

Prosjekt i TMA4260
Industriell Statistikk

Skrevet av

Kristian Stormark og Achim Sanjay Manikarnika

14. november 2003

Innholdsfortegnelse

1 Problemstilling.....	3
1.1 Valg av forsøk.....	3
2 Valg av faktorer og nivåer.....	3
2.1 Merke.....	3
2.2 Ballong- fasong.....	3
2.3 Vanntemperatur.....	3
2.4 Fyllingsrate.....	3
2.5 Zalo Ultra™- tilsetning.....	4
2.6 Samspill.....	4
2.7 Valg av nivåer.....	4
3 Valg av responsvariabel.....	4
3.1 Måling av respons.....	4
3.2 Nøyaktighet.....	5
4 Valg av design.....	5
5 Gjennomføring av forsøk.....	5
5.1 Utførelse.....	5
5.2 Problemer.....	5
5.3 Feil.....	6
6 Analyse av data.....	6
6.1 Hovedeffekter og samspill.....	6
6.2 Residualer.....	6
6.3 Varians.....	6
7 Konklusjon.....	7
Tillegg: Tabeller, Figurer	

1. Problemstilling.

1.1 Valg av forsøk

Vi har valgt å studere hvordan man kan fylle en ballong med mest mulig vann. Ved å prøve ut forskjellige teknikker og variere diverse faktorer håper vi å kunne finne ut hva slags ballonger som egner seg best. Vi vil også prøve å finne den beste måten å fylle ballongene på. (Den praktiske verdien av forsøket kan bli til stor nytte for King of Moholt ettersom han ønsker å ha mest mulig vann i ballongene før han smeller den i hodet på ofrene sine.)

2. Valg av faktorer og nivåer

2.1 Merke

Det kan veldig godt tenkes at det er forskjell på ballongene til de ulike ballong-produsentene. Kravet til å drive effektivt og med størst mulig fortjeneste vil mest sannsynlig ha ført til at produksjonskostnadene er forsøkt minimert fra produsentens side, og da muligens også ved å redusere mengden og kvaliteten på råvarene som er brukt, som i vårt tilfelle er gummi. Sannsynligvis vil kvaliteten på ballongene som blir levert forbrukerne variere, da ballong-bransjen trolig i mindre grad er utsatt for jevnlig kvalitetskontroll. (Dette forsøket kan derfor sies å slå et slag for barn i alle aldre som til nå har vært hjelpeløse og rådvile ofre for de kapitalistiske kreftene som fram til i dag har dominert ballong-industrien.) Vi kommer her til å sammenligne ballonger fra to ulike produsenter.

2.2 Ballong-fasong

Vi vil bruke to forskjellige ballong-fasonger, en av den runde typen og en av den avlange typen, for å se om dette har noen innvirkning på resultatet. Fra tidligere erfaring med ballonger (og for så vidt ved intuisjon) ville det overraske oss stort om begge fasongene generelt kan sies å romme samme volum.

2.3 Vanntemperatur

Vi vil prøve å se om vi kan få mer vann i ballongene ved å variere temperatur på vannet. Ved høy temperatur tror vi ballong-membranen blir mer elastisk, og derfor vil kunne tåle en større ekspansjon enn ved lav. Ettersom vi ikke har gode måleinstrumenter tilgjengelig vil vi ikke kunne måle selve temperaturen nøyaktig. Vi definerer derfor en høy temperatur ved å sette av et merke på kranen der vi regulerer varmen. Lav temperatur blir ved å sette kranen på det kaldeste. Disse temperaturene vil forhåpentlig holde seg rimelig konstant gjennom forsøket.

2.4 Fyllingsrate

Vi vil sjekke om det har noe å si hvor fort vi fyller ballongene. Ved å sette kranen på maksimalt vil det strømme vann raskere inn i ballongene. Lav fluks defineres ved å sette av et merke på kranen slik at vannet strømmer langsam.

2.5 Zalo Ultra™-tilsetning

En tilsetning av Zalo Ultra™ i ballongene vil bidra til å bryte overflatespenningen i vannet og vi vil sjekke om dette gir noe merkbart utslag på responsen.

2.6 Samspill

Allerede før selve gjennomførelsen av forsøket er det en fordel å ha en viss formening om resultatet. Vi tror det kan være samspill mellom enkelte av faktorene, men vi anser det som trolig at samspillet av orden 3 og høyere kan neglisjeres. Dette vil igjen føre til at vi kan redusere antall forsøk som må gjennomføres for å estimere de forskjellige effektene. Et tenkelig samspill er ballong-merke og ballong-fasong. Vi tror også at vanntemperatur og fyllingsrate kan ha samspill. Når vann med høy temperatur fylles sakte vil gummiene få bedre tid til å absorbere varmen, og dermed bli enda mer elastisk enn ved rask fylling. I dette forsøket tror vi likevel at det er hovedeffektene som blir avgjørende.

2.7 Valg av nivåer

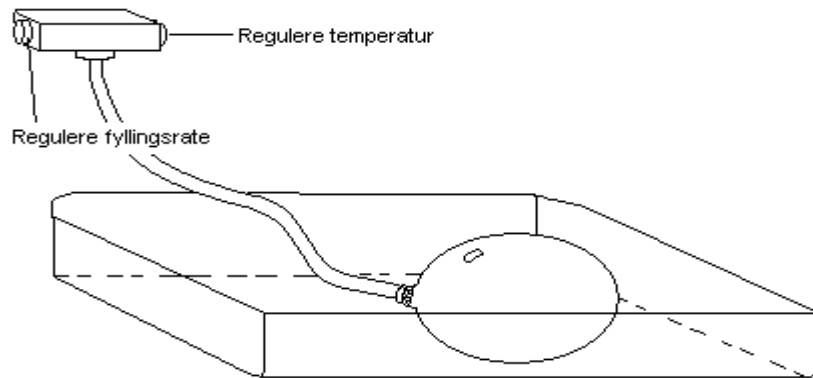
De fleste av variablene vi har valgt, kan velges med flere nivåer enn det vi har beskrevet, men for å gjøre prosjektet greit å gjennomføre har vi valgt nivåene slik at det er forholdsvis enkelt å skille mellom dem. De definerte nivåene tilfredsstiller da videre kravene til et 2^k -design. Forsøket er uansett ikke ment å resultere i spesifikk kjennskap til de beste betingelsene for vannballong-fylling, men mer som et grunnlag for en slik prosess. (Vi mener da også at optimal fylling av vannballonger er en kunstgren som ikke kan perfektioneres utelukkende fra et teoretisk ståsted, men at det i tillegg kreves betydelig hands-on-experience og en case-to-case ballong-intuisjon som kun kan tilegnes ved å gjøre ballong-fyllingen til en *livsstil*. ;) Derimot vil vårt to-nivå forsøk forhåpentligvis påpeke den grunnleggende sammenhengen mellom de faktorene vi tar for oss her og responsen.

3. Valg av responsvariabel

Som mål for hvor mye vann ballongene rommer i de ulike fyllingsutførelsene bruker vi mengden av vann som er i ballongen ved sprekk.

3.1 Måling av respons

I hvert forsøk kobles ballongen til dusjslangen og plasseres i en beholder m/lokk. Se figur.



Vannstrømmen ble umiddelbart stanset da vi hørte (det øredøvende!) smellet i det ballongen sprakk. Vannet ble så målt og rundet av til nærmeste desiliter. Etter hvert forsøk ble beholderen snudd slik at mesteparten av vannet ble tømt ut. Ved bytting mellom varmt og kaldt lot vi også vannet renne en god stund slik at temperaturen jevnet seg ut. På denne måten ble forsøkene gjort så uavhengig som mulig.

3.2 Nøyaktighet

Alle forsøkene ble utført på samme måte, det vil si hver person gjorde de samme oppgavene gjennom alle forsøkene. Vi brukte en bøtte og tappet av vann til nærmeste liter. Resten av vannet ble målt i et desiliterspann og rundet av til nærmeste hele desiliter, slik at nøyaktigheten til målingene antas å være ± 0.5 dl

4. Valg av design

Vi har 5 faktorer vi ønsker å undersøke, og videre ønsker vi å utføre et gjentak av alle enkeltforsøkene for å kunne si noe om den "naturlige" variansen i forsøket. Av økonomiske grunner kommer vi ikke til å gjennomføre $2 \cdot 2^5 = 64$ forsøk, som et fullverdig 2^k faktorielt forsøk da krever. I og med at vi antar at alle samspill av orden 3 og høyere kan neglisjeres kan vi velge et $\frac{1}{2}$ -fraksjonelt faktorielt design, slik at antall "run" blir $2 \cdot 2^{5-1} = 32$ forsøk. Dette vil da gi forsøket en resolusjon på V. Videre mener vi at forsøksbetingelsene er tilstrekkelig homogene, og det vil derfor ikke være nødvendig å blokkdele. Aliasstrukturene i designet er listet i *Tabell 2*.

5. Gjennomføring av forsøk

5.1 Utførelse

Vi satt opp designet i MiniTab, og lot programmet randomisere forsøksrekkefølgen for oss. Dette gjør at støy og eventuelle effekter av at forsøkene ikke er fullstendig uavhengige blir midlet bort.

Forsøket var planlagt nøye på forhånd og ble utført som beskrevet tidligere, men for å være sikre kjørte vi et par tester på prosedyrene først. Da fant vi blant annet fort ut at ballongene måtte festes til slangen for å unngå at de ”hoppet av” slangen underveis i fyllingen pga. av det økte vanntrykket inne i ballongen. Dette gjorde vi ved å stramme fiskesnøre rundt munnstykket på ballongen, slik at den ble holdt fast til slangen.

Videre passet vi på å skylle enden på slangen godt mellom hvert forsøk, slik at det ikke skulle bli transportert Zalo Ultra™ over i ballongene via slangen. (Som avslutning på prosjektet bygget vi en vannballong-felle på kjøkkenet vel verdig to ingeniør-emner av vårt kaliber, til glede og forlystelse for oss, men til skrekk og gru for det utvalgte offeret!)

5.2 Problemer

Utførselen av forsøkene gikk rimelig smertefritt, men et lite problem som vi ble oppmerksom på var at klokken syv på en lørdagskveld ikke var det beste tidspunktet å utføre forsøk av denne arten. Dette på grunn av den store aktiviteten på badet hvor vi utførte forsøket i. Etter et par uforutsette avbrytelser i forsøket, dvs. når dusjen altså igjen var ledig, mente vi å kunne merke en liten forskjell i vanntemperaturen på den innstillingen vi hadde satt for varmt vann. Men da denne virket forholdsvis moderat valgte vi å ikke ta hensyn til dette.

5.3 Feil

Ved å bruke ½-fraksjonelt faktorielt design med resolusjon V vil 4. ordens samspill konfundes med hovedeffektene, og 3. ordens samspill konfundes med 2. ordens samspill. Vi kan derfor ikke si noe om hvor mye av hovedeffektene som kommer fra eventuelle 4. ordens samspill. Det vil si at dersom antagelsen om neglisjerbarheten til 3.- og høyere ordens samspill er feil, så er effektene forskjellig fra det vi ser av utskriften.

6. Analyse av dataene

De 32 ulike enkeltforsøkene er vist med gjeldende status for hver faktor og med tilhørende respons i *Tabell 1*.

Vi brukte MiniTab til å utføre en ½-fraksjonell faktoriell analyse på signifikansnivå $\alpha = 0.1$, hvor vi da spesifiserte at vi kun ønsket å betrakte effekter av orden lavere enn 3 i henhold til de gjorte antagelsene våre fra forsøksplanleggingen. De kvantitative analyseresultatene fra MiniTab er listet i *Tabell 3* og *Tabell 4*, mens grafiske fremstillinger kan ses i *Figur 1–6*.

6.1 Hovedeffekter og samspill

Analysen viser at de hovedeffektene som er signifikante på valgt nivå er ballong-fasong, vanntemperatur og Zalo-tilsetning, og da med effekter på henholdsvis 38.6, 15.0 og -10.1, jfr. *Tabell 3*. Dette betyr altså at ballonger av den runde typen generelt rommer mer enn de av den avlange typen, noe som var forventet. Også de andre to effektene var som antatt på forhånd, og resultatet virker plausibelt i henhold til elastisitet- og kjemisk-bindingslære fra fysikken, da varmt vann økte kapasiteten til ballongene, mens zalo-tilsetningen minket denne.

Men disse hovedeffektene kan i dette tilfellet ikke tolkes utelukkende separat, da de alle tre inngår i signifikante 2.ordens samspill. Og analysen viste da også at det kun var et utvalg av samspillene hvor disse hovedeffektene inngikk som var signifikante på valgt nivå; samspillet fasong/temperatur og samspillet merke/Zalo, med effekter på henholdsvis 11.0 og -6.9. De signifikante variabelenes betydning for responsen tolkes derfor best ut i fra interaksjons-skjemaene i *Figur 5-6*.

6.2 Residualer

Som illustrert på *Figur 4* sannsynliggjorde analyseresultatene antagelsen om at den tilfeldige feilen i målingene var normalfordelt og uavhengig fra måling til måling.

Videre viste den tilsynelatende mønsterløsheten i plottet av residualer mot observasjonsrekkefølgen i *Figur 3* at vi klarte å holde forsøksbetingelsene tilstrekkelig homogene, og at det varmetapet i vannbeholderen pga. dusjing underveis i forsøk som vi mente å kunne erfare ikke hadde noen vesentlig effekt på resultatet.

6.3 Varians

Ettersom vi utførte ett gjentak av alle enkeltforsøkene hadde vi nok frihetsgrader til å estimere den naturlige variansen i målingene våre. Vi lot Minitab utføre en variansanalyse, og som vist i *Tabell 4* var det 16 frihetsgrader tilgjengelige til bruk i estimeringen, noe som tilsier god presisjon. Den estimerte variansen ble $\sqrt{9.8} \approx 9.97$, og da med enhet dl. Denne størrelsen betraktet vi som tilfredsstillende, og for så vidt rimelig med hensyn på den anslåtte feilen i selve målingene våre på 0.5 dl. P-verdiene i variansanalysetabellen, som er det kvantitative målet på i hvor stor grad resultatene kan forklares med den oppsatte modellen *uten* bruk av den estimerte variansen, var også tiltalende lave på nivå $\alpha=0.1$. Både hovedeffektene og 2. ordens samspillene viste seg da som svært signifikante, med p-verdier på henholdsvis 0.000 og 0.009 som vist i *Tabell 4*.

7. Konklusjon

Resultatene fra forsøket har vist at på våre valgte nivåer var valg av en rund ballong-type og bruk av varmt, rent vann det som var avgjørende for å få mest mulig vann inn i ballongene. Videre så vi også at temperaturavhengigheten ikke var like dominerende for de avlange ballongene som for de runde. Dette var for så vidt rimelig som forventet, mens samspillet Zalo/Merke hadde vi ikke forutsett. Muligens skyldes dette samspillet ulik kjemiske forhold i selve ballong-materialet hos de forskjellige merkene. Ellers klarte vi ikke å påvise noen betydelig effekt ved valg av merke alene, som vi på forhånd ville trodd, og heller ikke samspillet Fasong/Merke var utslagsgivende på vårt nivå. Likevel er vi mer enn fornøyde med å ha påvist tre signifikante hovedeffekter og to 2.ordens samspill. (Til slutt vil vi rette en stor takk til Zalo Ultra™ for den skinnende glansen og rene flisene som ble etterlatt i dusjen på Moholt etter at forsøket var utført!)