

FIBER

BETONG!

UNDERSÖKNING AV FUNKTION
HOS ELEMENT SAMMANSATTA
AV FIBERBETONG OCH TRÄ.

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete utfört under sommaren 1980 vid Institutionen för Byggnadsteknik, avd. för Byggnadsteknik II, LTH.

Rapporten behandlar materialet fiberbetong och möjligheterna till att erhålla fungerande konstruktionselement där fiberbetong ingår. Speciellt har vi i detta arbete undersökt förutsättningarna för att kombinera fiberbetong med trä samt att genom hoplimmade fiberbetongskivor erhålla bärande byggkomponenter.

Handledare för arbetet har varit civ.ing. Tryggve Degerman.

Lund i augusti 1980

Per Elgh

Hans-Olof Karlsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

=====

	sid.
1. BAKGRUND	1
2. SYFTE	2
3. PROVKROPPAR	2-3
4. PROVNINGSMETOD OCH ANORDNING	4-6
5. MATERIALBROTTBESKRIVNING	7-8
6. BERÄKNINGSGÅNG	9-16
7. RESULTAT	
KRAFT {	
- NEDBÖJNING	17-25
- SKJUVNING	26-28
- PÅKÄNNING	29-35
8. KOMMENTAR TILL RESULTAT	36-37
9. EXEMPEL	38-41

1. BAKGRUND

Cementbaserade material har länge varit ett av de viktigaste byggnadsmaterialen. De kännetecknas av hög tryck- och låg draghållfasthet, samt låg töjbarhet och därmed sprödhet.

För att reducera nackdelarna hos betongen kan man armera med järnstänger för att öka draghållfastheten. Om det rör sig om mindre påkänningar kan armering med stålfiber, som då ska vara riktade och jämnt fördelade, vara ett bra alternativ. Förväntad förbättring är då framförallt ökad seghet och sprickfördelning.

Tidigare försök med låd-, I- och T-profiler av hoplimmade tunna (omkr. 1-2cm tjocka) fiberbetongskivor, provade med fri uppläggning och punktlast i mittnytt har visat att:

- Last-nedböjnings-kurvan följer den teoretiskt beräknade kurvan, med $E=40000$ Mpa. upp till spricklasten.
- Böjdragbrott av tämligen seg brotttyp uppstår.

Även dragprov av tunna plattor har genomförts av vilket man kan konstatera att:

- Dimensioner ej påverkar brott-eller sprickpåkänningen.
- Fibermängden bör hållas vid 1-1.5 volymsprocent.
- Vidhäftning mellan fiber och betong samt fiberns längd är av stor betydelse.

Allmänt bör påpekas att osäkerhet föreligger vid val av påkänningsfördelning. En trolig sådan i brottstadiet bör se ut någonting mellan de båda figurerna visade i FIG 1.

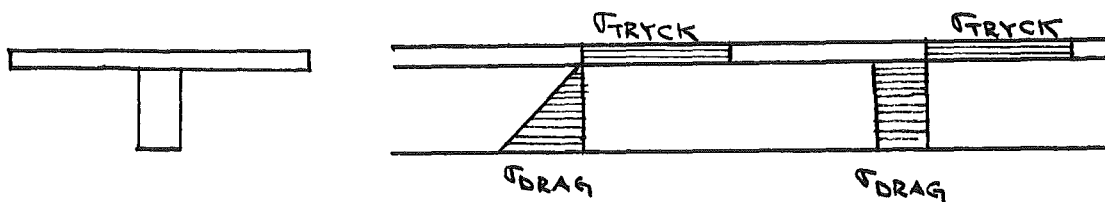


FIG 1. Alternativa påkänningsfördelningar för ett T-snitt.

Användningsområde för fiberbetong kan tänkas vara bjälklag med mindre spännvidder eller väggkonstruktioner av icke bärande karaktär.

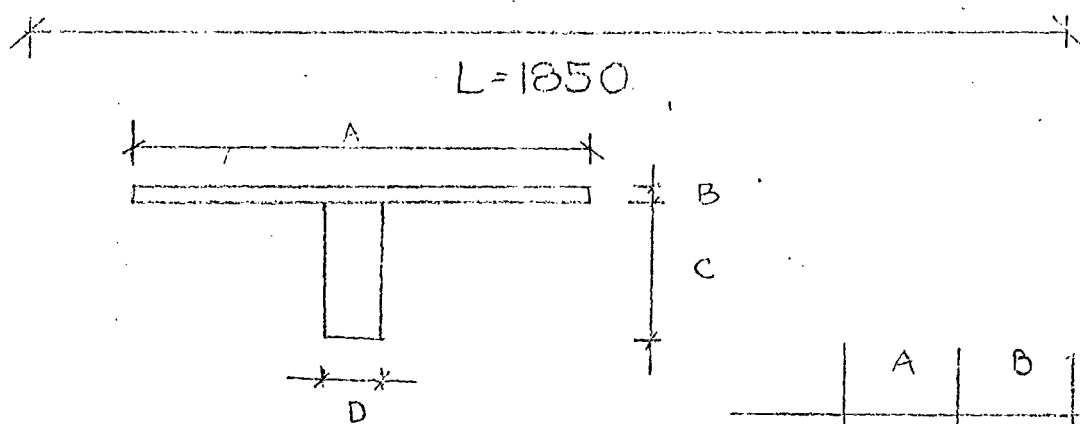
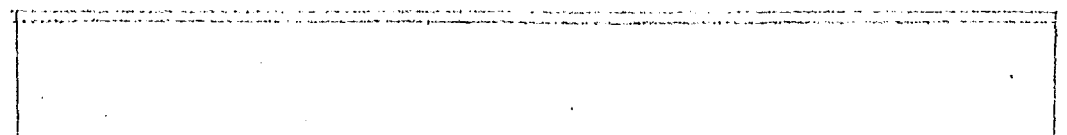
Fiberbetong skiljer sig något från vanlig betong. Kornstorleken är avsevärt mindre hos fiberbetongen. Anledningen är att man strävar efter så tunna skivor som möjligt som genom hopfogning bildar önskad profil.

2. SYFTE

- Att undersöka hållfastheten hos T-profil med liv av trä och fläns av fiberbetong.
- Att undersöka hållfastheten hos låd-resp.I-profil av hopfogade fiberbetongskivor.
- Att jämföra uppnådda resultat med tidigare erhållna.

3. PROVKROPPAR

MÅTT. T-profil



	A	B	C	D
P1, P2	300	10	90	35
P3, P4	300	10	90	45
P5, P6	300	10	115	45

FIG 2.

MÅTT. Låd-resp.I-profil

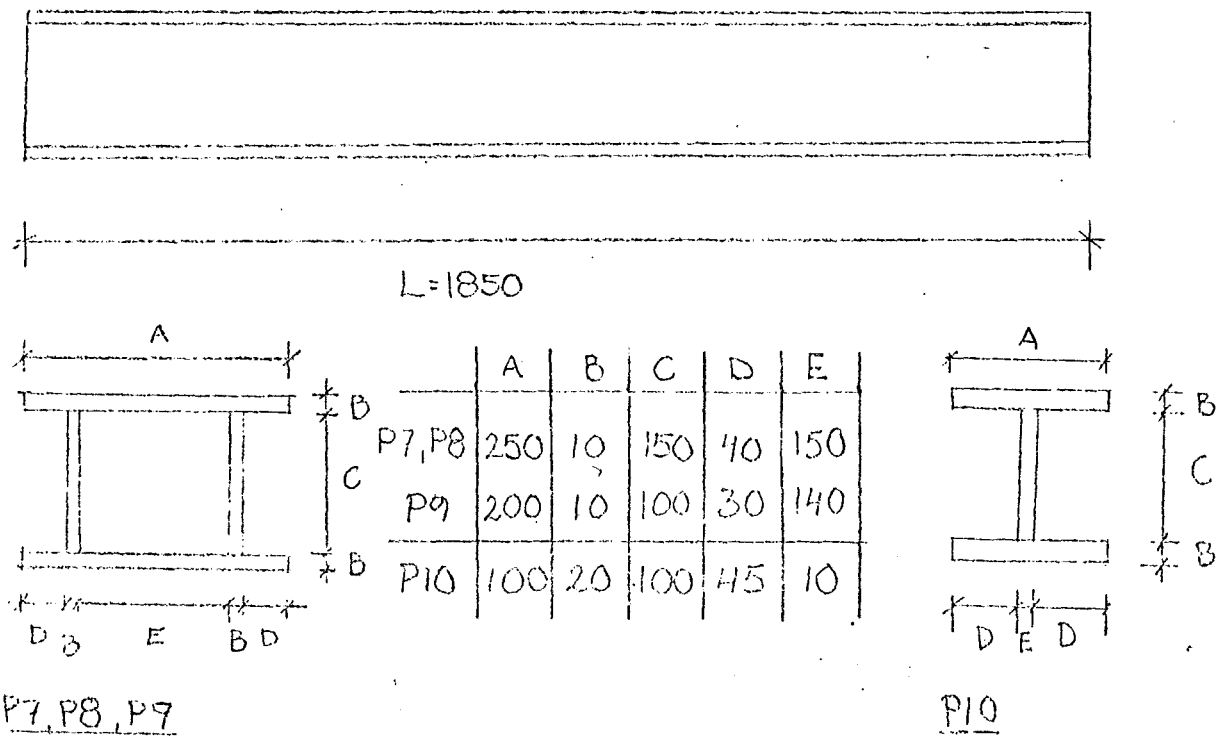


FIG 3.

4. PROVNINGS METOD OCH ANORDNING

Balkarna provades fritt upplagda med spännvidden $L=185$ cm. Balkarna med T-profil utsattes för en punktlast i mittsnitt medan låd- och I-profilerna utsattes för två punktlaster i tredjedelspunkterna. Kraften fördelades jämnt, vinkelrätt längdriktningen med hjälp av en styv stålplatta.

För att få reda på töjningsfördelningen applicerades trådtöjningsgivare i mittsnitt på lämpliga avstånd. När det gäller T-profilen är en rät töjningsfördelning enl FIG 4. trolig. Således för att få någon säkerhet i den plottade töjningslinjen sättes trådtöjningsgivare enl. FIG 5. vilka ger punkterna 1, 2, 3 markerade i FIG 4. För låd- och I-profilerna kan töjningsfigur enl FIG 4 vara trolig, således placeras trådtöjningsgivare som visas i FIG 6.



T-profil

låd- och I-profil

FIG 4. Töjningsfördelning för de olika tvärsnitten.
TRÄ-BTG.

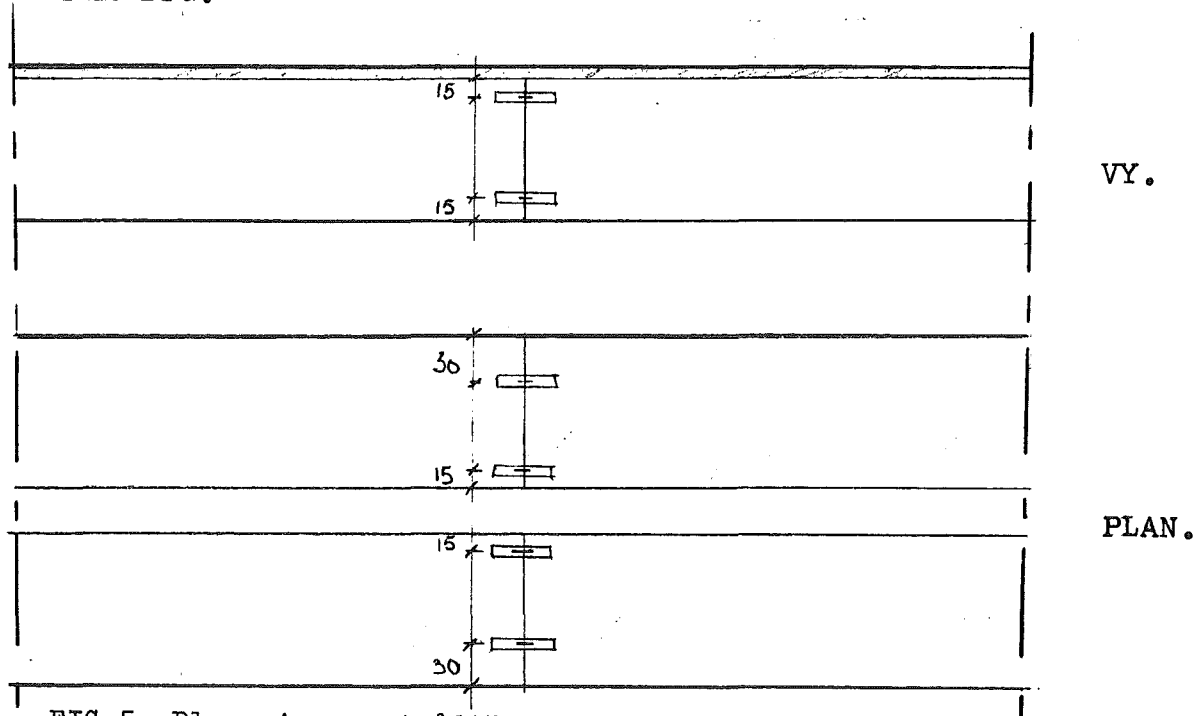


FIG 5. Placering av trådtöjningsgivare. T-profil.

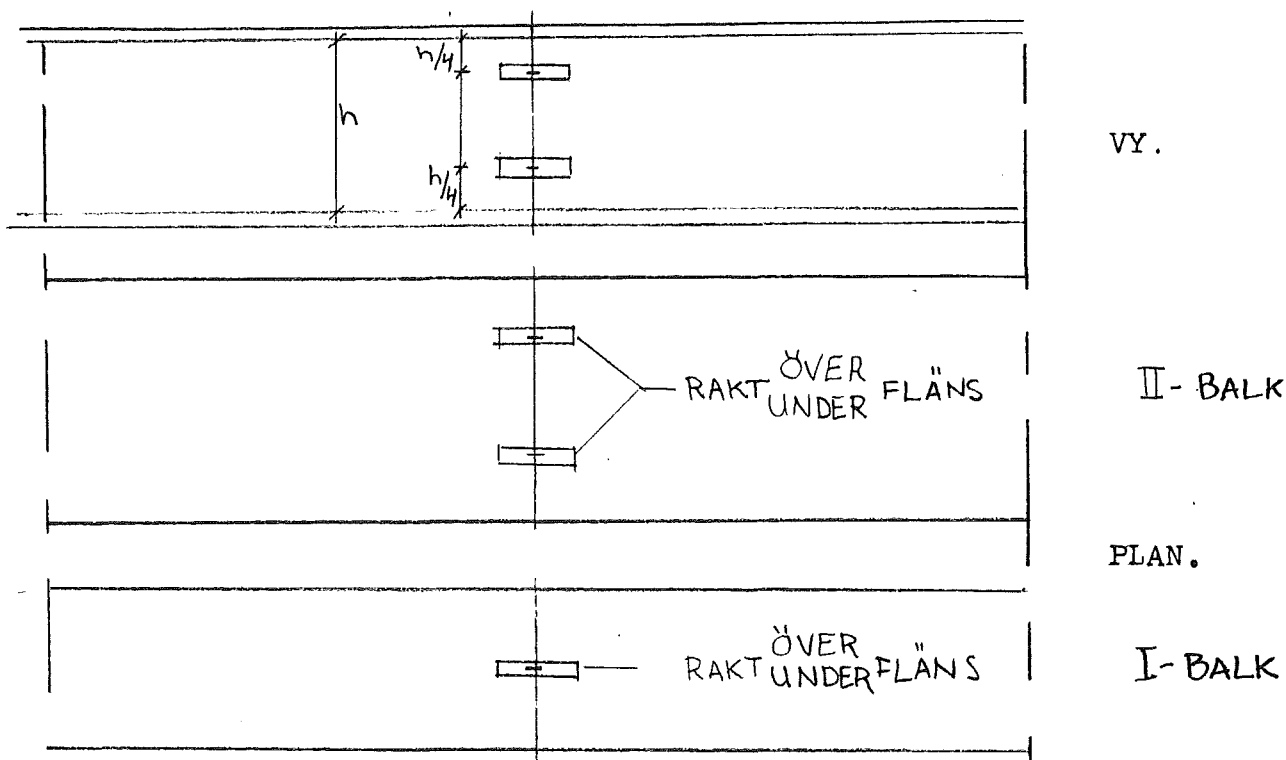


FIG 6. Placering av trådtöjningsgivare. Låd-och I-profil.

För att mäta nedböjningen sattes över resp. under balken 2 st potentiometrar i mittsnitt. Last påfördes med hjälp av en manuellt styrd hydraulisk domkraft. Mellan domkraft och balken sattes en lastcell som utförde själva kraftmätningen, se FIG 7 a-b.

Trådtöjningsgivare, potentiometrar och lastcell kopplades till en datalogg som i sin tur styrdes av en dator. Mätprogrammet som användes mätte i laststeg om 0.5 kN. Av utskriften kan man direkt avläsa kraft, nedböjning samt påkänningar vid motsvarande trådtöjningsgivare.

Balkarna påfördes last, utan avlastning upp till brott.

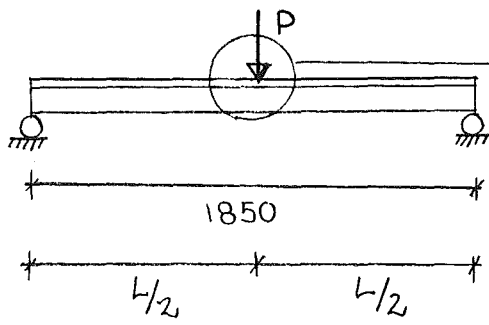


FIG 7a

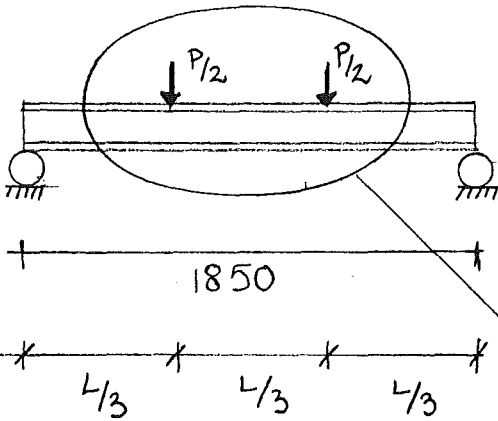
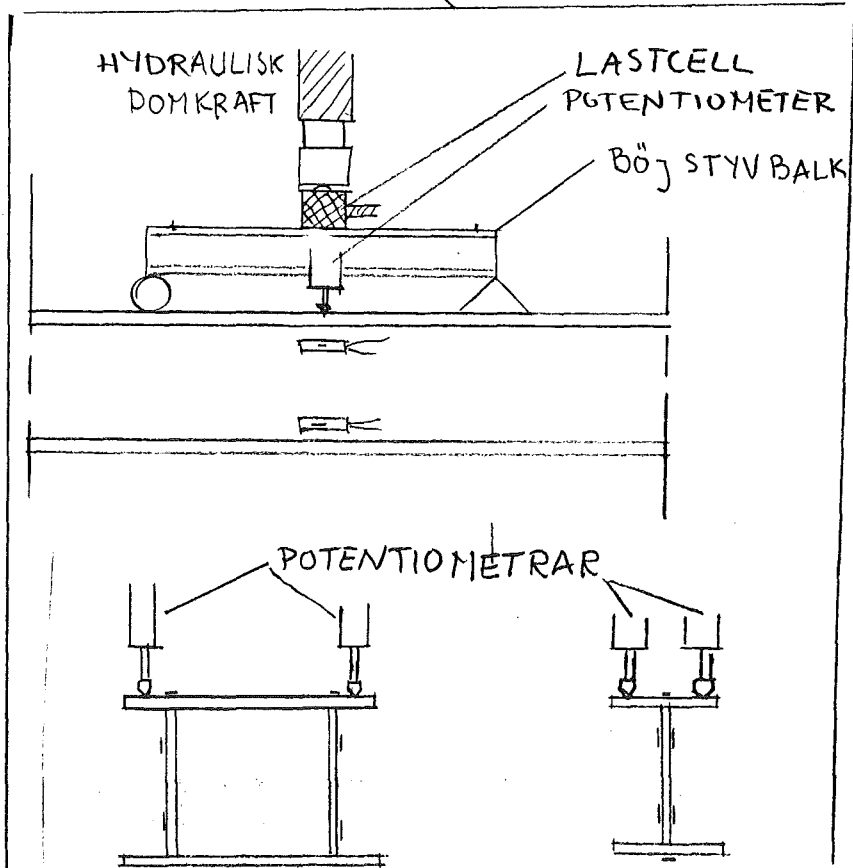
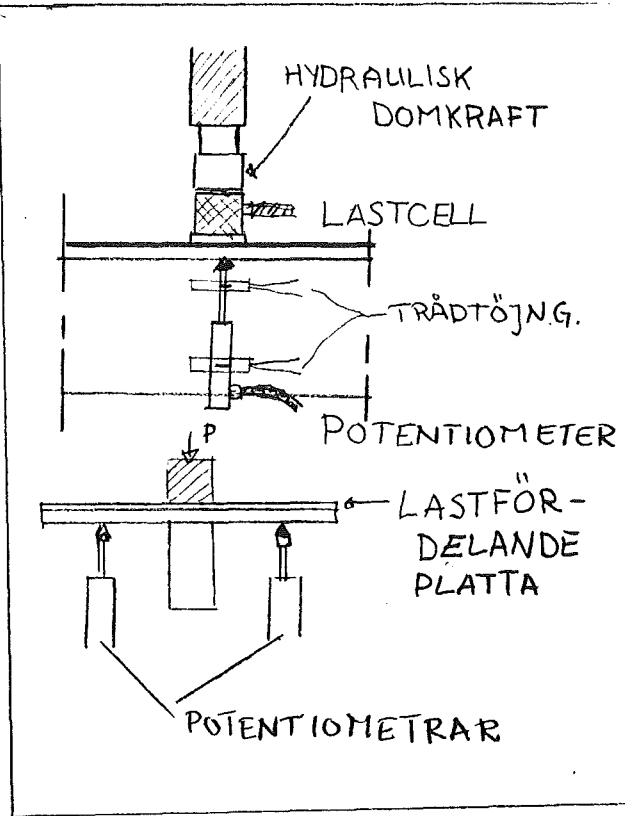


FIG 7b



5. BROTTSBESKRIVNINGT-PROFIL(P1-P6)

- Första sprickan i träet omkring 6-10 kN,
ofta vid kvist.
- Knäppningar i balk från 2 kN upp till brott.
- Välvning av fläns på fyra av balkarna vid ung.
15 kN. Flänsarna bibehölls intakta utom en
som sprack. Se FIG. (8a-b).
- Upplagen förblev hela så när som på den balk
som tog mest last som trycktes in något.
Se FIG.(8c).

Brottet har ett explosionsartat d.v.s. snabbt
och ljudligt förlopp.

Efter brott har en stor spricka uppstått och
balken kan ej uppta mer last. FIG.(8d).



FIG.8a.

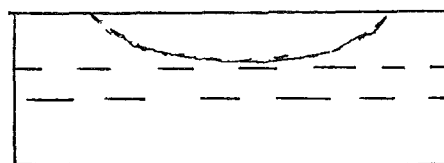


FIG.8b.

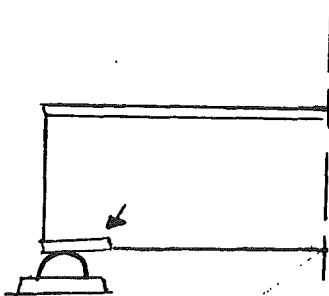


FIG.8c.

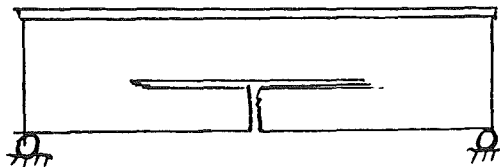


FIG.8d.

LÅD OCH I-PROFIL (P7-P10)

- Första spricka i lådbalk vid ung. 4-5 kN mellan lastangreppspunkt och mittnytt.
- Första spricka i I-balk vid 1 kN.
- Sprickor uppstår sedan hela tiden fram till brott. Sprickorna är jämnt fördelade mellan last angreppspunkterna. FIG. (9)
- Brottet är av seg karaktär.

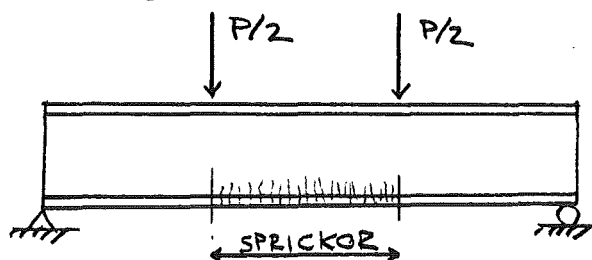


FIG. (9)

Fundamentalt för användning av fiberarmering är att fibrernas förankring och vidhäftning måste vara tillräckligt stark. Dålig förankring/vidhäftning leder till ogynnsam sprickfördelning och låg hållfasthet.

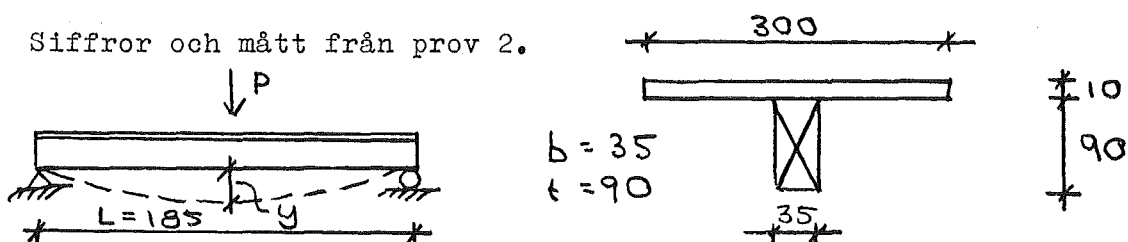
Man kan konstatera att vidhäftning och förankring följer varandra bra och att det gäller att finna en optimal förankringslängd såväl som en optimal vidhäftning med bibehållen god fördelningsgrad, d.v.s. fibrerna får inte vara så utformade att de tovar sig vid bearbetning av betongmassan.

6. BERÄKNINGSGÅNG

För att lätt kunna hitta i tabellerna (bilaga) samt att förstå hur diagrammen tillkommit har vi valt att visa beräkningsgång och uppställning av tabeller dels för balkar med träliv och betongfläns dels för balkar enbart av betong.

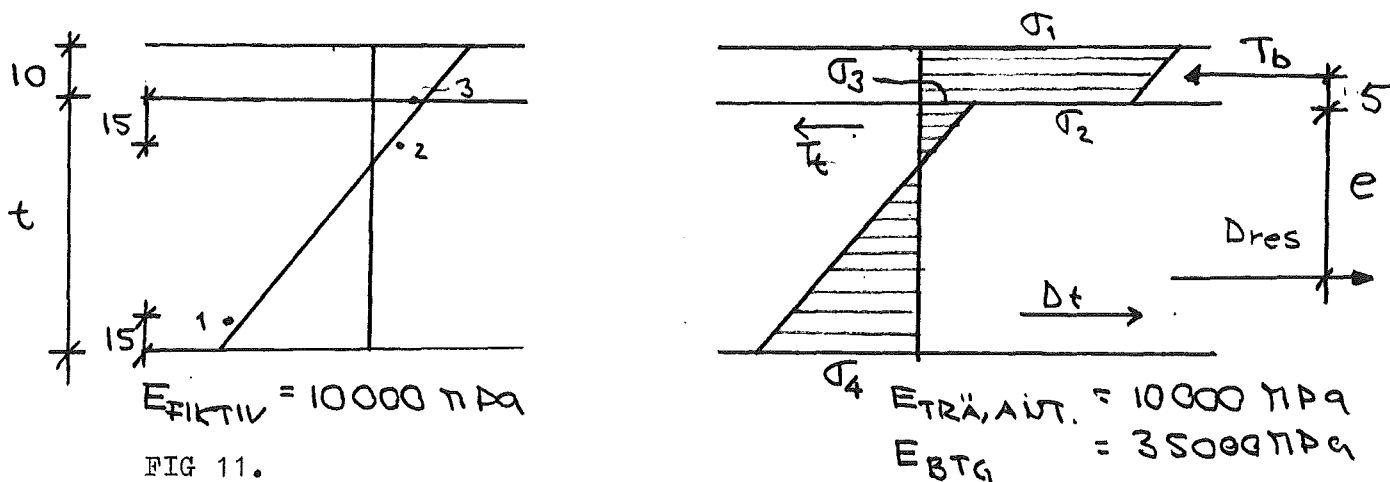
T-profil

Siffror och mått från prov 2.



Nedböjning för respektive laststeg fås ur datablad. \bar{y} fås som medelvärde från kanalerna 56 och 58 se tab P2.1.

I mätprogrammet arbetar datorn med en fiktiv E-modul. Vill man veta påkänningsfördelningen måste man multiplicera med verklig E-modul. Ett rimligt värde på betongen är $E=35000$ MPa. Ett antaget värde på träet är $E=10000$ se FIG 11



För att inte få för många mätvärden har var tredje observation använts.

Siffrorna 17-25 visar kanalnummer för trådtöjningsgivarna så som man kan utläsa av datautskriften. När väl medelvärdena är framräknade fås σ_4 & σ_3 genom den plottade linjen. Se tab.P2.2.

Med antagandet om att tryckresultanten (se fig 11) T_b ligger i betongplattans mitt blir,

$$D_t + T_t = \frac{\sigma_4 + \sigma_3}{2} \cdot b \cdot t = D_{\text{res}} \quad (1)$$

$$e = \frac{2\sigma_4 + \sigma_3}{3(\sigma_4 + \sigma_3)} \cdot t \quad (2)$$

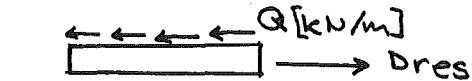
där σ sättes in med tecken.

$$\text{Inre moment } M_i = D_{\text{res}} \cdot (e + 0.005) \quad (3)$$

$$\text{Yttre moment } M_y = PL/4 \quad (4)$$

$$\text{Sätt } \Psi = M_y/M_i = E_{\text{tr\u00e4,verklig}}/E_{\text{tr\u00e4,antagen}} \quad (5)$$

$$\text{Ger d\u00e5 verklig } \sigma_4' = \Psi \cdot \sigma_4 \quad \text{markerad med heldragen linje i diagram} \quad (6)$$

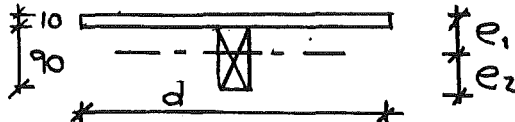


$$\text{Ger verklig } Q = D_{\text{res}} \cdot \Psi/L/2 \quad \text{markerad med heldragen linje i diagram} \quad (7)$$

D\u00e5 v\u00e4l och \u00e4r framtagna ger (1)-(7) tabell P2.3

F\u00f6r fullt medverkande tv\u00e4rsnitt ber\u00e4knas ett ideellt tv\u00e4rsnitt

$$\text{med } E_i = \Psi \cdot 10000$$



$$d = \frac{35000}{\Psi \cdot 10000} \cdot 0.3 = \frac{1.05}{\Psi} \quad \begin{array}{l} E_{\text{btg}} = 35000 \text{ MPa} \\ E_{\text{tr\u00e4}} = \Psi \cdot 10000 \text{ MPa} \end{array}$$

TP-linjen f\u00f6r det ideella tv\u00e4rsnittet

$$bt \frac{t}{2} + d \cdot 0.01(0.005 + t) = e_2(d \cdot 0.01 + bt) \quad e_2 = \frac{0.5bt^2 + 510^{-5}d + 0.01dt}{0.01d + bt}$$

Tr\u00f6ghetsmoment f\u00f6r det ideella tv\u00e4rsnittet m.a.p TP-linjen

$$I_i = \frac{d \cdot 0.01^3}{12} + 0.01de_1^2 + \frac{bt^3}{12} + bt(e_2 - t/2)^2$$

D\u00e5 f\u00e5s

$$y = PL^3/48E_i I_i \quad \text{markerad med streckad linje i diagram}$$

$$Q = PS/2I_i, \quad S = 0.01de_1 \quad \text{markerad med streckad linje i diagram}$$

$$\sigma_4 = M_y e_2 / I_i = PL e_2 / 4I_i \quad \text{markerad med streckad linje i diagram}$$

TABELL P2, 1

Kraft+ Nedböjning

P	56	58	\bar{y}
0.51	0.55	1.01	0.78
0.99	1.27	1.76	1.52
1.54	1.98	2.66	2.32
1.96	2.52	3.26	2.89
2.92	3.76	4.63	4.20
3.65	4.65	5.69	5.17
3.45	4.43	5.37	4.90
3.95	5.03	6.20	5.62
4.76	6.09	7.45	6.77
5.30	6.82	8.28	7.55
5.86	7.55	9.15	8.32
6.31	8.18	9.82	9.00
6.88	8.92	10.75	9.84
77.11	9.23	11.07	10.15
7.99	10.44	12.37	11.41
8.72	11.48	13.54	12.51
8.11	11.52	13.59	12.56
9.35	12.42	14.56	13.49
9.97	13.34	15.52	14.43
10.58	14.23	16.45	15.34
10.50	14.21	16.45	15.33
11.01	14.96	17.25	16.11
11.88	16.26	18.56	17.41
12.45	17.13	19.59	18.36
13.00	18.14	20.54	19.34
13.52	19.00	21.49	20.25
13.96	19.85	22.40	21.13
14.58	20.90	23.59	22.25
14.88	21.54	24.26	22.90
15.40	22.49	25.39	23.94
15.76	23.23	26.12	24.68
16.14	24.18	27.06	25.62
16.44	25.39	28.59	26.99
17.19	27.24	30.73	28.99

TABELL P2, 2

Kraft- påkänning

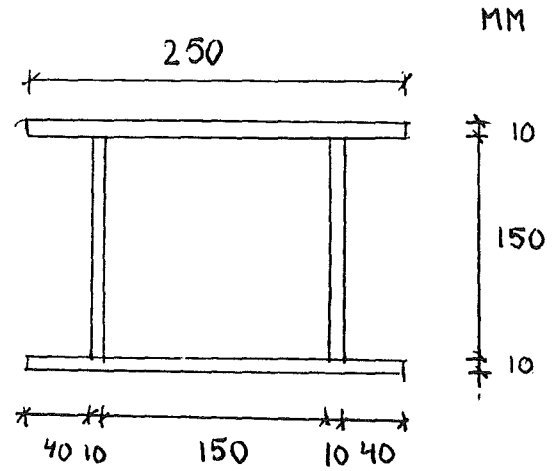
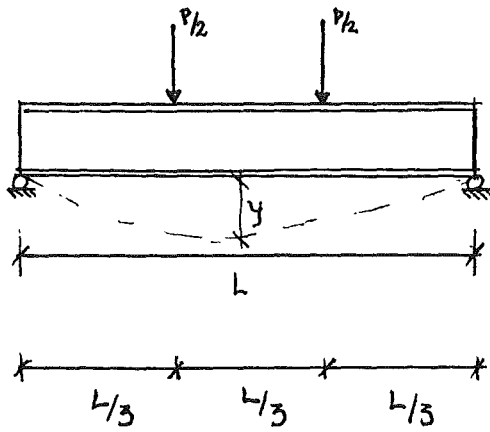
p	$\overline{17,25}$	$\overline{19,23}$	$\overline{20,22}$	σ_4	σ_3
0.51	0.01	0.18	1.35	1.62	0.04
1.96	0.05	1.05	5.70	6.83	-0.01
3.45	0.10	1.96	7.38	8.87	0.28
5.30	0.09	3.17	11.49	12.08	0.01
6.88	0.06	4.12	14.89	17.98	0.55
8.72	0.14	5.31	18.88	22.79	0.77
9.97	0.18	6.23	21.65	26.15	0.95
11.01	0.24	7.08	23.92	28.92	1.16
13.00	0.43	8.53	27.93	33.77	1.56
14.58	0.76	9.81	31.86	38.44	1.99
15.76	1.14	10.38	35.08	42.14	2.23
17.19	2.75	11.05	43.20	51.30	2.85

TABELL P2,3

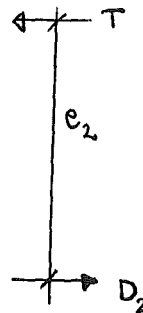
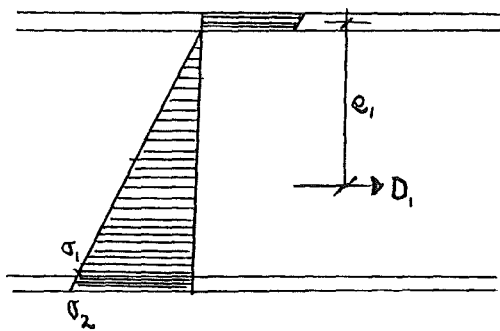
σ_3	σ_4	D_{res}	e	M_i	P	M_y	Ψ	σ'_4	Q
0.04	1.62	2.61	64.8	0.18	0.51	0.24	1.33	2.15	3.75
-0.01	6.83	10.77	60.0	0.70	1.96	0.91	1.30	8.88	15.14
0.28	8.87	14.41	59.1	0.92	3.45	1.60	1.74	15.43	27.11
0.01	12.08	19.04	60.0	1.24	5.30	2.45	1.98	23.92	40.76
0.55	17.98	29.18	59.1	1.87	6.88	3.18	1.70	30.57	53.63
0.77	22.79	37.11	59.0	2.38	8.72	4.03	1.69	38.51	67.80
0.95	26.15	42.68	59.0	2.73	9.97	4.61	1.69	44.19	77.98
1.16	28.92	47.38	58.8	3.02	11.01	5.09	1.69	48.87	86.56
1.56	33.77	55.64	58.7	3.54	13.00	6.01	1.70	57.41	102.26
1.99	38.44	63.68	58.7	4.06	14.58	6.74	1.66	63.81	114.28
2.23	42.14	69.88	58.5	4.44	15.76	7.29	1.64	69.11	123.89
2.85	51.30	85.29	58.4	5.41	17.19	7.95	1.47	75.41	135.54

TABELL P2, 4

Ψ	d	y_{TP}	e_1	P	I_i	E_i	y	S	Q	σ
1.33	0.7895	0.0807	0.0143	0.51	7.82113-06	13300	0.65	1.1290-04	3.68	2.43
1.30	0.8077	0.0810	0.0140	1.96	7.79206-06	13000	2.55	1.1331-04	14.25	9.42
1.74	0.6034	0.0779	0.0171	3.45	7.35050-06	17400	3.56	1.0318-04	24.21	16.91
1.98	0.5303	0.0764	0.0186	5.30	7.11083-06	19800	4.97	0.9863-04	36.76	26.34
1.70	0.6176	0.0781	0.0169	6.88	7.39281-06	17000	7.22	1.0437-04	48.57	33.62
1.69	0.6213	0.0782	0.0168	8.72	7.40363-06	16900	9.19	1.0451-04	61.55	42.59
1.69	0.6213	0.0782	0.0168	9.97	7.40363-06	16900	10.51	1.0451-04	70.37	48.69
1.69	0.6213	0.0782	0.0168	11.01	7.40363-06	16900	11.61	1.0451-04	77.71	53.77
1.70	0.6176	0.0781	0.0169	13.00	7.39281-06	17000	13.64	1.0437-04	91.71	63.53
1.66	0.6325	0.0784	0.0166	14.58	7.43588-06	16600	15.58	1.0514-04	103.08	71.08
1.64	0.6402	0.0785	0.0165	15.76	7.45763-06	16400	17.00	1.0556-04	111.54	76.74
1.47	0.7143	0.0797	0.0153	17.19	7.65076-06	14700	20.16	1.0930-04	122.79	82.82



NEDBÖJNINGEN y GES SOM \bar{y}
 I TABELL P8,1, DÄR \bar{y} ÄR
 MEDELVÄRDET AV KANAL 56
 OCH 58 I DATORPROGRAMMET.



$$e_1 = 0.005 + 2/3 \cdot 0.150 = 0.105$$

$$e_2 = 0.005 + 0.150 + 0.005 = 0.160$$

$$D_1 = \left(\frac{\sigma_2 \cdot 0.150}{0.160} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.150 \cdot 0.01 \cdot 2$$

ANTAG σ_2 MED HJÄLP AV
 TABELL P8,2.

$$D_2 = \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \right) \cdot 0.010 \cdot 0.250$$

$$M_i = D_1 e_1 + D_2 e_2$$

$$M_y = P/2 \cdot L/3$$

=m

$$\psi = M_y / M_i \quad \text{GER VERKLIGT} \quad \sigma'_2 = \psi \cdot \sigma_2$$

TABELL P8, 1

Kraft-Nedböjning

P	56	58	\bar{y}
0.65	0.26	0.40	0.33
1.52	1.09	0.95	1.02
1.54	1.09	0.94	1.02
2.09	1.48	1.25	1.37
2.69	1.87	1.55	1.71
3.55	2.18	1.86	2.02
3.98	2.27	1.96	2.12
4.61	2.43	2.09	2.26
5.12	2.50	2.20	2.35
5.79	2.69	2.40	2.55
5.61	2.66	2.40	2.53
6.57	2.98	2.70	2.84
7.19	3.24	3.00	3.12
6.98	3.24	2.97	3.11
7.77	3.68	3.41	3.55
8.33	4.26	3.94	4.10
8.64	4.67	4.36	4.52

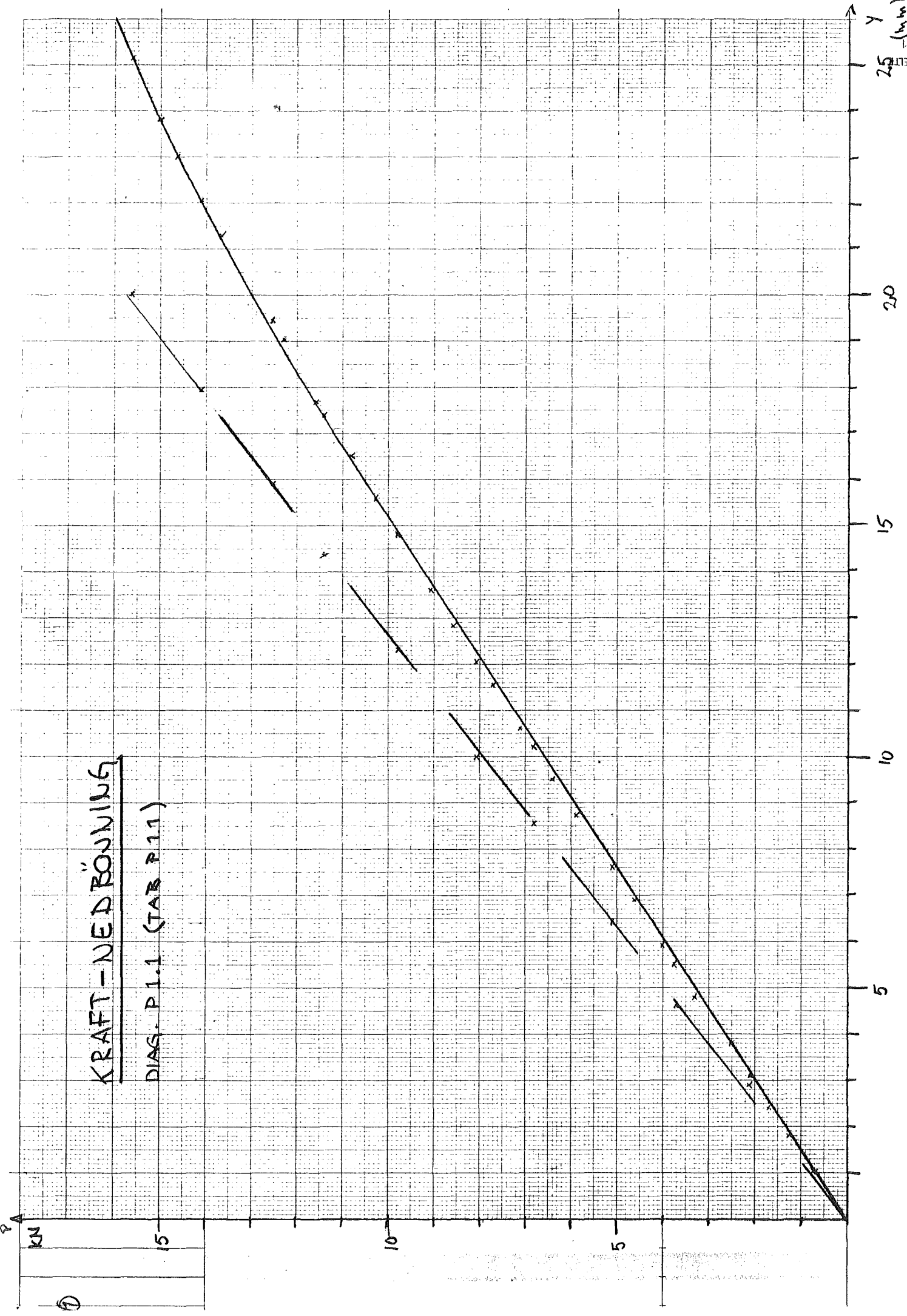
TABELL P8;2

Kraft- påkänning					antaget
P	17,18	19,25	20,24	22,23	σ_2
0.65	0.13	0.08	-0.05	-0.15	0.13
1.52	0.30	0.19	-0.12	-0.31	0.30
2.69	0.55	0.38	-0.20	-0.55	0.55
4.61	0.99	0.70	-0.70	-0.32	0.99
5.61	1.23	0.90	-0.33	-1.16	1.25
7.19	1.62	1.61	-0.40	-1.58	2.25
8.64	xxxx	4.16	-0.02	-2.22	5.25

TABELL P8, 3

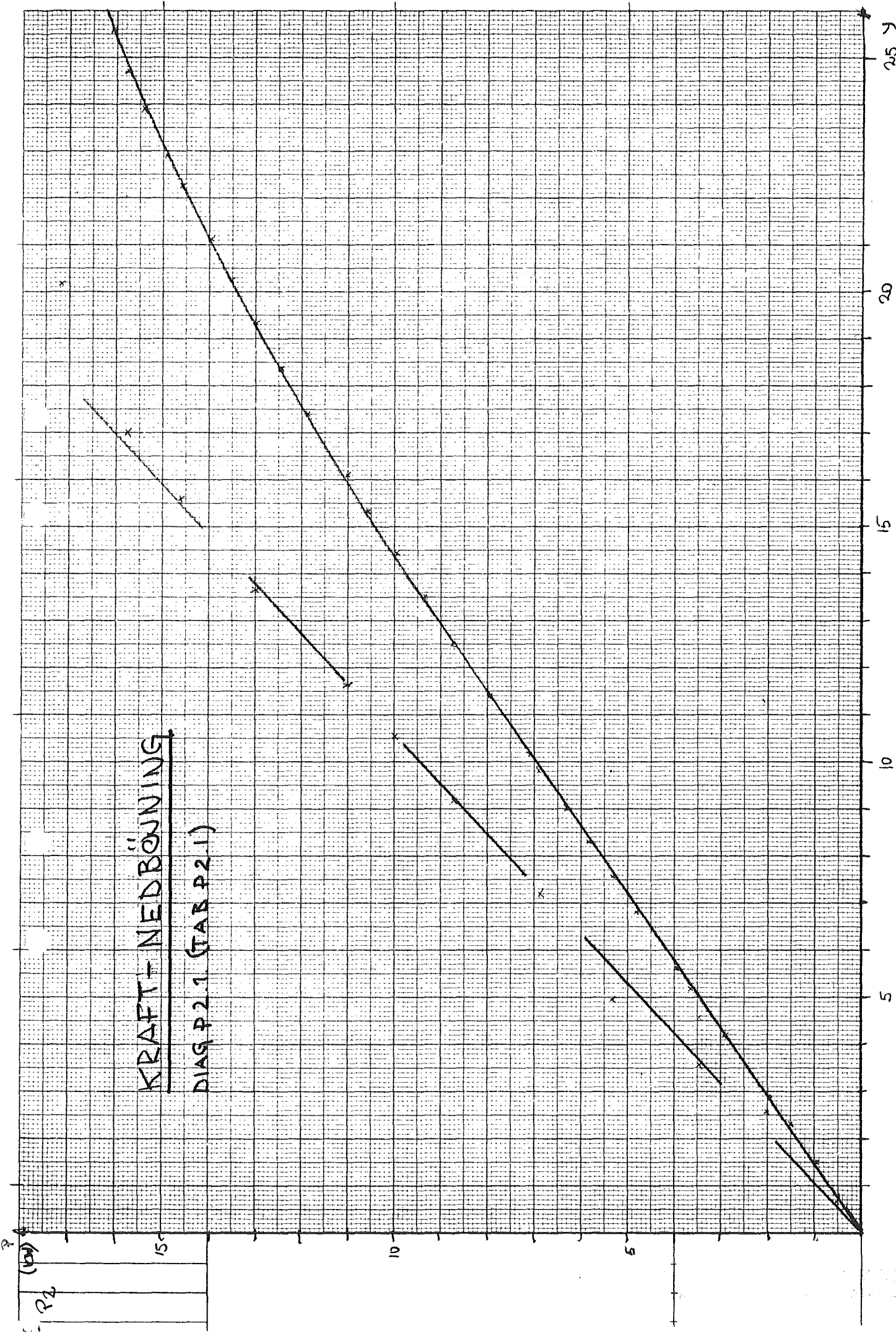
P	σ_2	σ_1	D ₁	D ₂	M _i	M _y	ψ	σ'_2	y
0.65	0.13	0.12	0.098	0.164	36.53-03	200.4-03	5.49	0.713	0.07
1.52	0.30	0.28	0.211	0.291	68.72-03	468.7-03	6.82	2.046	0.15
2.69	0.55	0.52	0.387	0.693	151.5-03	829.4-03	5.47	3.01	0.27
4.61	0.99	0.93	0.696	1.247	272.6-03	1.421	5.21	5.16	0.46
5.61	1.25	1.17	0.879	1.574	344.1-03	1.730	5.03	6.28	0.56
7.19	2.25	2.11	1.582	2.834	619.6-03	2.217	3.58	8.05	0.72
8.64	5.25	4.92	3.691	6.612	1.446	2.664	1.84	9.68	0.86

KRAFT-NEDBÖJNING
DIAG. P.1.1 (TAB P.11)



K 50 (mm)

KRAFT-NEDBÖJNING
DIAG. P.2.1.1 (TAB. P.2.1.1)



P (kN)

15

10

5

K (mm)

5

10

15

20

25

P(3)

PLUWJ

25 y [mm] 20 15 10 5

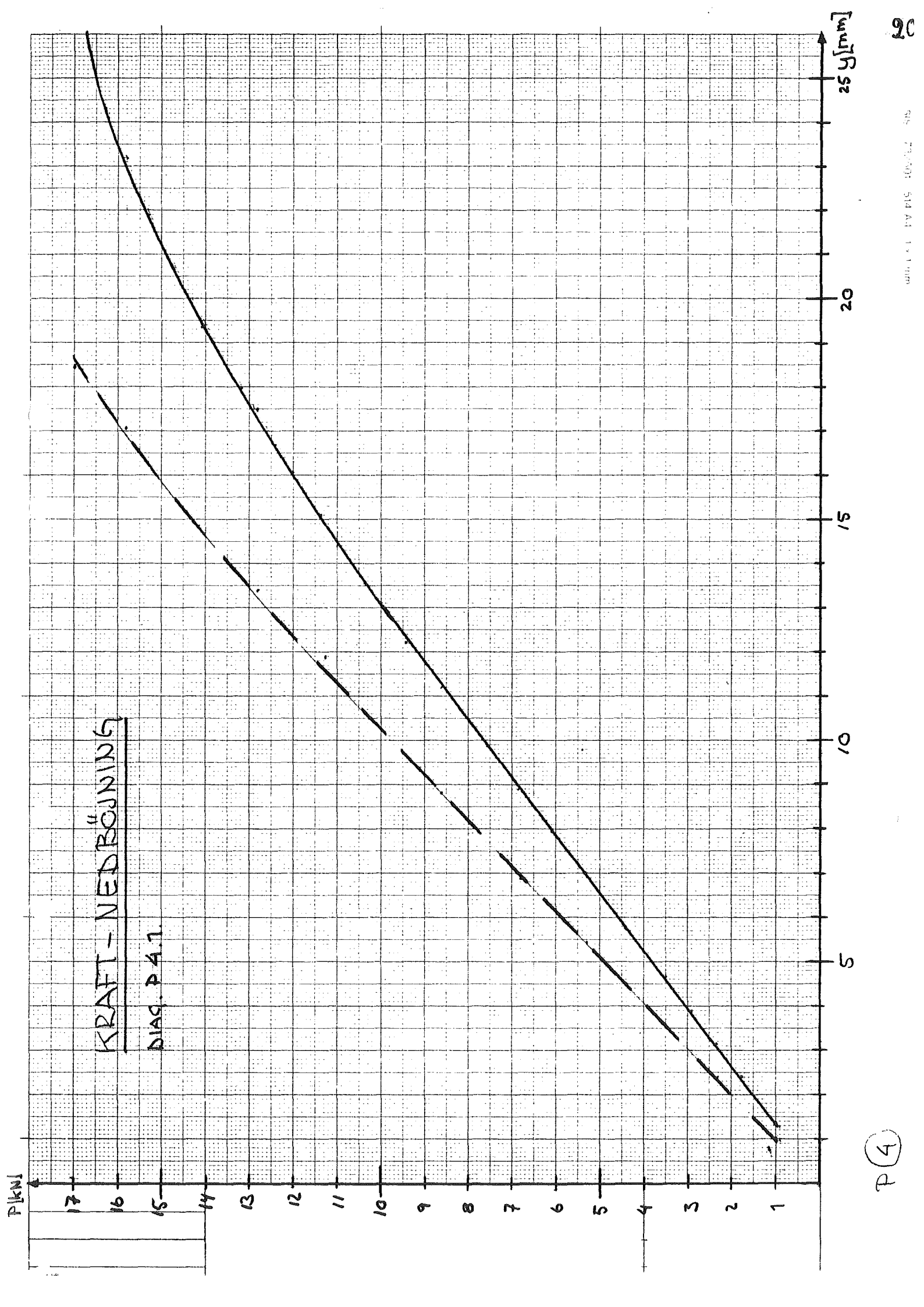
KRAFT-NEDBÖJNING

DIAG P 8.1

17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



P(4)



KRAFT-NEDBÖJNING

DIAG. P 4.1

P [kN]

25 y [mm]

20

15

10

5

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

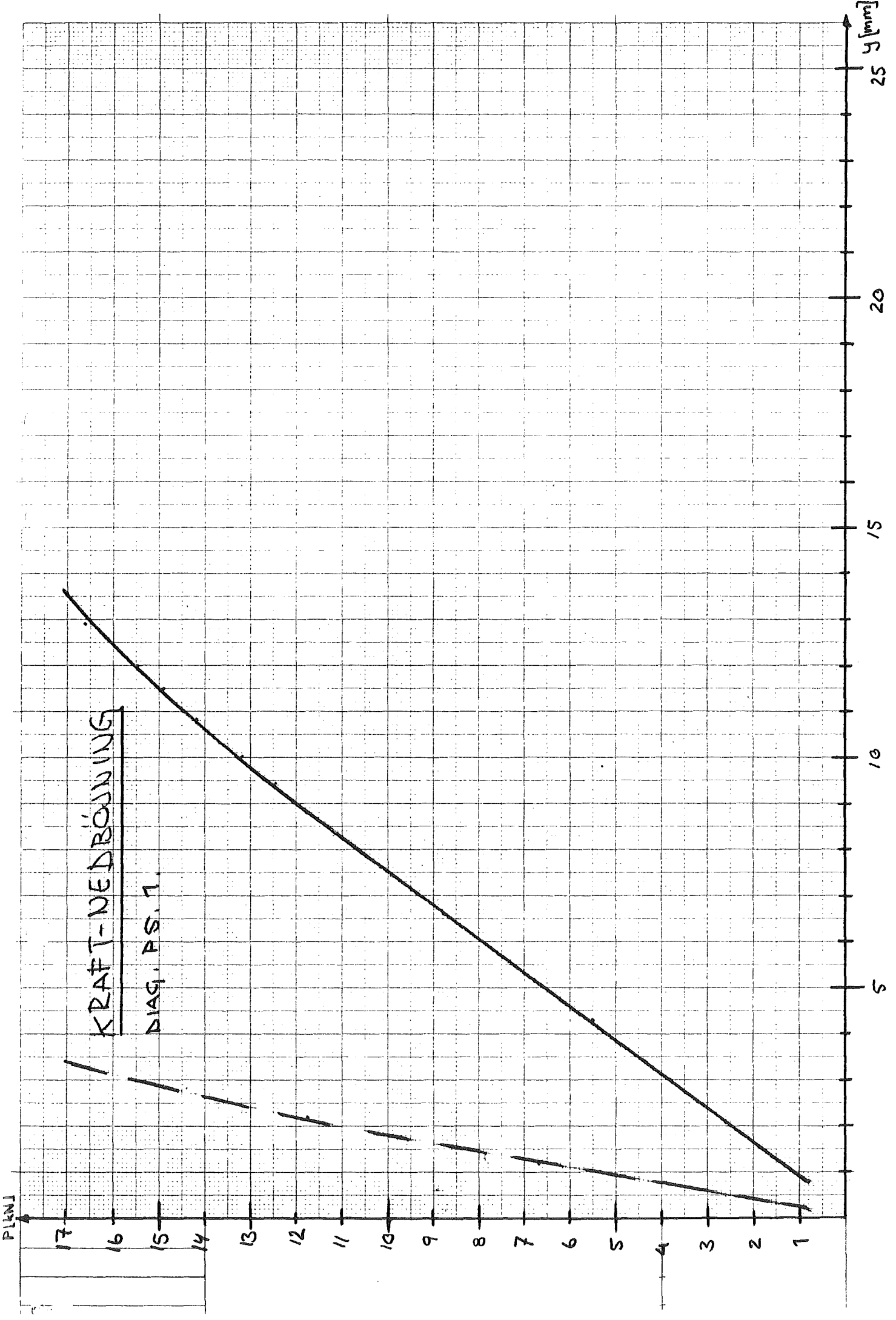
5

4

3

2

1



KRAFT-NEDBÖJNING

DIAG. PS. 1.

PS

P 7

KRAFT-NEDBÖJNING

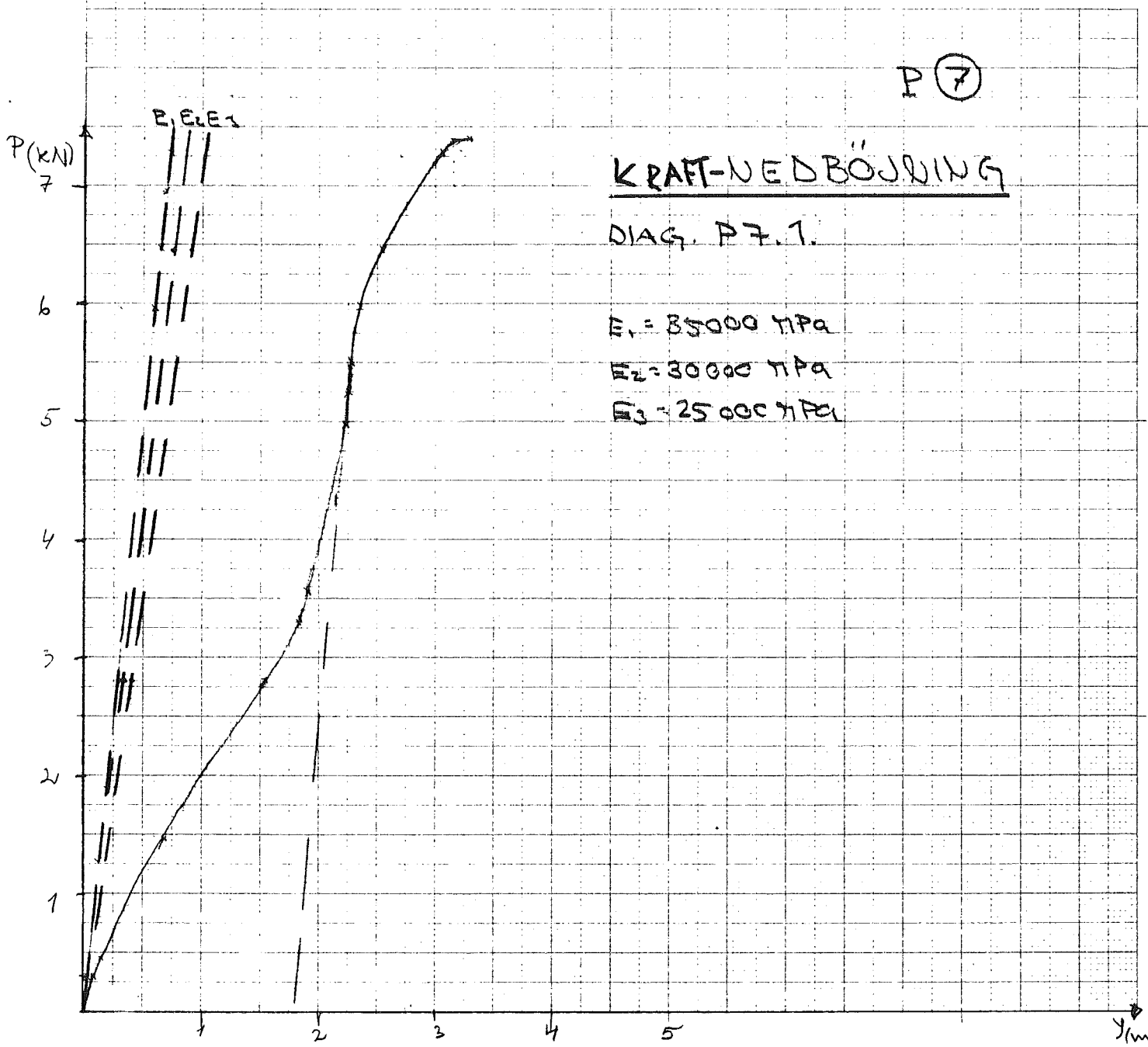
DIAG. P 7.1.

$E_1 = 85000 \text{ MPa}$

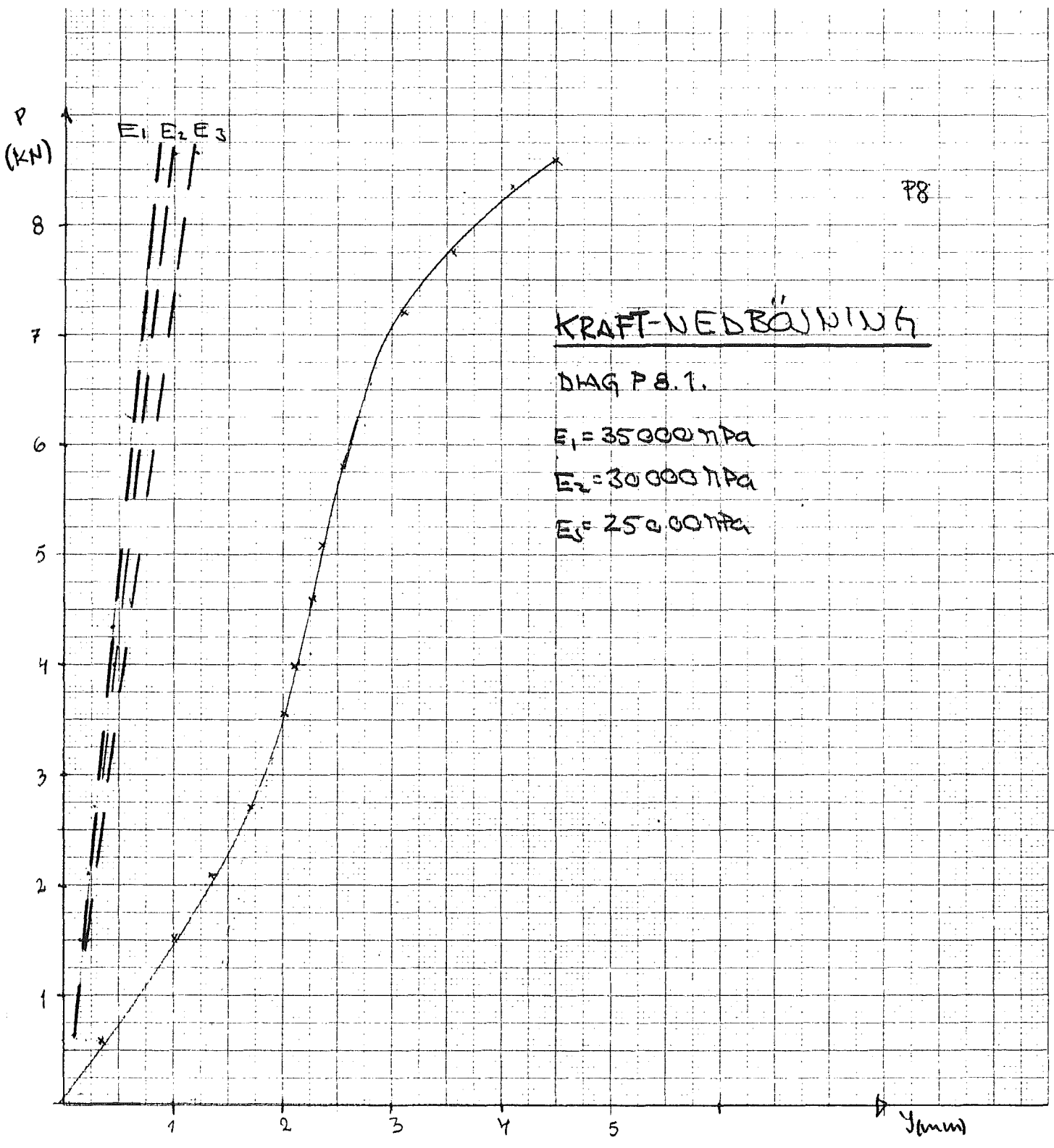
$E_2 = 30000 \text{ MPa}$

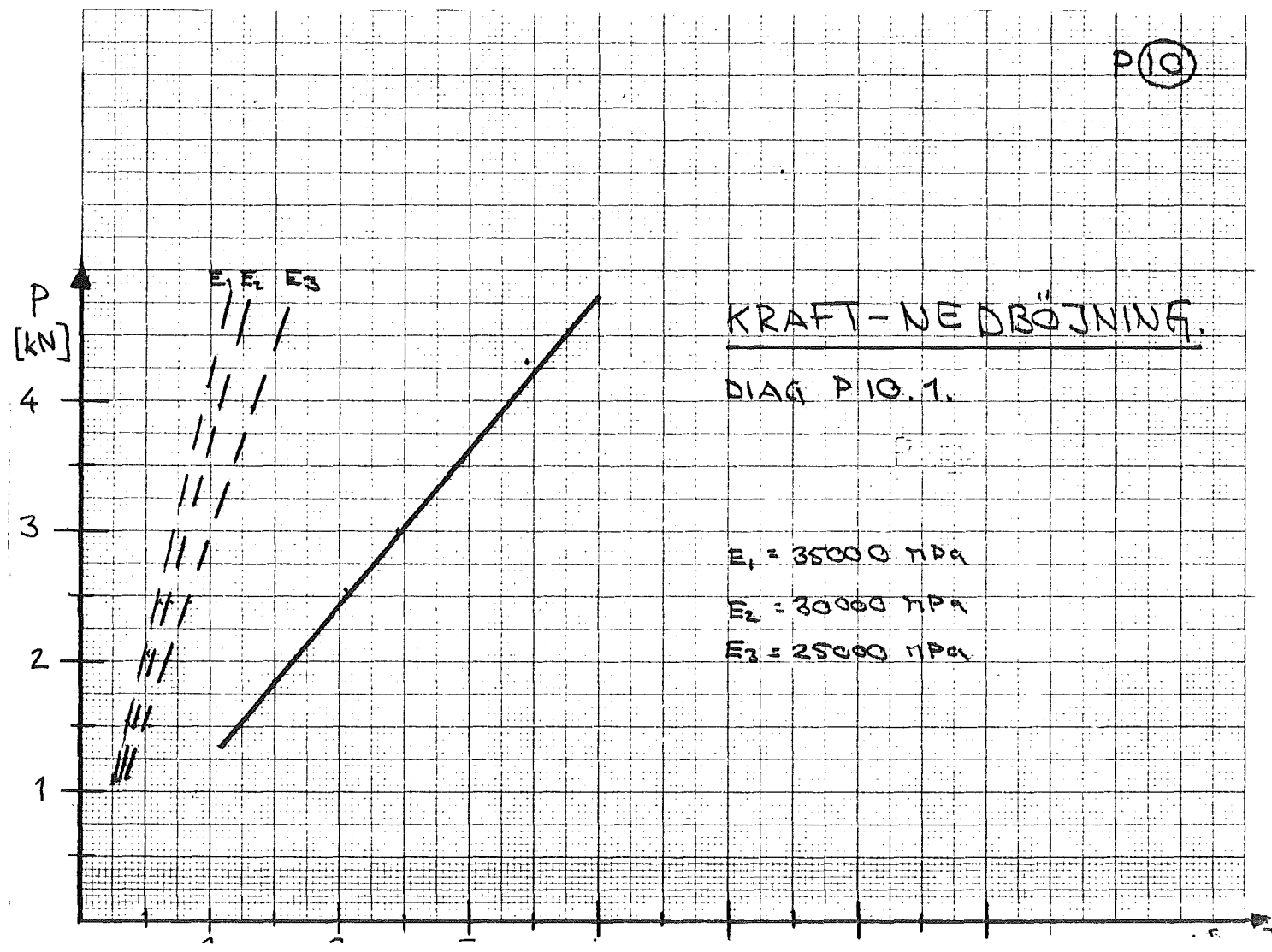
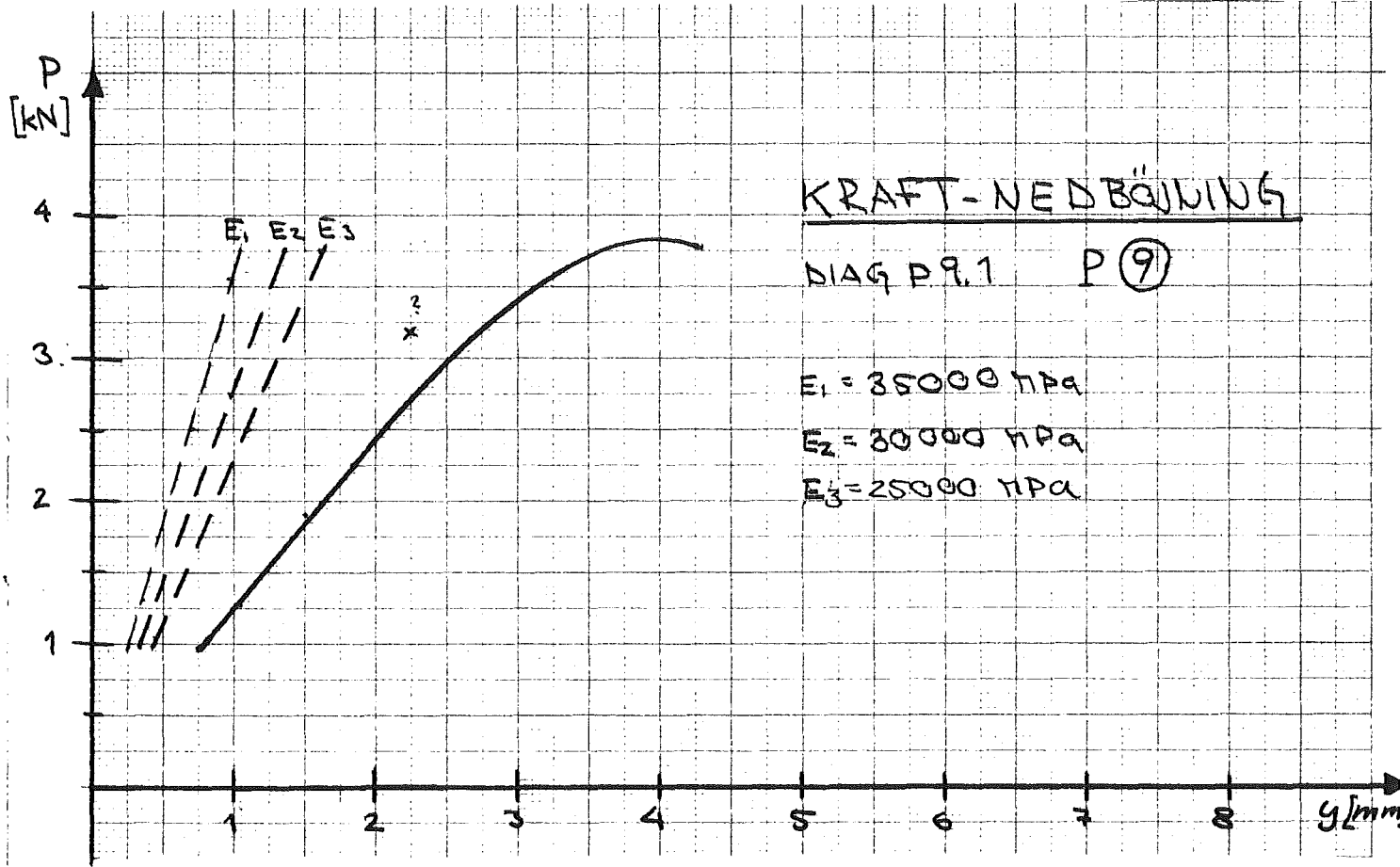
$E_3 = 25000 \text{ MPa}$

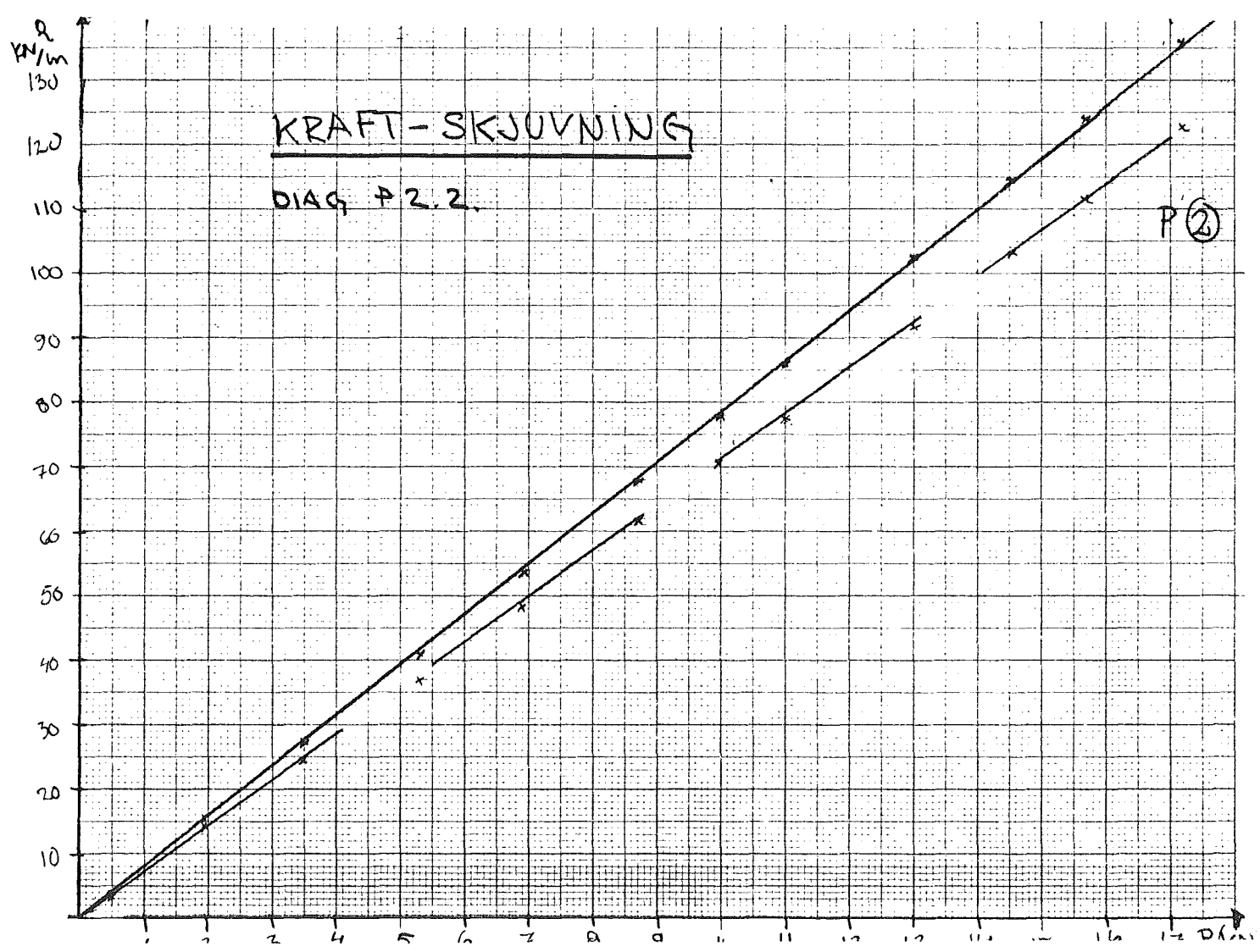
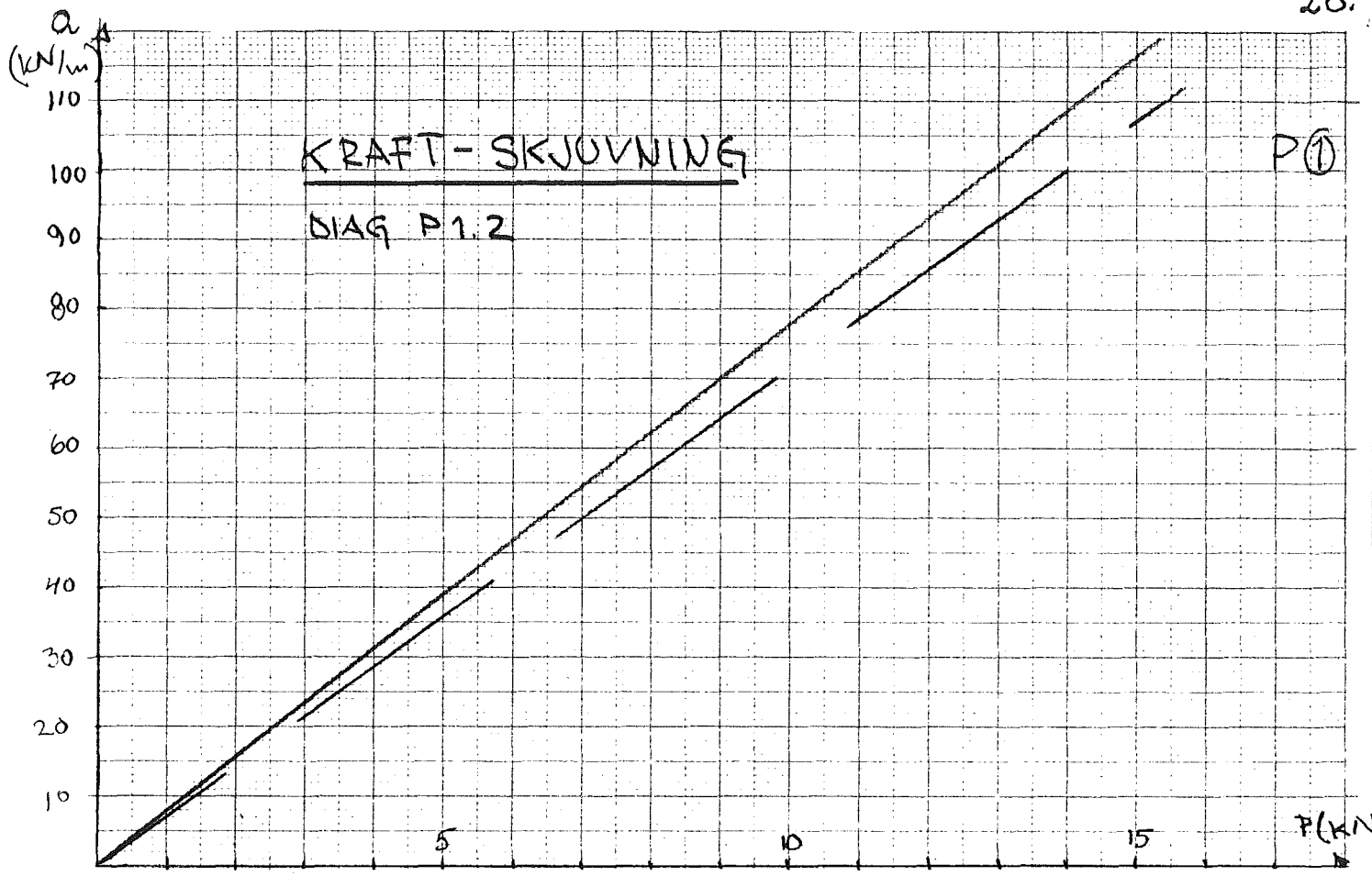
P (kN)

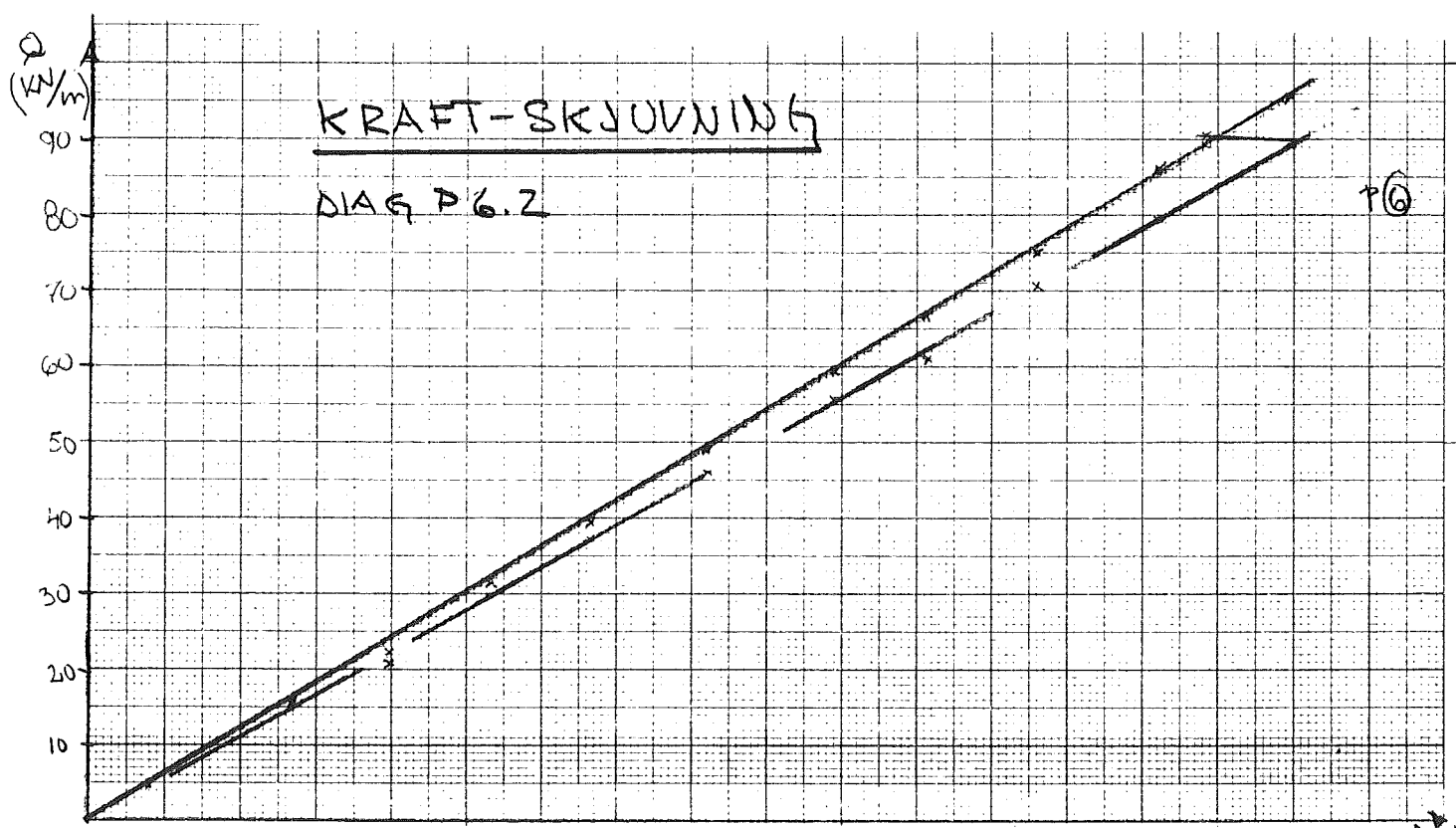
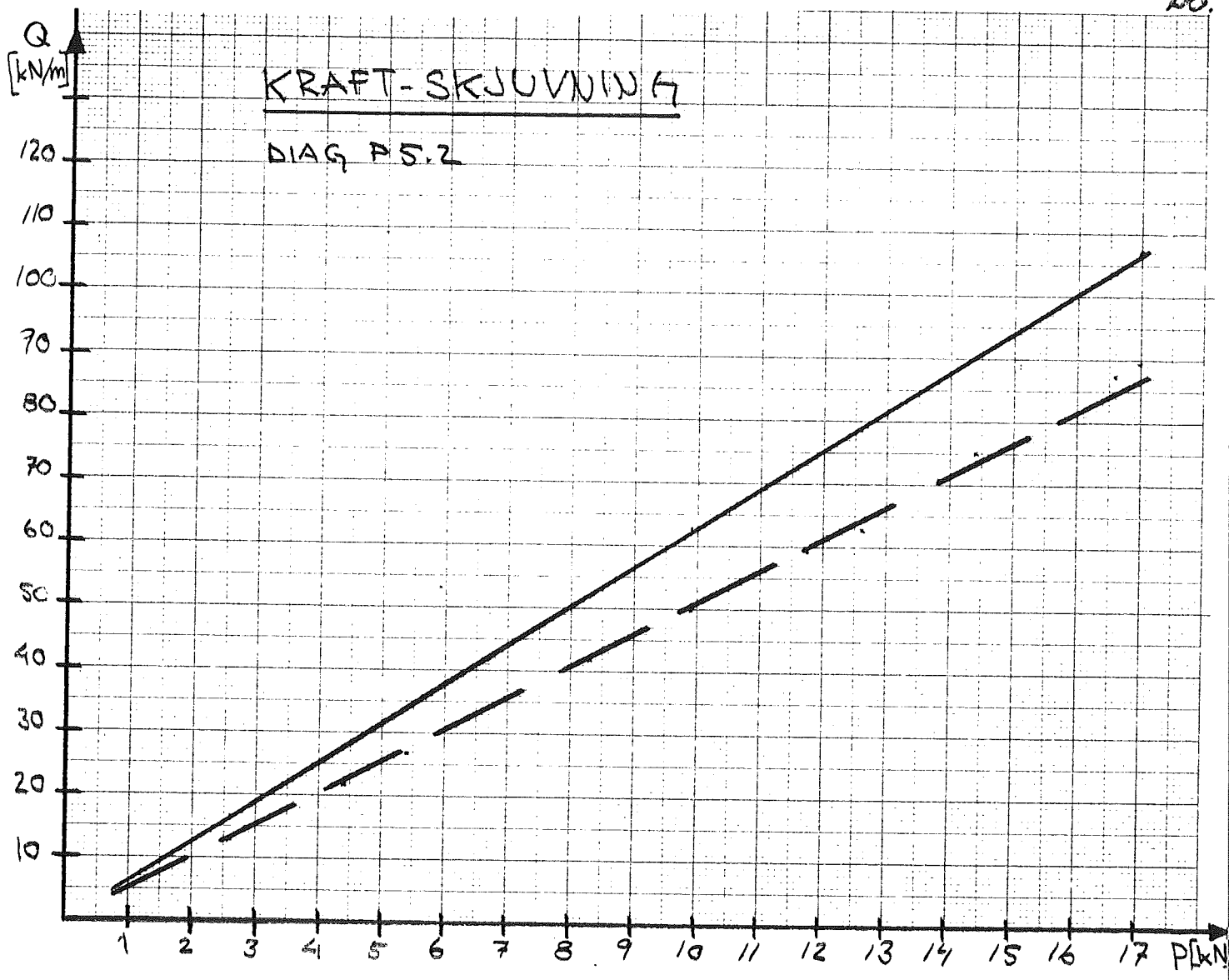


7-2501 514 A4 1 x 1 mm



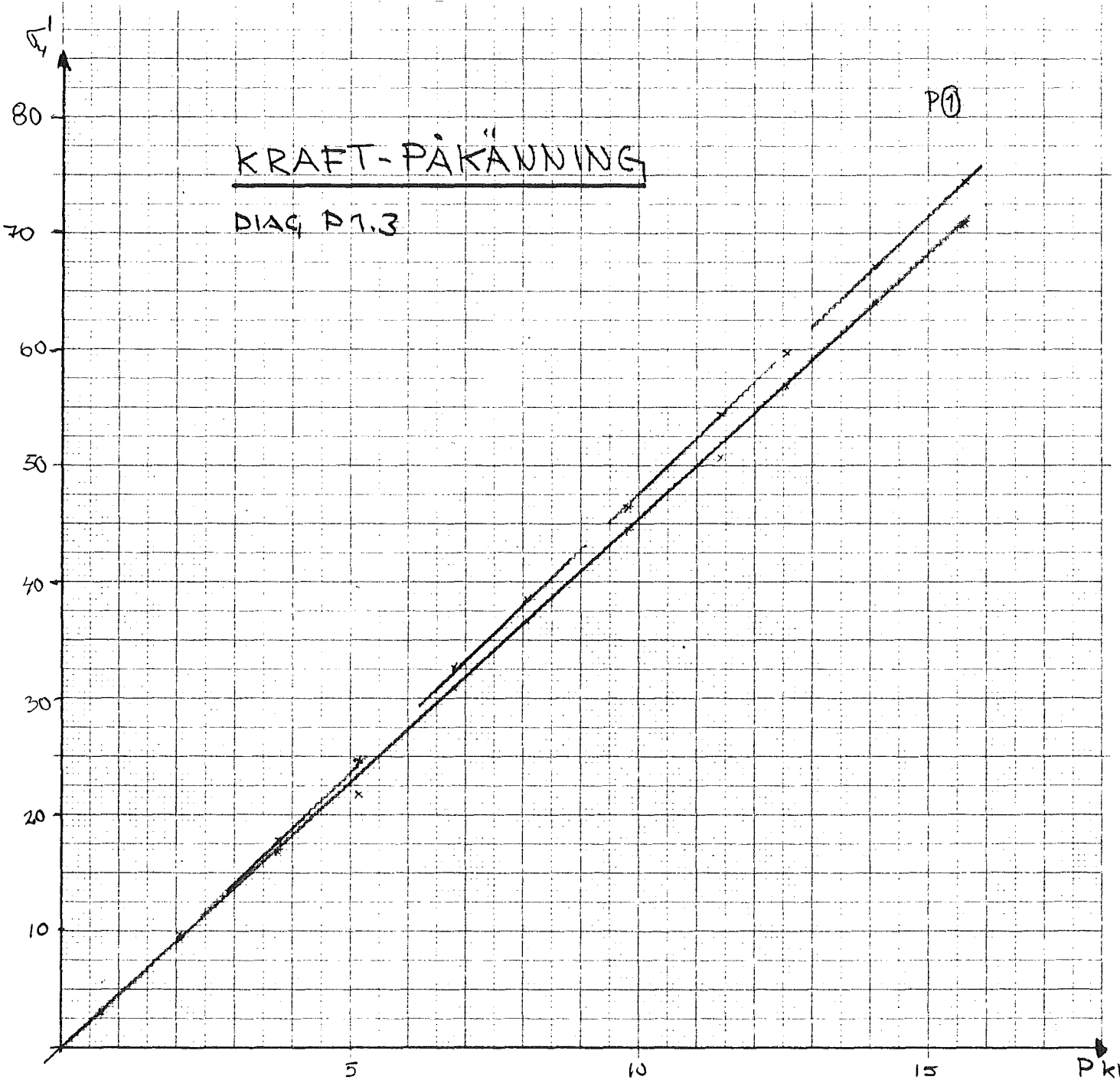


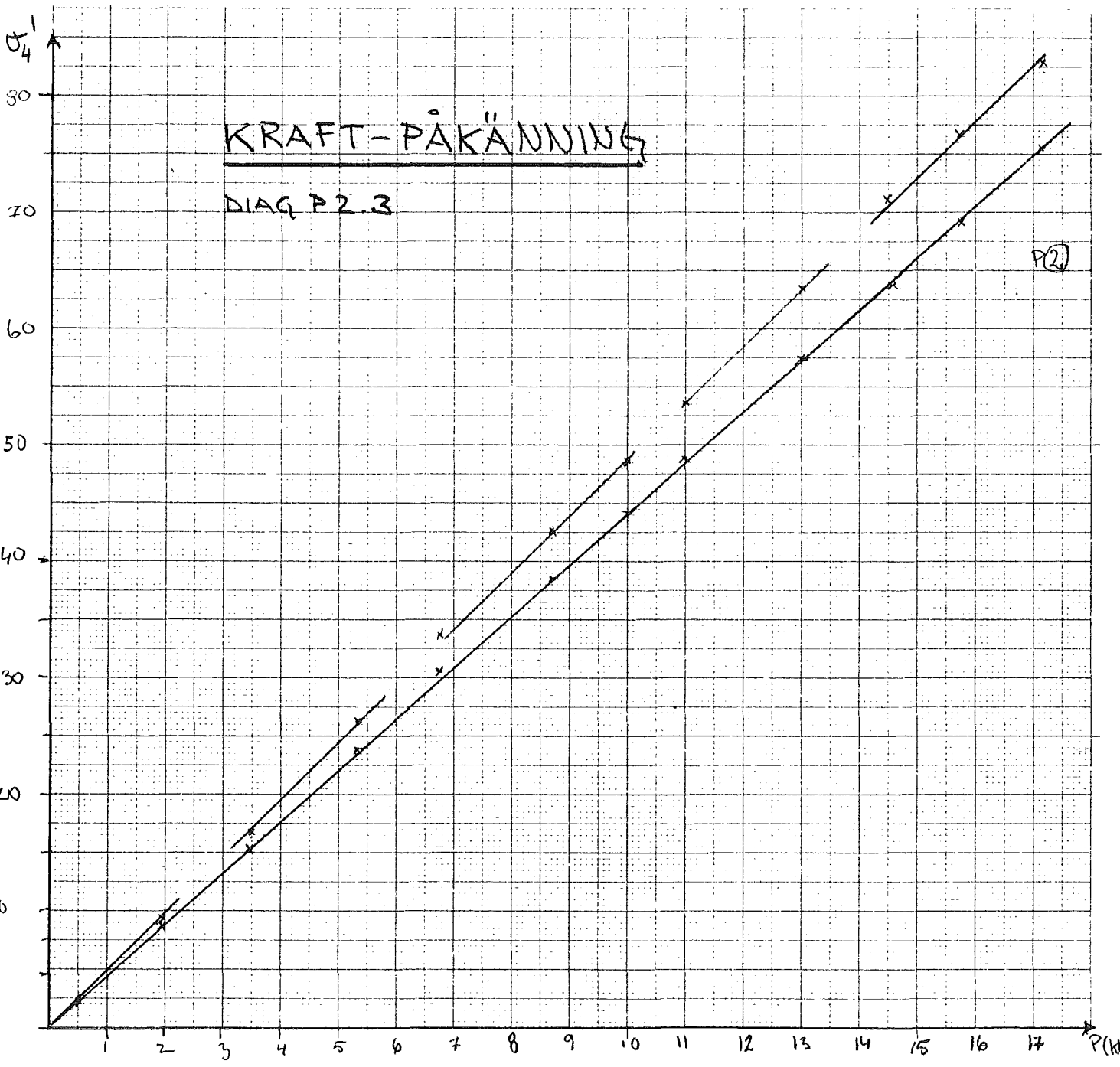




SIS 73207 s14 A4 1 x 1 mm

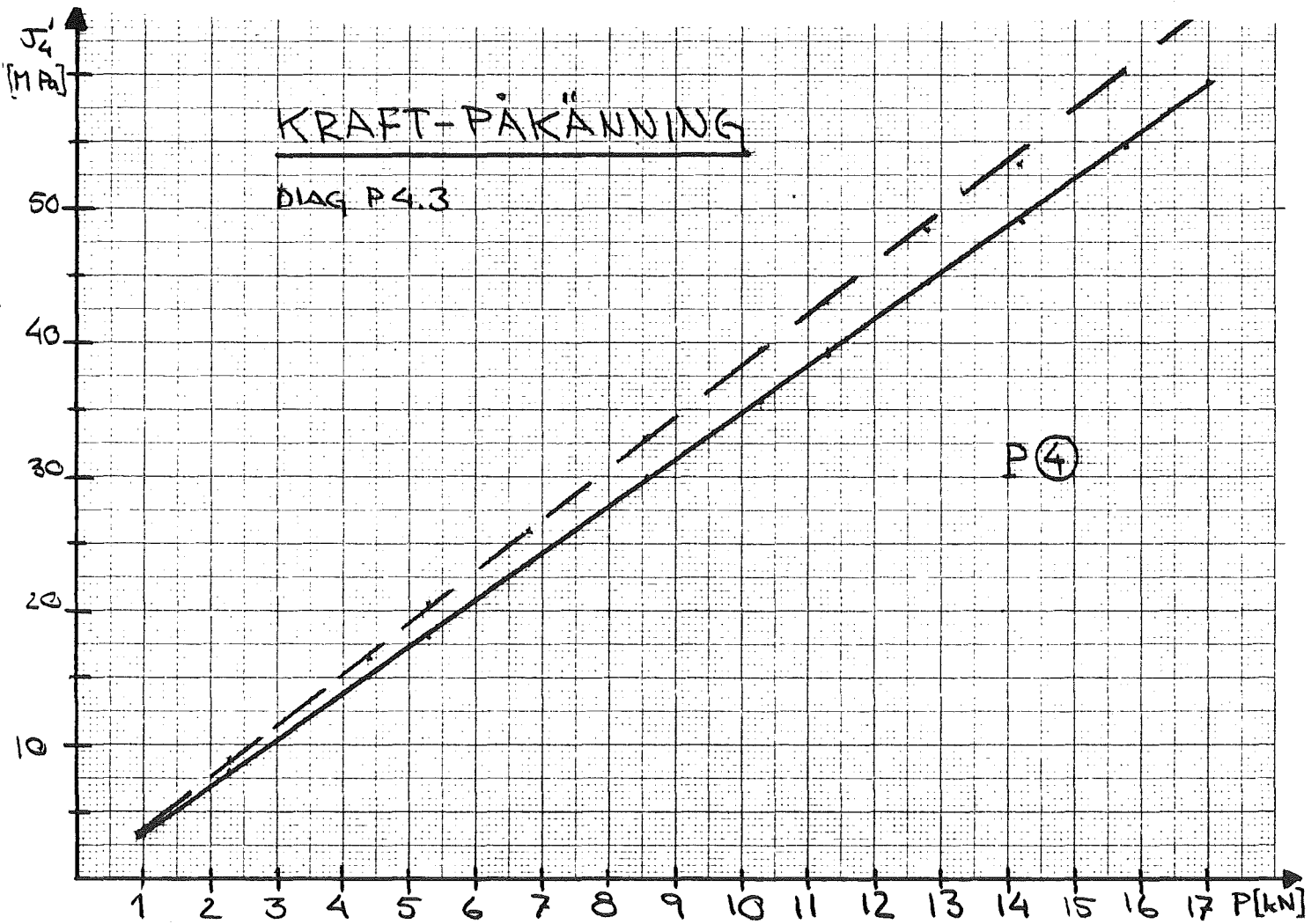
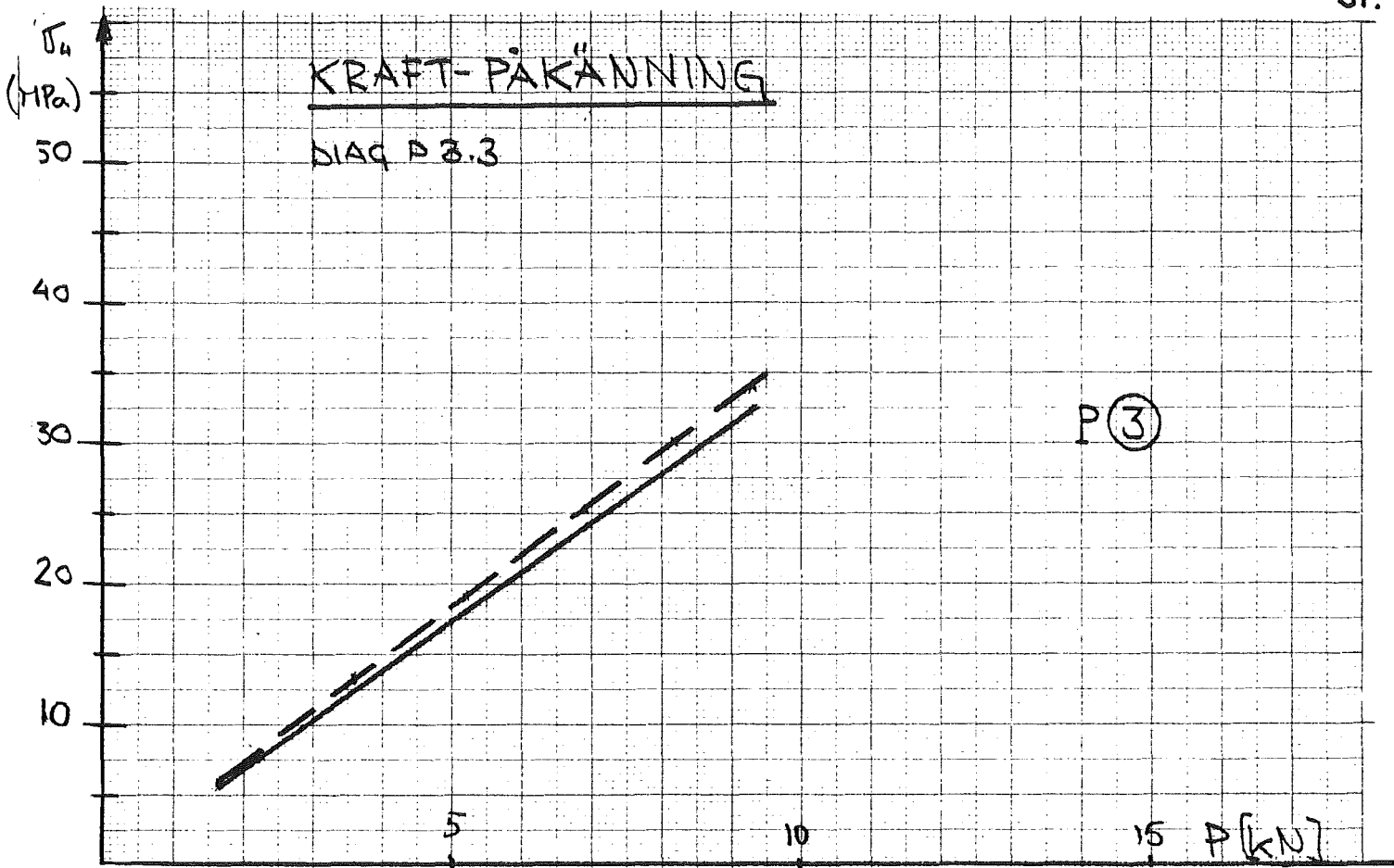
SIS 73207 s14 A4 1 x 1 mm



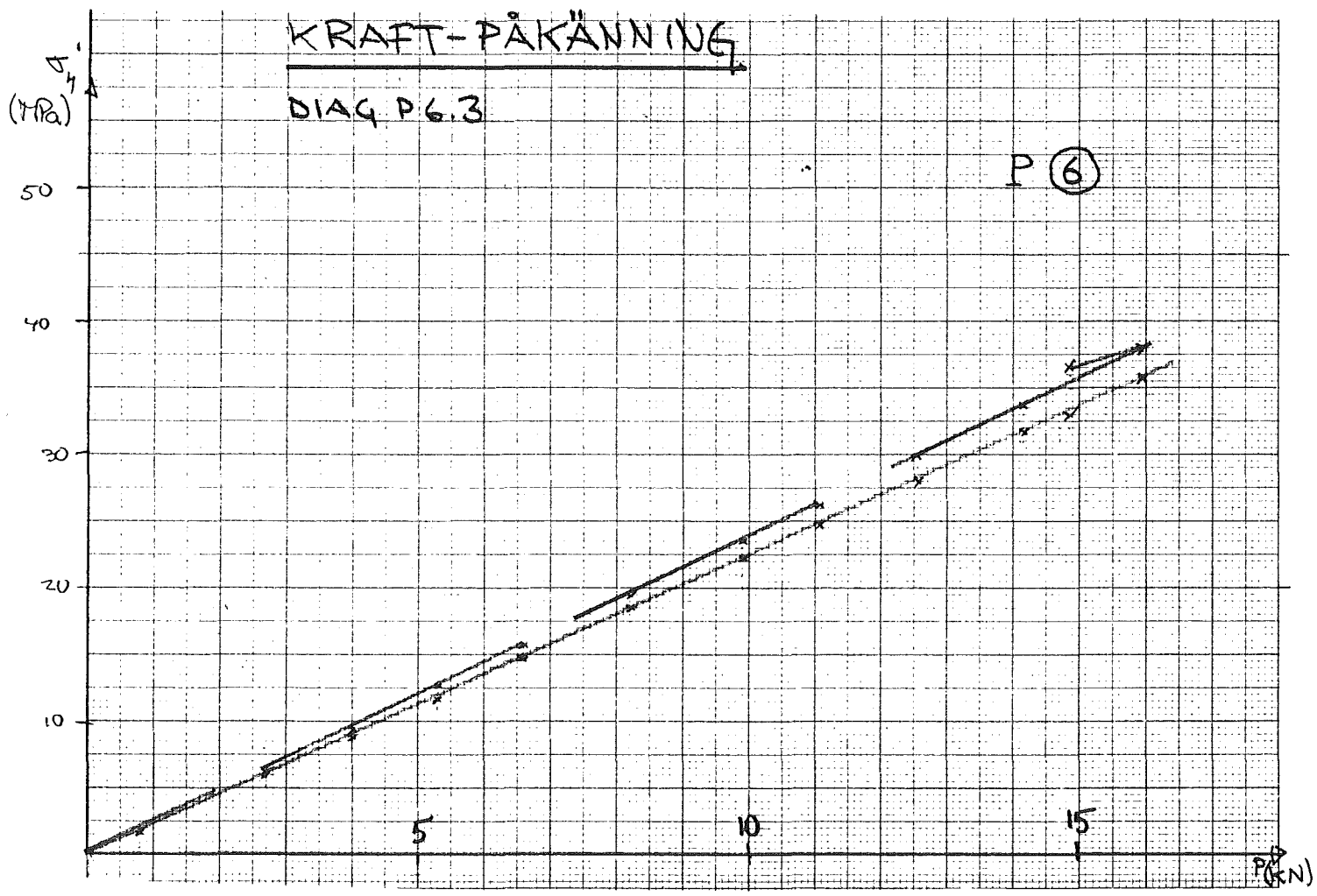
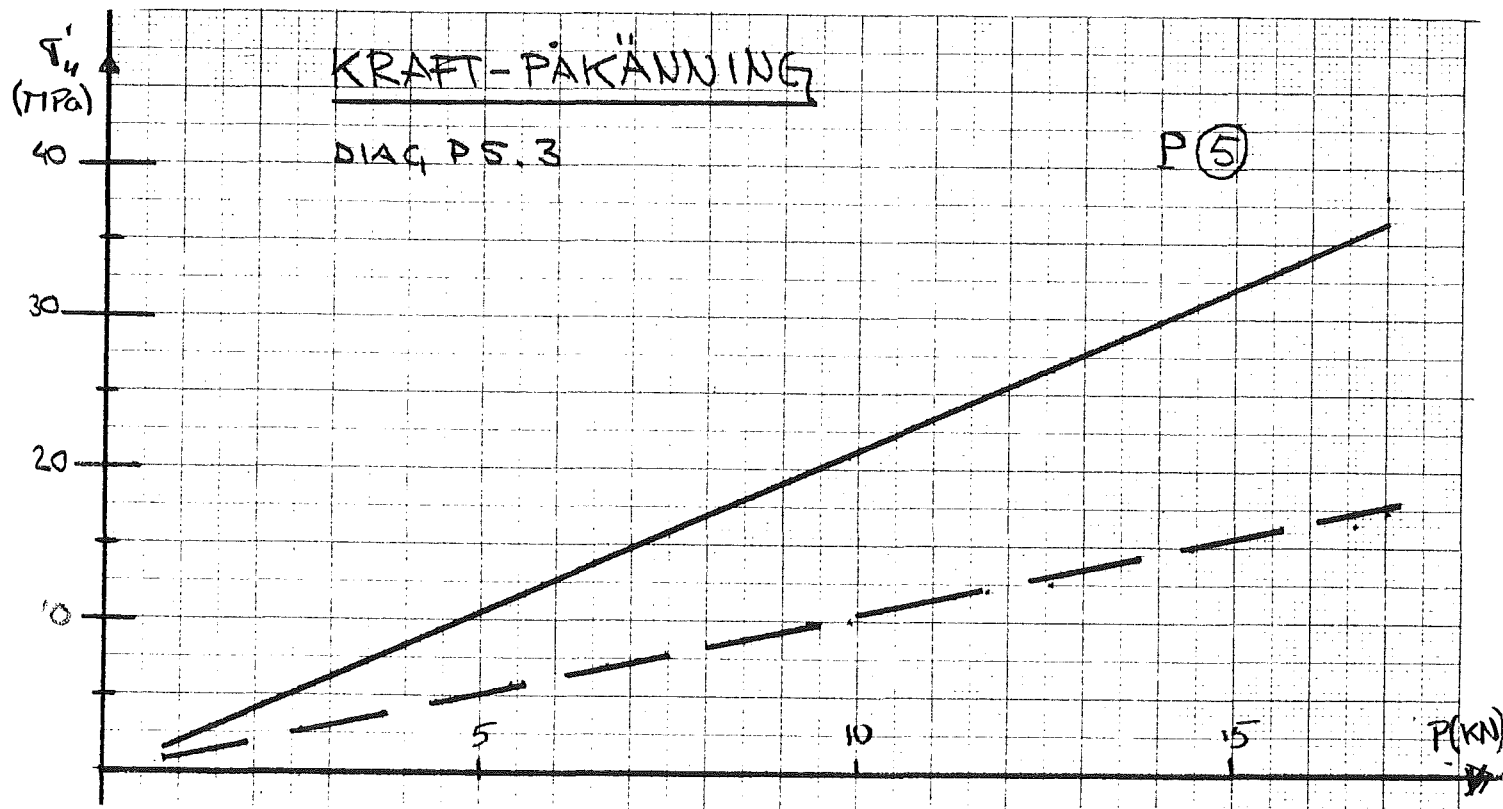


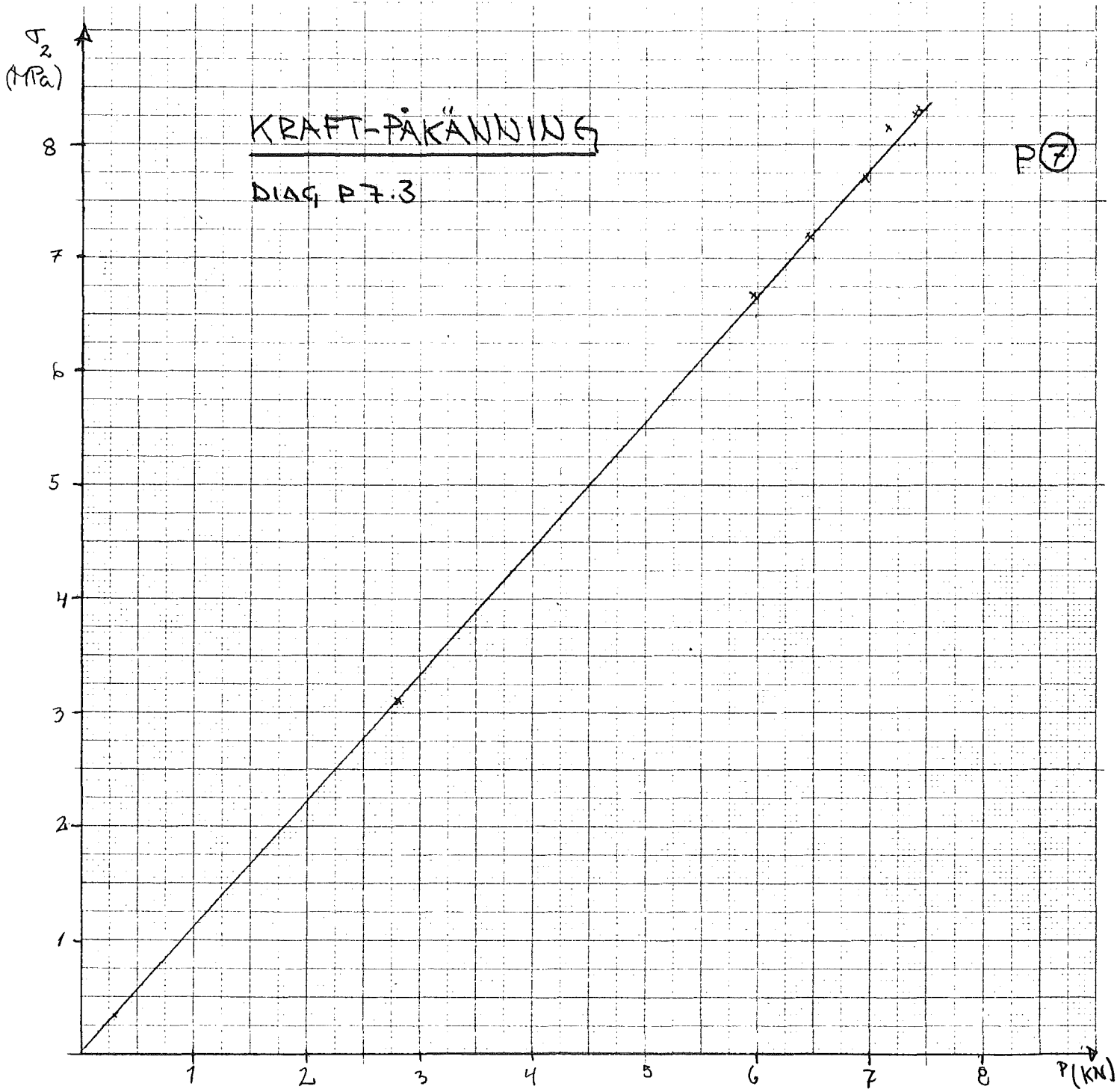
MS 73200 514 A4 1 x 1 mm

P(2)

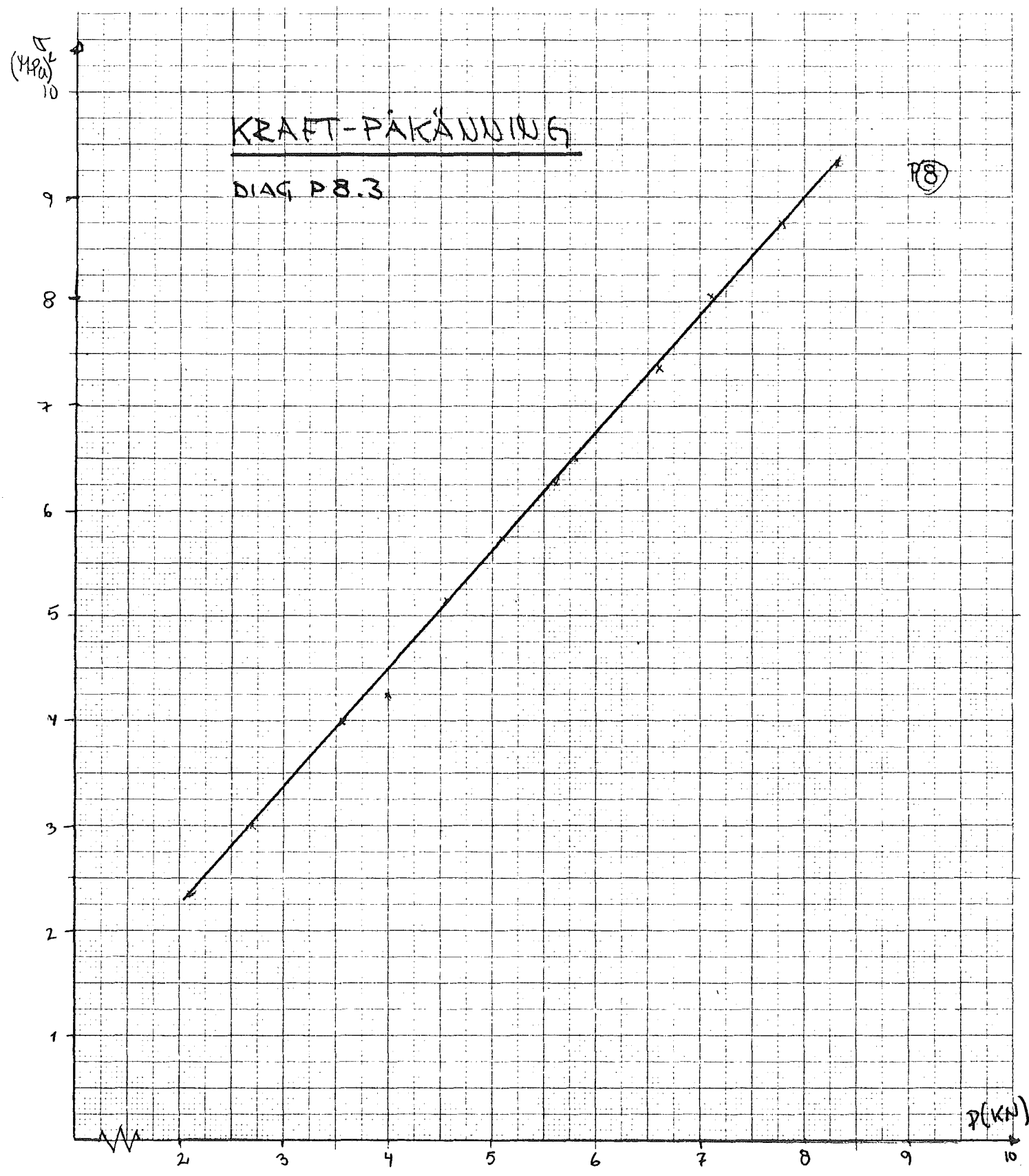


7.5.2017 09:41 1 x 1 mm

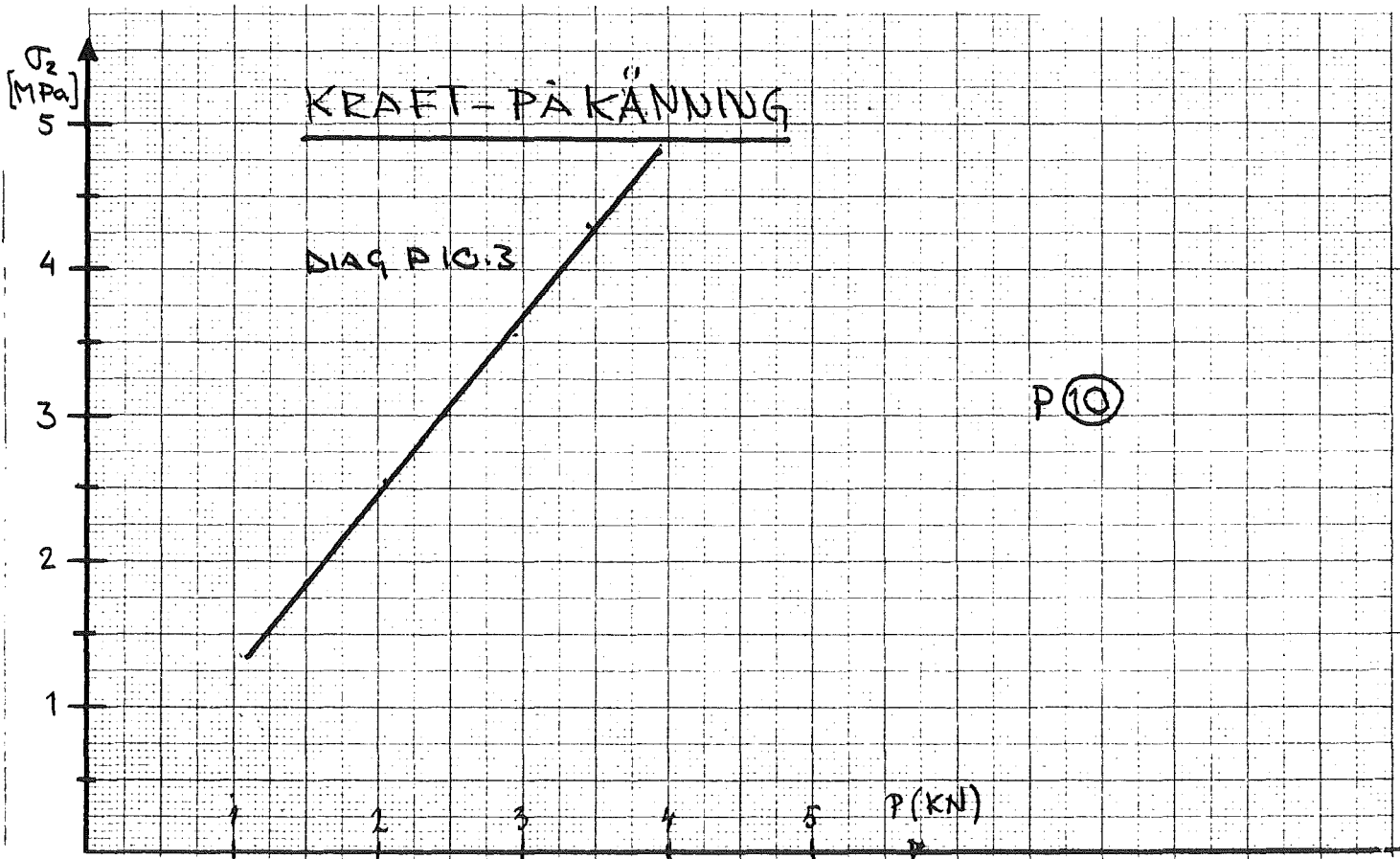
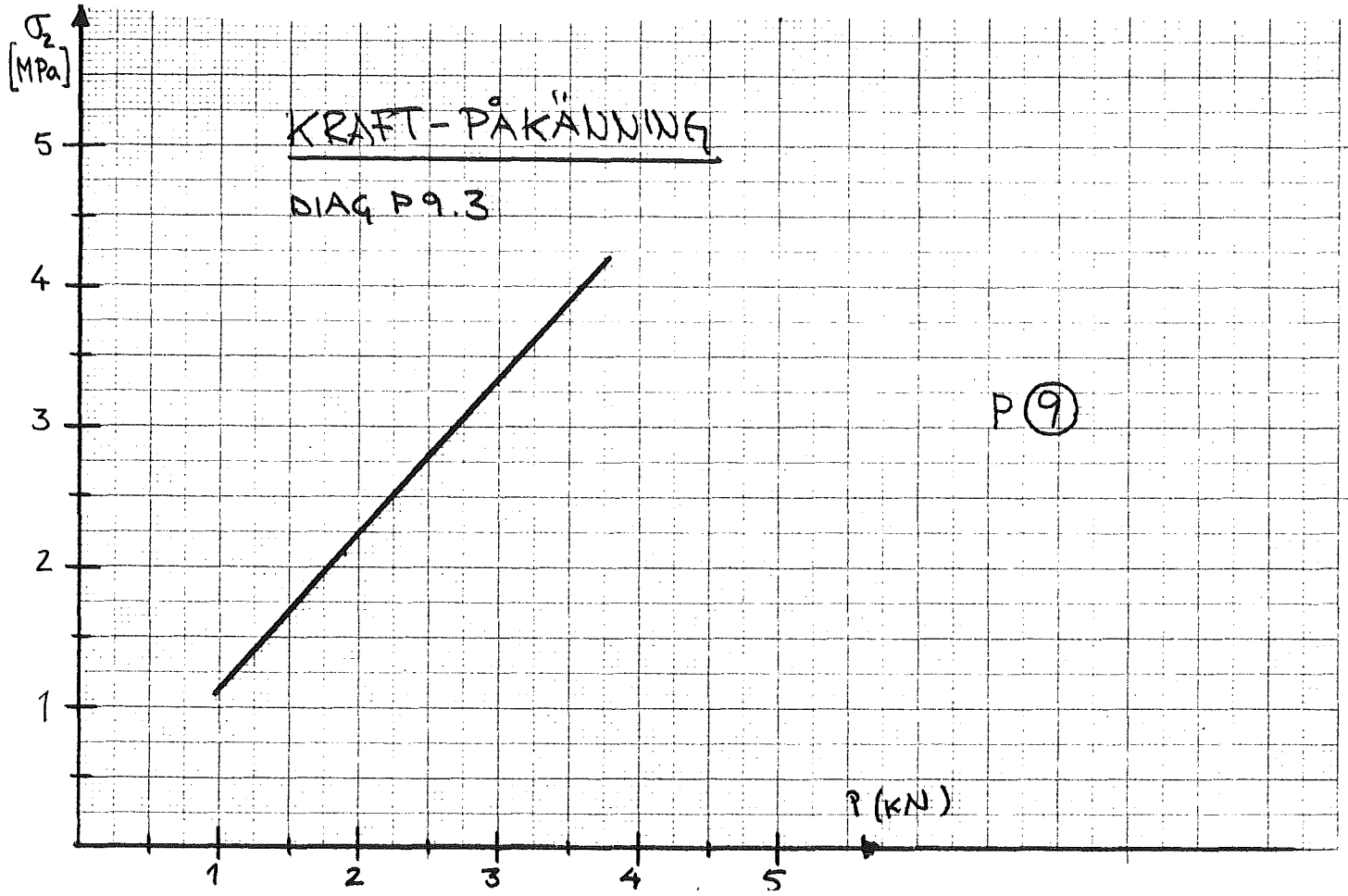




1000 500 100 10 1



015 1 24200 014 01 1 x 1 mm



985 732507 514 A4 1 x 1 mm

δ. KOMENTAR TILL RESULTAT

Nedböjning

Trä-Btg.

Anledningen till att linjen för fullt samverkande tvärsnitt (— — —) inte stämmer överens med våra provade resultat (————) är att samverkan inte är fullständig. Framför allt hjälper yttre delen av flänsarna till dåligt (se brottsbeskrivning). Den streckade linjen i diagrammet över provkropp P5:s nedböjning har dessutom beräknats med ett Ψ som är framräknat med ett mindre antal trådtöjningsgivare än de övriga balkarna. Detta p.g.a att trådtöjningsgivarna i underkant gått sönder. Osäkerheten vid bestämningen av kantpåkänningen är därför större vid detta försök.

Btg-Btg.

Den s-formade nedböjningskurvan kan förklaras av bl. a. skevhet vid uppläggningsen som ger en vekare konstruktion innan skevheten stabiliserats. Ett annat skäl kan vara olika krympning hos de olika skivorna efter sammanfogningen.

Skjuvkrafter.

Om skjuvkrafterna kan sägas att de följer de teoretiska beräkningarna väl i samtliga fall utom provkropp 5. Skillnaden i P.K. 5 beror på Ψ som tidigare nämnts. Anmärkningsvärt är att inte i något fall har brott i limfog erhållits.

Påkänningsmax .

Trä-Btg.

De höga σ -värdena för balkarna 1, 2 och 4 kan förklaras med den höga kvaliteten på virket (få kvistar). Balkarna 3, 5 och 6 har stort antal kvistar i närheten av mittnitt. T.ex. har balk 3 fyra stora kvistar alldeles bredvid varandra just vid sprickan i mittnitt

Btg.-Btg.

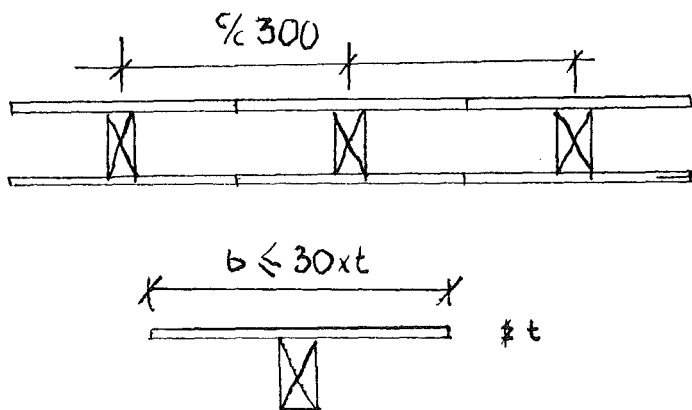
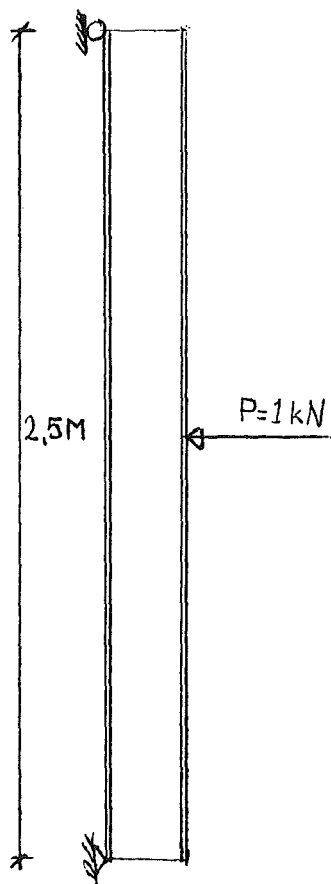
Anmärkningsvärt är likheten i lutningen hos σ_2 -kurvan där endast I-balken (P10) skiljer sig något lite.

9 EXEMPEL

Avslutningsvis vill vi visa ett par exempel på användningsområden.

Väggkonstruktion

konstruktionen avser icke bärande innervägg



kraften anses upptas av enbart liv och tryckt fläns

Dimensioner träliv 35x70 mm
tjocklek fiberbtg.platta 10 mm .

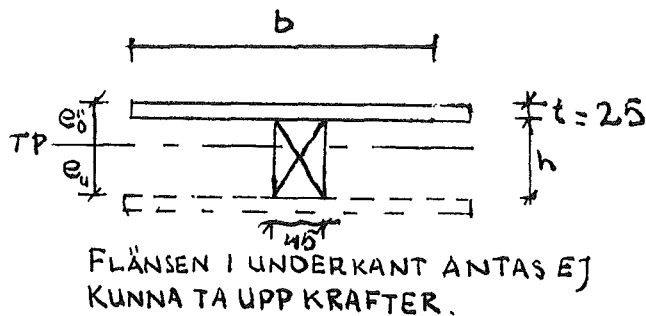
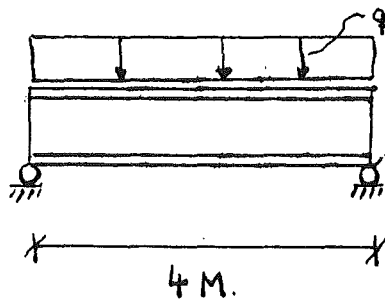
Av intresse idetta fall är att
utböjningen ej blir för stor.

c/c 300 medverkande bredd $d=30 \times 10=300$ mm $E=11000$ MPa

$$I=3.8285 \cdot 10^{-6} \quad y = \frac{Pl^3}{48EI} = \frac{1000 \cdot 2.5^3}{48 \cdot 11000 \cdot 3.8285} = 0.0077$$

$$b \leq \begin{cases} 30 \times t = 875 \text{ (39)} \\ c/c = 300/600 \end{cases}$$

GOLVKONSTRUKTION



KRAV

$$\begin{cases} y_{\max} = L/400 = 4/400 = 0.01 \text{ m.} \\ \sigma_{\text{M. TRÄ}} = 8 \text{ MPa.} \\ \sigma_{\text{M. BTG}} = 11 \text{ MPa.} \end{cases}$$

$$y = \frac{5qL^4}{384E_k I_i}$$

$$\sigma_0 = \frac{M_{\max} E_{\text{btg}}}{I_i E_{\text{trä}}} \cdot e_0 = \frac{q_2 L^2 E_{\text{btg}}}{8 I_i E_{\text{trä}}} e_0$$

$$\sigma_u = \frac{M_{\max}}{I_i} \cdot e_u = \frac{q_2 L^2}{8 I_i} \cdot e_u$$

där $q_1 = 1.5 \text{ kN/m}^2$ (nyttig last)

$q_2 = q_1 + q_e \text{ kN/m}^2$ (nyttig + egenvikt)

$E_{\text{btg}} = 32000 \text{ MPa}$

$E_{\text{trä}} = 8500 \text{ MPa}$ (långtids E-modul)

Antag $h = 0.125 \text{ m}$, $c/c \text{ } 300 \text{ mm}$

$d = \frac{32000}{8500} \cdot 0.3 = 1.13 \text{ m}$

Tp-Linje

$$1.13 \cdot 0.025 \cdot 0.1375 + 0.125 \cdot 0.045 \cdot 0.125/2 = e_u (1.13 \cdot 0.025 + 0.125 \cdot 0.045)$$

$e_u = 0.125$

Tröghetsmom. $I = \frac{1.13 \cdot 0.025^3}{12} + 1.13 \cdot 0.025 \cdot 0.0125^2 + \frac{0.045 \cdot 0.125^3}{12} + 0.045 \cdot 0.125 (0.0675)^2$

$I = 3.5182 \cdot 10^{-5}$

$y = \frac{5 \cdot 1.5 \cdot 0.3^4}{384 E_{\text{trä}} I_i} = 5.02 \cdot 10^{-3} \text{ m} < 0.01 \text{ m}$ OK!

$\sigma_0 = \frac{(1.5 \cdot 0.3 + 24 \cdot 0.3 \cdot 0.025 \cdot 2 + 6 \cdot 0.045 \cdot 0.125)^4}{8 I} \cdot \frac{32000}{8500} \cdot (0.150 - 0.125) = 4.51 \text{ MPa} < 11$ OK!

$\sigma_u = \frac{(1.5 \cdot 0.3 + 24 \cdot 0.3 \cdot 0.025 \cdot 2 + 6 \cdot 0.045 \cdot 0.125)^4}{8 I} \cdot 0.125 = 6.00 \text{ MPa} < 8$ OK!

ANTAG $h = 0,175 \text{ m} \approx 600 \text{ mm}$

$$d = \frac{32000}{8500} \cdot 0.6 = 2.26$$

40

$$2.26 \cdot 0.025 \cdot \left(0.0175 + \frac{0.025}{2}\right) + 0.175 \cdot 0.045 \cdot 0.175/2 =$$
$$= e_u (2.26 \cdot 0.025 + 0.175 \cdot 0.045)$$

$$e_u = 0.175$$

$$J = \frac{2.26 \cdot 0.025^3}{12} + 2.26 \cdot 0.025 \left(0.1875 - 0.175\right)^2 + \frac{0.045 \cdot 0.175^3}{12} +$$
$$+ 0.175 \cdot 0.045 \left(0.175 - 0.175/2\right)^2$$

$$I = 9,21615 \cdot 10^{-5}$$

$$y = \frac{5 \cdot 1.5 \cdot 0.6 \cdot 4^4}{384 \cdot 8500 \cdot 10^3 I} = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ m} < 0.01 \text{ m} \quad \underline{\text{OK!}}$$

$$\sigma_0'' = \frac{(1.5 \cdot 0.6 + 24 \cdot 0.6 \cdot 0.025 \cdot 2 + 6 \cdot 0.045 \cdot 0.175) \cdot 4^2}{8 I}$$
$$\frac{32000}{8500} (0.2 - 0.175)$$

$$\sigma_0'' = 3.4 \text{ MPa} < 11 \text{ MPa} \quad \underline{\text{OK!}}$$

$$\sigma_u = \frac{(1.5 \cdot 0.6 + 24 \cdot 0.6 \cdot 0.025 \cdot 2 + 6 \cdot 0.045 \cdot 0.175) \cdot 4^2}{8 I}$$
$$0.175$$

$$\sigma_u = 6.3 \text{ MPa} < 8 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

SLUTSATS:

Av exemplen ovan framgår att det borde vara möjligt att använda en kombination av trä och fiberbtg. som dels bärande byggelement i bostadshus dels som rumsskiljande väggar.