsson, Cementa, vidareutvecklat till NES, kommer ursprungligen från Magnus Nelson, Skanska, och har tillämpats vid utvärdering av injekteringsbruk för Hallandsåstunneln.

Metoden efterliknar det verkliga injekteringsförloppet där ett injekteringsbruk med övertryck pressas in i bergets spricksystem. NES-metoden ger möjlighet att studera vilka parametrar som styr uppkomsten av filterkakor, sätter igen sprickor och begränsar inträngningsförmågan. Det är en laboratoriemetod som innebär att man under övertryck injekterar bruket genom en spalt med anpassad spaltöppning, se figur 1.

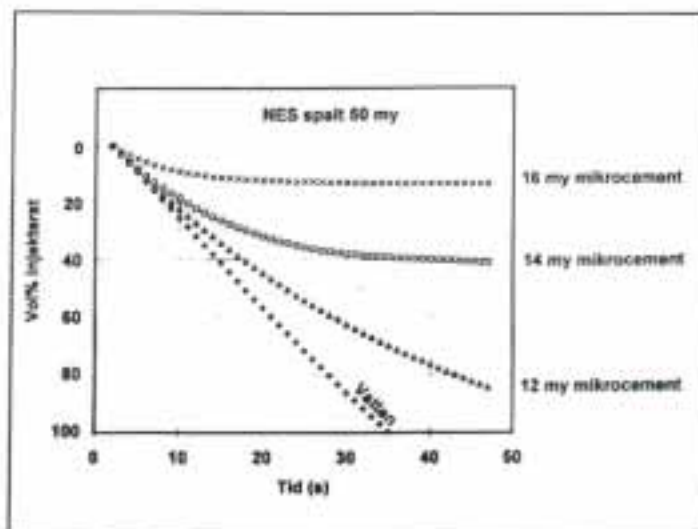
Flödet av material genom spalten registreras kontinuerligt via en datalogger. Flödesmängden över tiden utgör ett mått på provets inträngningsförmåga och jämförs relativt inträngningsförmågan hos rent vatten, se figur 2. Me-



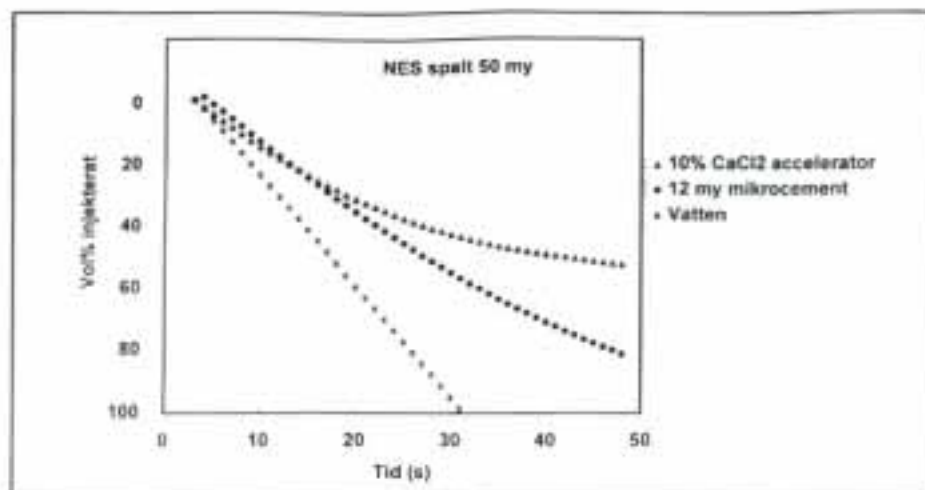
Figur 1. NES-apparatens, principskiss.

NES-apparatens funktion

Provkammaren fylls med 1 500 g injekteringsbruk. Behållaren försluts och sätts under kontrollerat övertryck med hjälp av tryckregulator. Övertrycket åstadkommer att bruket pressas ut ur provkammaren genom den reglerbara spaltöppningen. Den mängd bruk som på så sätt kan pressas ut mäts över tiden med den elektroniska vägen och såväl vikt som tid registreras i en datalogger. Diagram kan därefter upprättas som grafiskt redovisar de olika injekteringsbrukens inträngningsegenskaper.



Figur 2. Flöde av vatten och cementbruk under 20 bars tryck genom en 50 µm spalt. Mikrocement med olika D_{max} , vct 3,0 och 2% melaminbaserad flyttillsats (0,66% torrhalt) samt 25% silikastoft av bindemedelsvikten.



Figur 3. Accelererande tillsatsmedels (kalciumklorid) effekt på inträngningsförmågan i en 50 µm spalt. Mikrocement 12 µm vct 3,0, 2% melaminbaserad flyttillsats (0,66% torrhalt) samt 25% silikastoft av bindemedelsvikten.

tuden lämpar sig bäst för relativa jämförelser mellan olika injekteringsbruk, till exempel olika cementtyper, kornkurvor, vct och tillsatsmedel.

NES-metoden har använts av Cementsa för bedömning av inträngningsförmåga vid utveckling av ett nytt mikrocement. Provingar utförda med denna metod illustreras här av en jämförelse mellan tre olika mikrocement. Vid försöken har man använt vanligt

vatten som referens. Det är partikelfritt och ger ingen filterkaka i spaltöppningen utan rinner fritt.

Ett injekteringsbruks inträngningsförmåga är bland annat en funktion av dess kornstorlek. Inträngningsförmågan hos tre olika finmalda cement jämfört med rent vatten visas i figur 2.

Bästa inträngning erhöles med ett 12 µm ultrafint cement. Man ser att detta bruk pressas ut nästan helt och utan fil-

terkakebildning. Först när partiklarna i bruket närmar sig en tredjedel av spaltöppningens storlek börjar filterkakor uppträda, vilket framgår av den översta linjen i diagrammet som representerar ett 16 µm cement.

Försöken med NES har endast omfattat stabila bruk baserade på mikrocement och silikastoft vid vct > 2,0 och avsedda för injektering av extremt små sprickor. Men allt tyder på att NES-metoden med en grovre spaltvidd, 100-150 µm, lämpar sig lika bra för studier av konventionella injekteringscement i storleksordningen 30-60 µm. Apparaten ger möjlighet att studera vilka kemiska och fysiska parametrar som styr uppkomsten av filterkakor som sätter igen sprickor och därmed begränsar inträngningsförmågan.

Ytterligare information kan erhållas från Cementsa AB på mailadressen: tor.ericsson@cementsa.scancem.com

LITTERATUR:

Sandberg P. Penetrability of cement based grouts. Ur *Selected Research Studies from Scandinavia*. Editor K. Tuutti. Lunds Tekniska Högskola, Byggnadsmaterial, rapport TVBM 3078, 1997.

Särtryck ur
Svensk Bergs- & Brukstidning
5-6/97

CEMENTA

Cementsa AB, Box 144, 182 12 Danderyd,
Telefon 08-625 68 00, Telefax 08-625 68 98

Cementsa ingår i Scancem, en internationell byggmaterialkoncern som omsätter 14 miljarder kr och har 10 000 anställda.