

LMA515 Laboration VT 2022
Reducerade Faktor försök



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Av Mirco Ghadri och John Le

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
1. Sammanfattning	3
2. Syfte	3
2. Utförande	4
3. Resultat	8
3.1 Helikoptrarnas utseende	8
3.2 Uppmätta flygtider	10
3.3 Generator, definierande relation och sammanblandningsmönster	12
3.4 Normalfördelningsplot	13
4. Diskussion och Analys	18
4.1 Felkällor	18
4.2 Slutsatser	19

1. Sammanfattning

Vi på företaget Cellulose Aerodynamics Systems(CAS) har till uppgift att konstruera en pappershelikopter som kan stanna längre i luften än den standardiserade pappershelikopter. Med uppdraget i åtanke så måste produkterna testas med olika egenskaper för att säkerställa produktkvaliteten och den hållbara lufttiden. Testerna och resultaten utförs och dokumenteras i denna laborationsrapporten.

2. Syfte

Syftet med laborationen är att optimera flygtiden för en pappershelikopter genom ett reducerat faktorförsök. 5 faktorer används i faktorförsöket, faktor A,B,C,D och E.

Faktor	(-)	(+)
Tejpade vingar	nej	ja
Bredd	3 cm	5 cm
Längd	8 cm	13 cm
vinglängd	8 cm	13 cm
Gem	nej	ja

Faktor A: Om helikoptern ska ha tejp på bägge vingar eller inte

Faktor B: Bredd på helikoptern (3cm eller 5cm)

Faktor C: Längden på helikoptern (8cm eller 13cm)

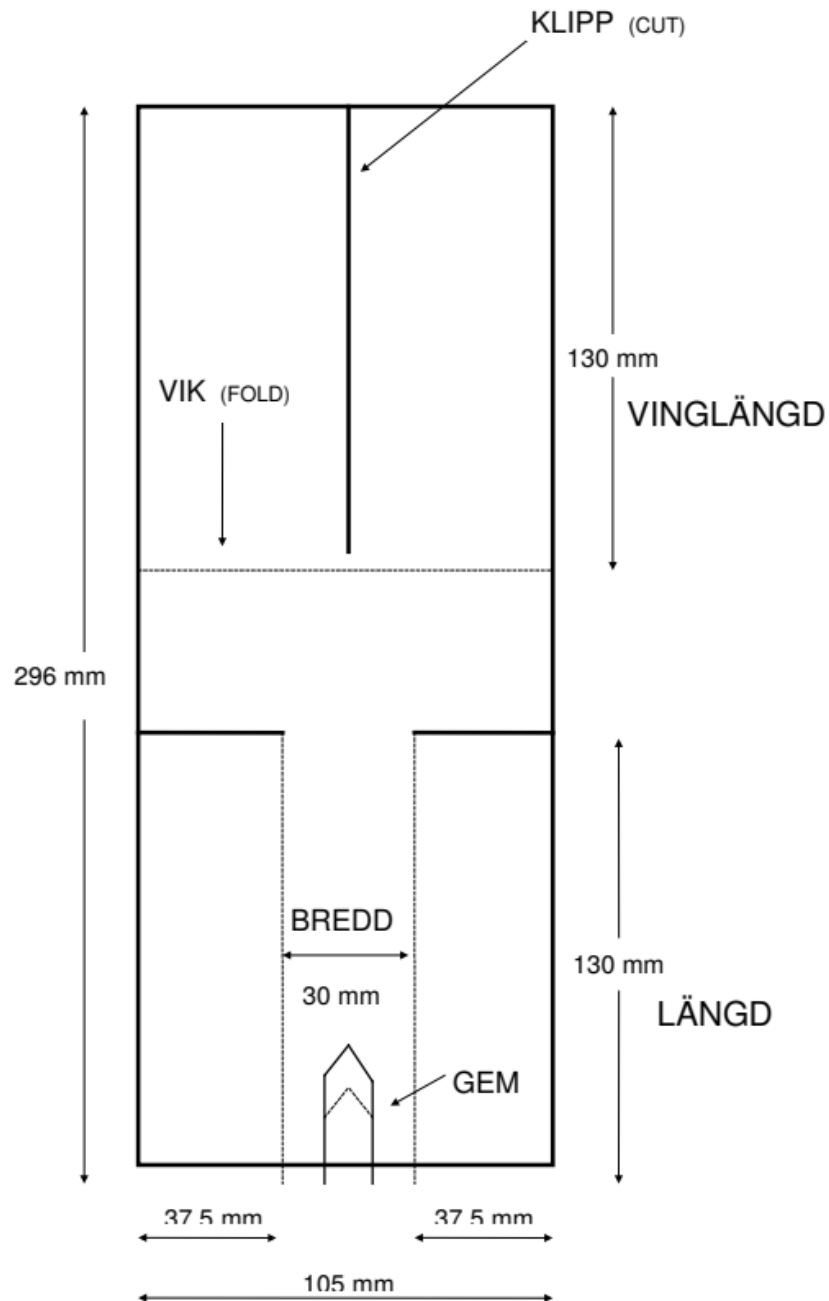
Faktor D: Vinglängden (8cm eller 13cm)

Faktor E: Om helikoptern har ett gem på svansen eller inte.

2. Utförande

Ett A4-papper kom till användning för att klippa ut helikoptern och skapa den enligt designmallen. Se figur 1.

Standard Design:



Figur 1

16 unika pappershelikoptrar konstruerades enligt den reducerade försöksplanen. Se figur 2.

Prov nr	M	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE	Resultat
1		-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	
2		+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
3		-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	
4		+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	
5		-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	
6		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	
7		-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
8		+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	
9		-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	
10		+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	
11		-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	
12		+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	
13		-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
14		+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	
15		-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	
16		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Σy_+																	
Σy_-																	
$\Sigma y_+ - \Sigma y_-$																	
Nämnare		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Effekt																	

Figur 2

För att slippa klippa ut 16 olika pappershelikoptrar så grupperades försöken genom att ta de försöken som man kan göra på samma pappershelikopter och göra de samtidigt, efter varandra. Första helikoptern som konstruerades var 3cm bred och 13cm lång med en 13cm vinglängd och utan gem eller tejpade vingar. Genom att bara använda denna ursprungliga designen kunde man testa majoriteten av kombinationer av faktorerna A,C,D och E samt B= 3cm(-). Detta genom att exempelvis klippa helikopterns vingar kortare när 8cm vingar skulle testas eller klippa helikopterns svans kortare när vi ville ha en 8cm lång svans på helikoptern eller lägga till/ta bort tejp eller gem när det behövdes. Detta täckte nästan alla reducerade försök där B=3cm(-) vilket blev 6 försök på 1 helikopter. Som vi ser sparade detta mycket tid. De resterande 2 försöken för B=3cm utfördes på en ny helikopter.

Den enda faktorn som inte kunde testas var B=5cm eftersom det krävdes att utföras på en ny helikopter. Därmed konstruerades en ny helikopter med designen B=5cm och upprepade samma procedur som utfördes på B=3cm. Detta täckte de resterande 8 försöken. Totalt blev det alltså 16 försök på endast 4 helikoptrar, som justerades och ändrades vid behov för att täcka alla de 16 försöken.

Ordningen på våra försök med faktor B=3cm såg ut som följande på vår första helikopter:

Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern/helikopterns svans)	D(längden på helikopterns vingar)	E(om helikopterns svans är ihopsatt med gem eller inte)
1	+(tejpade vingar)	-(3cm)	+(13cm)	+(13cm)	-(inget gem)
2	-(inte tejpade vingar)	-	+	+	+(har gem)
3	+	-	-(8cm)	+	+
4	-	-	-	+	-
5	+	-	-	-	-
6	-	-	-	-	+

Resterande 2 försök krävde en ny helikopter med B=3cm. Detta var p.g.a. efterverkan från svansens förkortning i försök nr 3, så kunde inte försök nr 7 och 8 längre utföras då de krävde längre svans på helikoptern. Den avklippta svansen kunde inte sättas tillbaka, därmed konstruerades istället en ny helikopter för försök 7 och 8:

Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern/helikopterns svans)	D(längden på helikopterns vingar)	E(om helikopterns svans är ihopsatt med gem eller inte)
7	+	-	+	-(8cm)	+
8	-	-	+	-	-

Ordningen på våra försök med faktor B=5cm såg ut som följande på vår tredje helikopter:

Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern/h elikopterns svans)	D(längden på helikopterns vingar)	E(om helikopterns svans är ihopsatt med gem eller inte)
9.	+(tejpade vingar)	+(5cm)	+(13cm)	+(13cm)	+(har gem)
10.	-(inte tejpade vingar)	+	+	+	-(inget gem)
11.	+	+	-(8cm)	+	-
12.	-	+	-	+	+
13.	+	+	-	-	+
14.	-	+	-	-	-

De resterande 2 försöken utfördes på en ny helikopter med B=5cm:

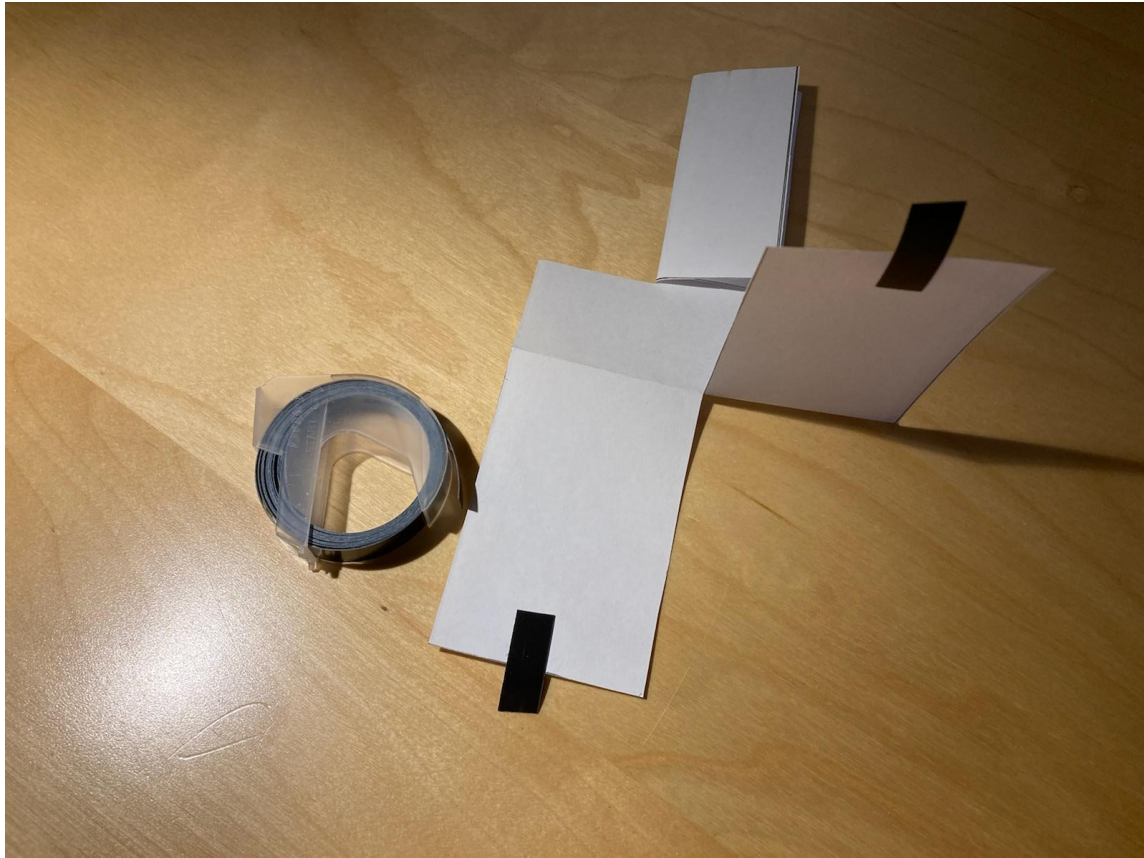
Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern/h elikopterns svans)	D(längden på helikopterns vingar)	E(om helikopterns svans är ihopsatt med gem eller inte)
15.	+	+	+	-(8cm)	-
16.	-	+	+	-	+

Varje helikopter släpptes från samma höjd(takhöjd~2.3m). Personen som släppte helikoptern använde tidtagare på sin iphone och startade tidtagaren så fort den släppte helikoptern. När helikoptern nådde marken så stoppade personen tidtagaren och tiden noterades. Alla helikoptrar släpptes inomhus. Detta eftersom det blåser mycket utomhus vilket gör att slumpen påverkar resultatet mycket mer. Helikopterns vingar tejpades med 2.5cm svart tejp. Halva tejpens var på helikopterns vinge och halva tejpens var utanför vingen.

3. Resultat

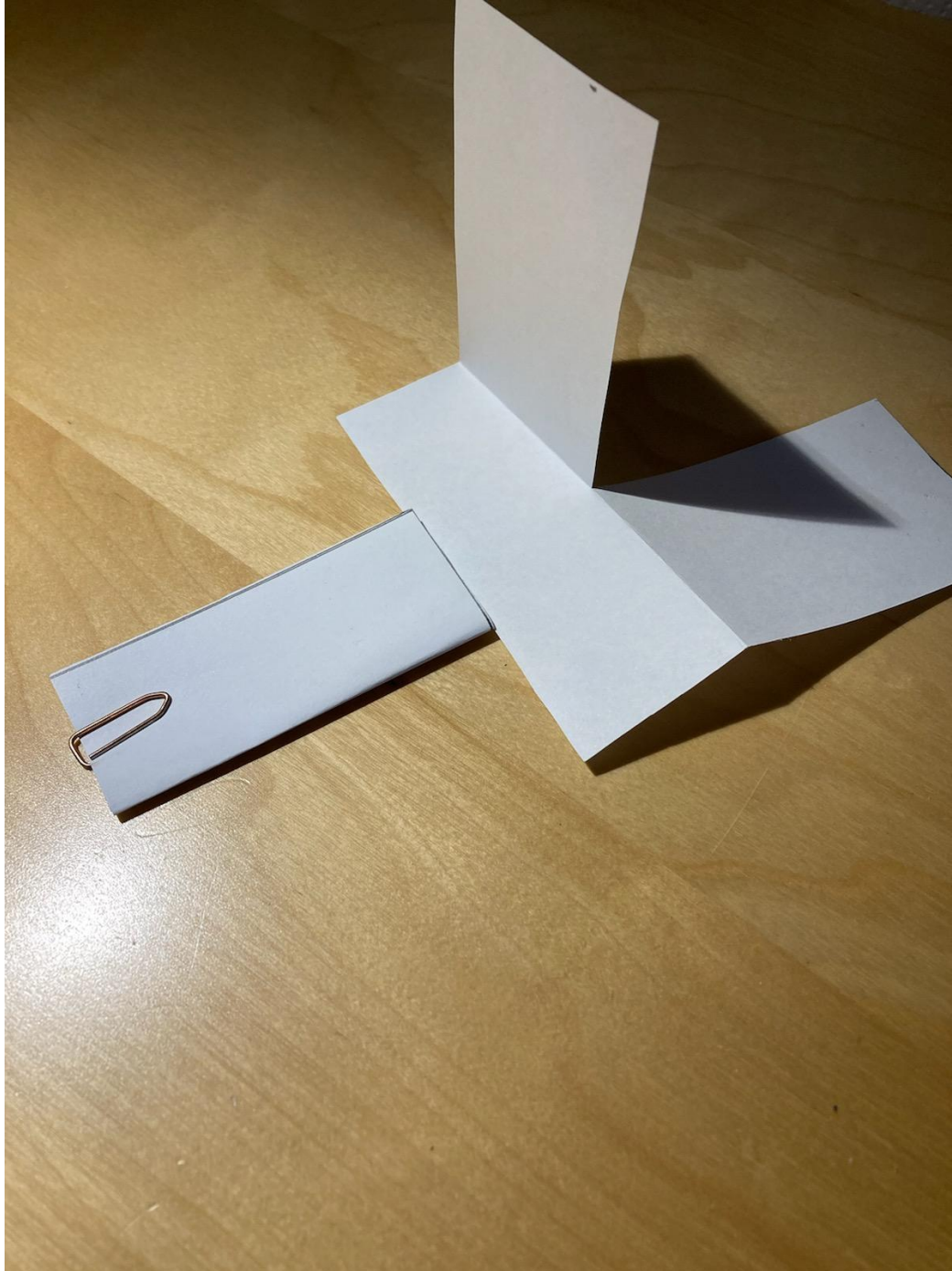
3.1 Helikoptrarnas utseende

Helikoptrarna som konstruerades fick följande utseende. Figur 3 visar vingar som tejpats.



Figur 3

Figur 4 visar gem som fästs på helikopterns svans.



Figur 4

3.2 Uppmätta flygtider

Följande flygtider för helikoptrarna mättes upp på den reducerade faktorförsök:

Helikopter 1 med B=3cm

Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern /helikopter ns svans)	D(längden på helikoptern s vingar)	E(om helikoptern s svans är ihopsatt med gem eller inte)	Resultat-tid(sekunder)
1.	+(tejpade vingar)	-(3cm)	+(13cm)	+(13cm)	-(inget gem)	2.31
2.	-(inte tejpade vingar)	-	+	+	+(har gem)	2.61
3.	+	-	-(8cm)	+	+	2.76
4.	-	-	-	+	-	2.98
5.	+	-	-	-	-	2.18
6.	-	-	-	-	+	1.90

Helikopter 2 med B=3cm.

Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern /helikopter ns svans)	D(längden på helikoptern s vingar)	E(om helikoptern s svans är ihopsatt med gem eller inte)	Resultat-tid(sekunder)
7.	+	-	+	-(8cm)	+	1.88
8.	-	-	+	-	-	1.95

Helikopter 3 med B=5cm.

Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern /helikopter ns svans)	D(längden på helikoptern s vingar)	E(om helikoptern s svans är ihopsatt med gem eller inte)	Resultat-tid(sekunder)
9.	+(tejpade vingar)	+(5cm)	+(13cm)	+(13cm)	+(har gem)	2.21
10.	-(inte tejpade vingar)	+	+	+	-(inget gem)	2.30
11.	+	+	-(8cm)	+	-	2.73
12.	-	+	-	+	+	2.40
13.	+	+	-	-	+	1.58
14.	-	+	-	-	-	2.16

Helikopter 4 med B=5cm.

Försök nr.	A(tejpade vingar eller inte)	B(bredd på helikoptern)	C(längden på helikoptern /helikopter ns svans)	D(längden på helikoptern s vingar)	E(om helikoptern s svans är ihopsatt med gem eller inte)	Resultat-tid(sekunder)
15.	+	+	+	-(8cm)	-	2.06
16.	-	+	+	-	+	1.85

Kommentar: helikoptern blir ostabil om den inte har gem på svansen. Den kan inte snurra utan Faller snabbt ner från luften.

3.3 Generator, definierande relation och sammanblandningsmönster

Genom att titta på försöksplanen kan man lista ut vilken generator som används för det reducerade faktorförsöket.

[illegible]

Vi kan se att kolumn E är en direkt produkt av kolumnerna ABCD. Därför är ABCD ett alias till kolumn E. Därför är vår **generator** $E=ABCD$. Den definierade relationen får vi fram genom att multiplicera vänsterledet och högerledet i vår generator med faktorn i vänsterledet, alltså $EE = ABCDE$. EE blir till 1 eftersom vilken faktor som helst multiplicerat med sig själv ger 1. Därför är EE samma sak som M eftersom M bara kan vara 1. Vi får då $M=ABCDE$ vilket är vår **definierade relation**. Högerledet i den definierade relationen, dvs ABCDE, kallas för vårt **ord**. Vi kan beräkna sammanblandningsmönstret för våra huvudeffekter genom att multiplicera varje faktor med ordet. På så sätt får vi alias till varje effekt.

Faktor(F)	Alias(M*F)
A	BCDE
B	ACDE
C	ABDE
D	ABCE
E	ABCD

Sammanblandningsmönstret är bra eftersom varje huvudeffekt har en högre ordningens alias. Detta gör att effekten vi får med stor sannolikhet endast kommer från exempelvis A, och inte från dess alias BCDE eftersom högre ordningens effekter är mindre sannolika att påverka resultatet.

3.4 Normalfördelningsplot

För att skapa vår normalfördelningsplot behöver vi veta effekterna för varje faktor/faktorsamspel i det reducerade faktorförsöket (totalt 15). Detta tog vi reda på genom att skapa en google sheets av vårt reducerade faktorförsök och räkna ut värdena genom att addera och subtrahera raderna för respektive kolumn. Vi fick då följande resultat för vårt reducerade faktorförsök.

Prov nr	M	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE	Resultat
1		-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	1.9
2		+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	2.18
3		-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	2.16
4		+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	1.58
5		-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	1.95
6		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	1.88
7		-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	1.85
8		+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	2.06
9		-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	2.98
10		+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	2.76
11		-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	2.40
12		+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	2.73
13		-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	2.61
14		+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	2.31
15		-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	2.30
16		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.21
Σy_+		17.71	17.29	17.17	20.3	17.19	18.02	17.9	17.87	17.82	18.24	17.55	17.46	17.25	18.6	18.33	
Σy_-		18.15	18.57	18.69	15.56	18.67	17.84	17.96	17.99	18.04	17.62	18.31	18.4	18.61	17.26	17.53	
$\Sigma y_+ - \Sigma y_-$		-0.44	-1.28	-1.52	4.74	-1.48	0.18	-0.06	-0.12	-0.22	0.62	-0.76	-0.94	-1.36	1.34	0.8	
Nämnare		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Effekt																	

Effekterna blev då följande:

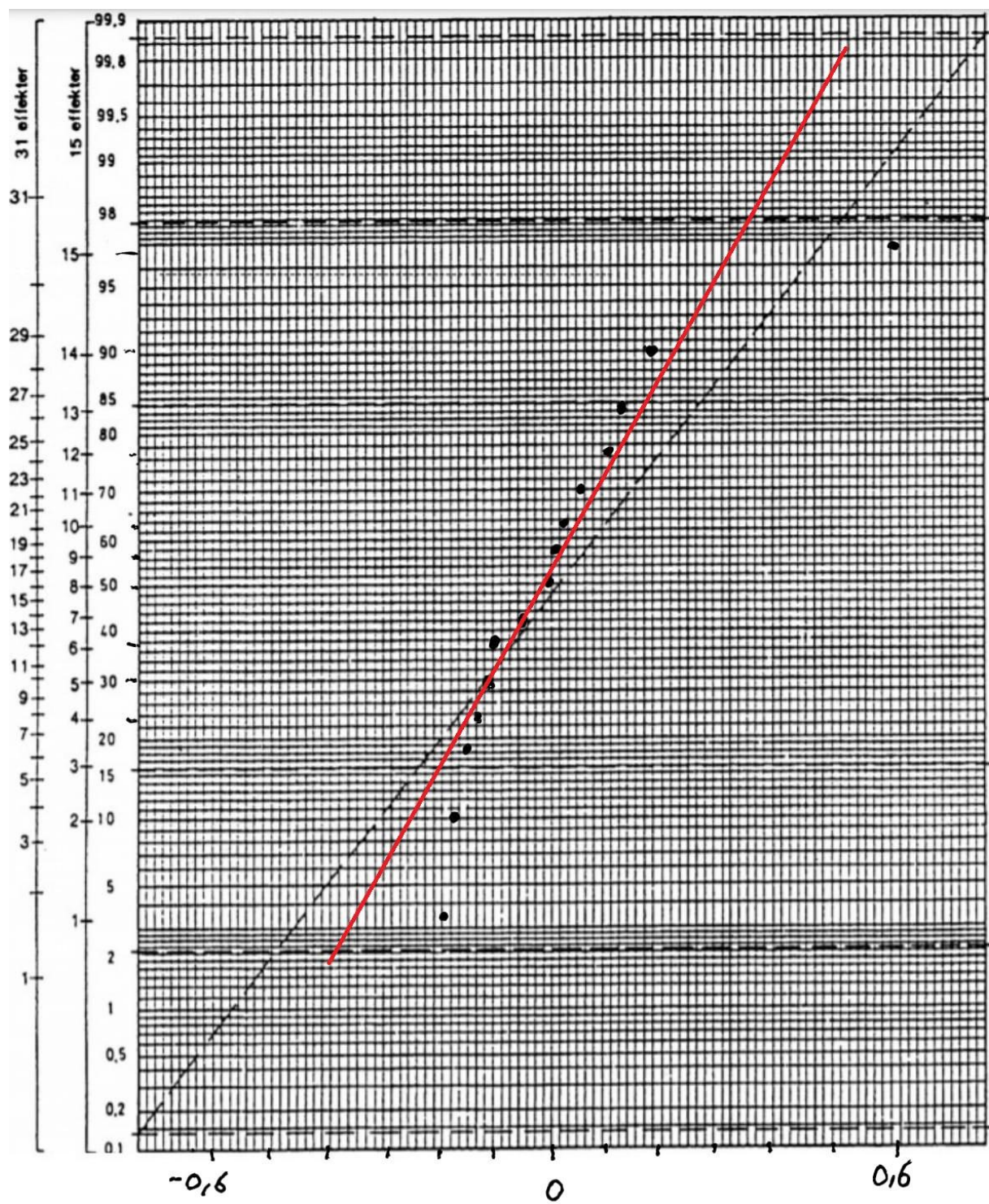
Faktor	Effekt
A	$-0.44/8 = -0.055$
B	$-1.28/8 = -0.16$
C	$-1.52/8 = -0.19$
D	$4.74/8 = 0.5925$
E	$-1.48/8 = -0.185$
AB	$0.18/8 = 0.0225$
AC	$-0.06/8 = -0.0075$
AD	$-0.12/8 = -0.015$
AE	$-0.22/8 = -0.0275$
BC	$0.62/8 = 0.0775$
BD	$-0.76/8 = -0.095$

BE	$-0.94/8 = -0.1175$
CD	$-1.36/8 = -0.17$
CE	$1.34/8 = 0.1675$
DE	$0.8/8 = 0.1$

För att fylla i vår normalfördelningsplot börjar vi med att sortera effekterna från minst till störst på x-axeln i normalfördelningsdiagrammet. Vi räknar även ut den empiriska fördelningsfunktionen för varje x-värde och använder det som y-värde för punkten. Vi får följande tabell:

<i>i</i>	Faktor	Effekt(x)	Empiriska fördelningsfunk tionen: $p = (i - 0.5) / 15$	<i>p</i> i % (y)
1. (minst)	C	-0.19	0.03333333333	3.33%
2.	E	-0.185	0.1	10%
3.	CD	-0.17	0.1666666667	16.67%
4.	B	-0.16	0.2333333333	23.3%
5.	BE	-0.1175	0.3	30%
6.	BD	-0.095	0.3666666667	36.6%
7.	A	-0.055	0.4333333333	43.3%
8.	AE	-0.0275	0.5	50%
9.	AD	-0.015	0.5666666667	56.67%
10.	AC	-0.0075	0.6333333333	63.3%
11.	AB	0.0225	0.7	70%
12.	BC	0.0775	0.7666666667	76.67%
13.	DE	0.1	0.8333333333	83.3%
14.	CE	0.1675	0.9	90%
15. (störst)	D	0.5925	0.9666666667	96.67%

När vi slutligen fyller i vår normalfördelningsplot får vi följande resultat:



Från den ifyllda normalfördelningsplotten kan vi se att det är 3 effekter som är signifikanta:

Faktor	Effekt(x)
C	-0.19
E	-0.185
D	0.5925

2 av faktorerna, C och E minskar flygtiden för helikoptern. Den sista faktorn D ökar flygtiden för helikoptern. Från tidigare vet vi att de olika faktorerna betyder:

Faktor	-	+
C	8cm lång helikopter	13 cm lång helikopter
D	8cm långa vingar	13 cm långa vingar
E	inget gem på helikopterns svans	gem på helikopterns svans

Detta betyder att längre svans på helikoptern minskade flygtiden medan längre vingar ökade flygtiden och slutligen att gem på helikopterns svans minskade flygtiden.

En möjlig orsak till att längre vingar på helikoptern ökade flygtiden är för att de ger helikoptern mer exponering mot luften underifrån. Detta gör att helikoptern får mer luft på sina vingar och kan stanna längre i luften.

4. Diskussion och Analys

4.1 Felkällor

1. En möjlig felkälla var att helikoptern inte släpptes från en tillräckligt hög höjd. Exempelvis, om alla helikoptrar hade släppts från höjden 10 cm, så hade alla helikoptrar träffat marken samtidigt, trots att vissa helikoptrar kanske hade stannat mycket längre i luften om de hade släppts från en högre höjd. Detta eftersom helikoptern måste ges höjd/utrymme för att börja rotera och komma igång med sin flygprocess som får den att stanna längre i luften. Vi valde höjden 2.3 m eftersom det var det bästa vi kunde göra inomhus i hemmet. En förbättring hade kunnat vara att göra det inomhus men i hus Jupiter där man kan släppa helikoptern från mycket högre höjder.

2. En annan felkälla kan vara att man trycker på tidtagaren innan eller efter att helikoptern släpptes eller nuddade marken. Detta gör att den beräknade tiden för helikoptern att nudda marken blir lite fel.

3. En tredje felkälla kan vara att längre svans påverkade helikopterns flygtid som negativt. Detta kan ha varit på grund av att helikoptern nuddar marken snabbare om den har en längre svans, istället för att den faktiskt flyger bättre. Detta vet vi inte eftersom vi släppte helikoptern från en lägre höjd (2.3m).

4. En fjärde felkälla kan vara att gem på helikopterns svans påverkar helikopterns flygtid negativt. Detta har vi svårt att tro kan stämma eftersom våra observationer under försöken var att gem på helikopterns svans hjälpte helikopterns vingar att rotera bättre. Utan gem så "ramlade" helikoptern många gånger i luften. Detta kan vara på grund av tyngden från gemet. Det gör att propellrarna snurrar ännu fortare vilket resulterar i längre lufttid. Anledningen till att vår analys visade att gem påverkar helikopterns flygtid negativt kan vara för att den på kort sikt (låga höjder) påverkar flygtiden negativt eftersom helikoptern blir tyngre och ramlar snabbare. Men på lång sikt, om man släpper helikoptern från en högre höjd (+5m) så påverkar den möjligtvis helikopterns flygtid positivt eftersom helikopterns vingar roterar bättre.

4.2 Slutsatser

De effekter som påverkade helikopterns flygtid positivt var om helikoptern hade långa vingar. Vår analys visar även att lång svans på helikoptern påverkar flygtiden negativt. Därför borde helikoptern ha långa vingar(13cm) och kort svans(8cm). En tredje faktor som påverkade helikopterns flygtid negativt var om den hade gem på svansen. Dock så misstänker vi starkt att det ligger en felkälla i det resultatet, då vi under våra observationer såg att gem på svansen hjälpte helikopterns vingar att rotera snabbare och bättre samt att helikoptern flera gånger “ramlade” i luften om den inte hade gem på svansen. Därför kommer vi inte rekommendera att man tar bort gem från helikopterns svans.

Vår slutsats är därför att för att få en helikopter som stannar så länge som möjligt i luften bör den **ha gem på svansen** och **långa vingar** och **kort svans**. Om helikoptern har **tejp** på vingarna är oväsentligt för flygtiden. Därmed har vi på Cellulose Aerodynamics Systems(CAS) bestämt att tillägga dessa egenskaper till våra framtida produkter och blir den standardiserade modellen för pappershelikoptern från vårt företag. Syftet med rapporten har uppfyllts.