



Skapat av (Efternamn, Förnamn, org) Lundkvist, Peder, Licab AB	DokumentID Handledning Statistisk försöksplanering	Ev. ärendenummer
Fastställt av Söderholm, Peter, UH	Dokumentdatum 2018-08-15	Version 1.0
Dokumenttitel Handledning Statistisk försöksplanering		

Sammanfattning

Handledningen syftar till att beskriva hur statistisk försöksplanering kan tillämpas som ett strukturerat arbetssätt vid planering, genomförande och utvärdering av experiment inom Trafikverkets verksamhet. Förutom en effektiv användning av tillgängliga resurser möjliggör detta arbetssätt en ändamålsenlig identifiering av signifikanta korrelationer och kausalitet som kan användas för etablering av effektsamband.



DokumentID	Version
Handledning Statistisk försöksplanering	1.0

Innehållsförteckning

1. Introduktion	3
2. Syfte	3
3. Omfattning.....	3
4. Ansvar	4
5. Arbetsgång.....	4
5.1. Mål och avgränsningar	4
5.2. Relevant bakgrund.....	4
5.3. Responsvariabler	4
5.4. Försöksfaktorer.....	4
5.5. Konstanthållna faktorer	5
5.6. Störfaktorer.....	5
5.7. Samspelseffekter.....	6
5.8. Begränsningar.....	6
5.9. Försöksupplägg	7
5.10. Provförsök	7
5.11. Resultat	7
5.12. Analys och diskussion	7
5.13. Fortsatta studier	7
6. Referenser.....	7
7. Ändringslogg	8

DokumentID	Version
Handledning Statistisk försöksplanering	1.0

1. Introduktion

Vid förändringar av arbetssätt eller teknik i transportinfrastrukturen kan det vara en utmaning att mäta vilka effekter som erhålls. Detta beror på att infrastrukturen är komplex och påverkas av en mängd faktorer som väder, klimat, trafik och markförhållanden. Samtidigt består infrastrukturen av en kombination av ny och gammal teknik med olika tidpunkter och genomförande för byggnation, installation, drift och underhåll. Allt detta ger upphov till variation som måste kunna hanteras på ett systematiskt sätt.

En grund i förvaltningen av infrastrukturen är underhållsprogrammet som anger hur anläggningen ska underhållas. Delar av underhållsprogrammet för järnvägsanläggningen återfinns i regelverket för säkerhets- respektive underhållsbesiktning. I dokumentet för säkerhetsbesiktning används hastighet och tonnage som två faktorer för att upprätta besiktningsskyltar som anger hur ofta olika delar av anläggningen ska besiktas. Det står även att besiktningsskyltarna kan justeras utifrån lokala förutsättningar, i likhet med de som anges i föregående stycke. Hur denna anpassning ska göras framgår dock inte.

För att förbättra underhållet och ta tillvara de möjligheter som ny teknik erbjuder behöver underhållsprogrammet bli mer dynamiskt. Utöver detta krävs ett systematiskt arbetssätt för att kunna utvärdera effekten av förändringar i underhållsprogrammet.

Att utföra komplexa experiment kräver noggrann planering där även det som kan tyckas vara detaljer ges uppmärksamhet. Ett experiment börjar med en idé och går sedan vidare genom en process med planering, genomförande och utvärdering.

2. Syfte

Syftet med statistisk försöksplanering är att resurser som krävs används på ett effektivt sätt samtidigt som resultatet är ändamålsenligt med avseende på identifieringen av skillnader mellan olika alternativ.

Genom att följa punkterna under rubriken "Arbetsgång" nedan systematiseras planeringen, utförandet och utvärderingen av ett nytt experiment, där handledningen till stor del baserad på artikeln "A Systematic Approach to Planning for a Designed Industrial Experiment" av Coleman & Montgomery (1993).

3. Omfattning

Denna handledning kan användas som ett systematiskt sätt för att genomföra förändringar i regelverket avseende underhållsprogram kopplat till olika infrastruktursystem i anläggningen. Dessa förändringar kan vara:

- en anpassning av underhållsintervall utifrån t.ex. drift-, miljö-, klimat- och anläggningsfaktorer.
- en tillämpning av ny teknik för genomförande av underhållsåtgärder.

Planering och analys kan med fördel genomföras med stöd av olika statistiska program (t.ex. Minitab) som har funktionalitet för statistisk försöksplanering. Här går det även att via hjälpfunktionen få en fördjupad beskrivning av olika termer.

DokumentID	Version
Handledning Statistisk försöksplanering	1.0

4. Ansvar

Dokumentation baserad på denna handledning ingår i regelverket för respektive system och ingår i relaterat förvaltningsansvar. Processansvarig tillser att denna handledning är uppdaterad och aktuell.

5. Arbetsgång

Nedan beskriv den arbetsgång som tillämpas. Även om beskrivningen är sekventiell så kan genomförandet vara iterativt. Förslagsvis används tillgänglig mall (TMALL 0979).

5.1. Mål och avgränsningar

Ange det övergripande målet med experimentet, vilket bör vara "fördomsfritt", mätbart och ha praktisk betydelse. Ange även eventuella avgränsningar och orsaken till dem.

5.2. Relevant bakgrund

Ange relevant bakgrund för experimentet. Exempelvis teoretiska samband, expertkunskaper och om det finns erfarenheter från tidigare experiment. Ange även vilka som är involverade i experimentet inklusive namn, företag, befattning, ansvarsroll i experimentet, telefonnummer och e-postadress.

5.3. Responsvariabler

Ange och specificera responsvariablerna genom att fylla i Tabell 1. En bra responsvariabel bör:

- vara kontinuerlig (t.ex. temperatur) eftersom en kontinuerlig variabel bär på mer variation än en binär variabel eller en variabel med ordinalskala.
- mätas i lämpliga enheter.
- ha ett mål (t.ex. ett specifikt värde, minimera/maximera).
- inte innebära förstörande mätning så att upprepade mätningar kan utföras.
- inte ligga nära en naturlig gräns (t.ex. kan det vara svårt att skilja mellan ett utbyte på 99,6 % och 99,8 %).
- har konstant varians sett över hela experimentområdet.

Tabell 1. Lista över responsvariabler.

Responsvariabel (enhet)	Normal driftnivå (nivå och variation)	Mätprecision (mätutrustning)	Tydliggör samband mellan respons och experimentets mål

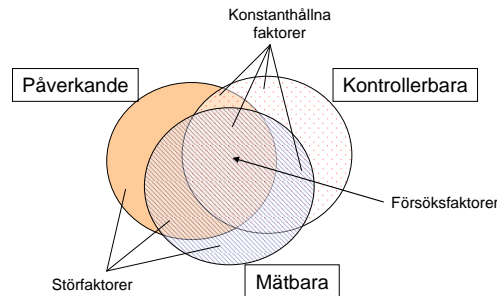
5.4. Försöksfaktorer

Ange och specificera försöksfaktorerna genom att fylla i Tabell 2. När potentiella försöksfaktorer diskuteras kan det vara bra att ta ett Venndiagram till hjälp, se Figur 1. När försöksfaktorer väljs bör konstanta och störfaktorer identifieras. En beskrivning av Venndiagrammet nedan är att:

- försöksfaktorer är mätbara, styrbara och tros ha (stor) påverkan på responserna.

DokumentID	Version
Handledning Statistisk försöksplanering	1.0

- konstanthållna faktorer är möjliga att styra.
- störfaktorer styrs ej (antingen på grund av att de inte går att styra eller på grund av att man tillåter dem att variera).



Figur 1. Venndiagram som beskriver att försöksfaktorer bör hämtas ur den delmängd av potentiella faktorer som är påverkande, mätbara och kontrollerbara under ett experiment (Coleman & Montgomery, 1993).

Tabell 2. Lista över försöksfaktorer.

Försöksfaktor (enhet)	Normal driftnivå (nivå och variation)	Mätprecision (mätutrustning)	Föreslagna nivåval baserad på förutspådd effekt	Förutsedd effekt

5.5. Konstanthållna faktorer

Ange och specificera eventuella konstanthållna faktorer genom att fylla i Tabell 3. Konstanthållna faktorer är styrbara faktorer vars effekter inte är av intresse i experimentet. Ett vanligt tankesätt är exempelvis följande: "I detta experiment vill vi undersöka effekten av försöksfaktor A, B och C på responserna y_1 och y_2 . Alla andra styrbara faktorer ska vi försöka hålla konstanta på deras nominella nivå. Vi vill inte ha irrelevanta faktorer som förvränger resultaten".

Tabell 3. Lista över konstanthållna faktorer.

Konstanthållen faktor (enhet)	Önskvärd nivå och tillåten variation	Mätprecision (mätutrustning)	Hur hålls faktorn konstant?	Förutsedd effekt (om störfaktor)

5.6. Störfaktorer

Ange och specificera eventuella störfaktorer genom att fylla i Tabell 4. Störfaktorer är inte styrbara och heller inte av primärt intresse i experimentet. Störfaktorerna skiljer sig från konstanthållna faktorer på det sätt att det inte är möjligt att ställa in faktorerna på en konstant nivå under hela experimentet. Om nivån hos störfaktorerna kan styras till vissa värden under delar av experimentet kan strategier som randomisering och blockning vara lämpliga. Om nivån hos störfaktorerna inte kan styras alls blir

DokumentID	Version
Handledning Statistisk försöksplanering	1.0

störfaktorn ett kovariat i analysen. Om en störfaktor inte är mätbar men tros ha stor påverkan på responsvariablerna så kan störfaktorn också kallas för en riskfaktor.

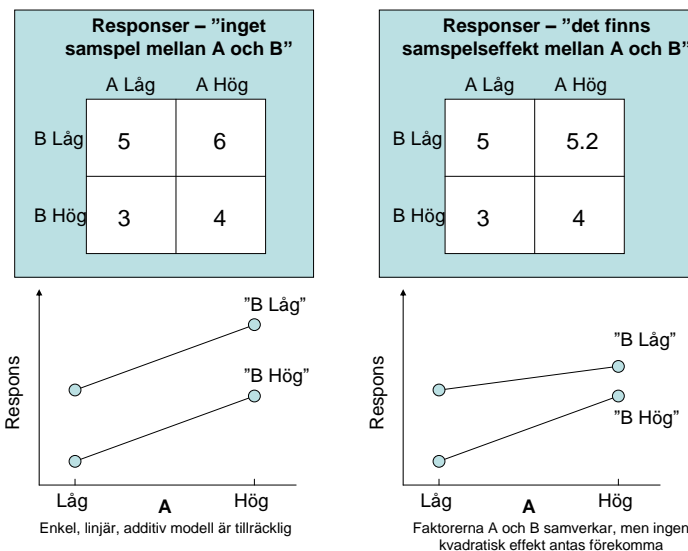
Tabell 4. Lista över störfaktorer.

Störfaktor (enhet)	Mätprecision (mätutrustning)	Strategi för att motverka påverkan (ex. randomisering, blockning etc.)	Förutsedd effekt

5.7. Samspelseffekter

Ange eventuella samspelseffekter. Begreppet samspelseffekter (och även samspelsfaktorer) är tyvärr inte helt självförklarande. Att i förväg försöka förutse vilka samspel som kan finnas mellan försöksfaktorer är viktigt för att längre fram kunna välja en lämplig försöksplan (framförallt när det gäller valet av upplösning för reducerade försöksplaner).

Figur 2 förklarar hur samspelseffekter kan uppträda och se ut. Samspelseffekter gör att ”effekten (förändringen av responsen) när vi förändrar våra försöksfaktorer inte kan tolkas oberoende av varandra eftersom effekten av att öka en försöksfaktor beror på inställningen på en eller flera andra försöksfaktorer”.



Figur 2. Samspelseffekter, där påvisad samspelseffekt indikeras genom att linjerna i den högra figuren inte är parallella (Coleman & Montgomery, 1993).

5.8. Begränsningar

Ange eventuella begränsningar. I denna del av planeringen handlar om att försöka ge uppmärksamhet till detaljer, vilket ofta påverkar om ett försök blir lyckat eller inte. Teoretiskt optimalt planerade experiment och praktiskt genomförbara experiment är ofta två skilda saker. Det är ofta olika typer av begränsningar som gör skillnaden mellan teori och praktik. En begränsning som inte tas hänsyn till i planeringen av ett försök kan innebära att resultaten av ett, i övrigt, välplanerat försök blir värdelösa. Några exempel på begränsningar av ett experiment är:

- Svårigheter och kostnader förknippade med att förändra nivåer hos försöksfaktorer.



DokumentID	Version
Handledning Statistisk försöksplanering	1.0

- Datainsamlingsmetoder.
- Hur länge en viss typ av råmaterial varar.
- Gränser för hur mycket det går att randomisera.
- Irrelevanta experimentregioner.

5.9. Försöksupplägg

Ange försöksdesign (ex. 2^k -försök, randomisering, blockning etc.) och specificera försöksinställningarna genom att fylla i Tabell 5. Använd gärna figurer eller matriser för att åskådliggöra försökets upplägg.

Tabell 4. Lista över försöksinställningar.

Försöksfaktor (enhet)	Försöksinställning för respektive nivå	
	Låg nivå (-)	Hög nivå (+)

5.10. Provförsök

Kommer provförsök att användas? Om ja, beskriv hur detta går till. Om nej, beskriv varför det inte används.

5.11. Resultat

Sammanställ resultaten från experimentet.

5.12. Analys och diskussion

Analysera och diskutera resultaten samt svara om och hur det uppfyller syftet med experimentet.

5.13. Fortsatta studier

Ange förslag till fortsatta studier.

6. Referenser

Coleman, D. E., & Montgomery, D. C. (1993). A Systematic Approach to Planning for a Designed Industrial Experiment. *Technometrics*, 12.



DokumentID	Version
Handledning Statistisk försöksplanering	1.0

7. Ändringslogg

Fastställd version	Dokumentdatum	Ändring	Namn
1.0	2018-08-15	Version 1	Lundkvist, Peder, Licab AB Söderholm, Peter, UH