

Våren 2005

TMA4275 LEVETIDSANALYSE

Bo Lindqvist

Institutt for matematiske fag

NTNU

bo@math.ntnu.no

<http://www.math.ntnu.no/~bo/>

1

MÅL

Etter dette kurset skal du

- ha kjennskap til de vanligste begreper og fordelinger fra levetidsmodellering
- kunne bruke grafiske metoder for beskrivelse og sammenligning av levetidsdata
- kunne bruke statistiske metoder for statistisk inferens (estimering, konfidensintervall, hypotesetesting) i levetidsdata
- kunne analysere levetidsdata ved hjelp av dataprogram (MINITAB)

2

Om faget

Faget skal gi en innføring i stokastiske modeller og statistiske metoder for bruk i levetidsanalyse, i hovedsak med henblikk på anvendelser i pålitelighetsanalyse. Anvendelser i medisin vil også være omfattet av faget.

Undervisningen bygger på TMA 4240/TMA 4245 (SIF5060/SIF5062) STATISTIKK eller tilsvarende kunnskaper. Det vil være en fordel å ha tatt minst ett av emnene TMA 4260 (SIF5068) INDUSTRIELL STATISTIKK, TMA 4255 (SIF5066) FØRSØKSPLANLEGGING OG ANVENDTE STATISTISKE METODER, eller TPK 4120 (SIO3020) INDUSTRIELL SIKKERHET OG PÅLITELIGHET.

For studenter ved linjen for fysikk og matematikk, studieretning for industriell matematikk, vil faget danne grunnlag for prosjektoppgaver i temaet "Teknisk og medisinsk levetidsmodellering" under fordypningsprosjektet TMA 4700. Relevante fag vil her i tillegg være TMA 4265 (SIF5072) Stokastiske prosesser, TMA 4275 Levetidsanalyse, TMA 4295 (SIF5084) Statistisk inferens. De som ønsker å gå i retning risiko- og pålitelighetsanalyse kan velge faget TPK 4120 Industriell sikkerhet og pålitelighet som kursdel i fordypningsprosjektet TMA 4700.

3

Innhold: Grunnleggende begreper i levetidsmodellering. Sensurerte observasjoner. Ikke-parametriske estimering og grafisk plottning for levetidsdata (Kaplan-Meier, Nelson-plott). Estimering og testing i parametriske levetidsfordelinger. Analyse av levetider med kovariater (Cox-regresjon, akselerert levetidstesting). Modellering og analyse av rekurrente hendelser. Ikke-homogen Poisson-prosedy. Nelson-Aalen estimatorer. Bayesiansk levetidsanalyse.

- Uketimer: Vår: $4F+1Ø+7S = 7,5$ SP
- Undervisningsform: Forelesninger og regneøvinger med bruk av datamaskin (MINITAB).
- Eksamen: Skriftlig.

Faglærer

Professor [Bo Lindqvist](#), rom 1129, Sentralbygg II. Tlf. (735)93532
Treffetid: Avtales.
Email: bo@math.ntnu.no

Øvingslærer

Stipendiat [Inge Christoffer Olsen](#), rom 1126, Sentralbygg II. Tlf. (735)91671
Treffetid: Avtales.
Email: Inge.Olsen@math.ntnu.no

Lærebok

Hovedkilden for pensum vil være boken Rausand & Høyland: System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications, 2nd Edition. Wiley 2004.

Alternativt kan du bruke den gamle utgaven av læreboken: Høyland & Rausand: System Reliability Theory: Models and Statistical Methods, Wiley 1994.

I tillegg vil det bli gitt ut notater/kopier om enkelte emner. Foiler fra forelesningen blir lagt ut på denne siden som pdf-filer.

Pensum

Fjorårets pensumliste finner du [her](#). En oppdatert versjon med forelesningsplan vil komme etter hvert.

Foreløpige tider for forelesninger

Mandag 10.15-12.00 i rom 1236, Sentralbygg II.
Fredag 10.15-12.00 i rom 1236, Sentralbygg II.

Diverse

Link til kurs i [levetidsanalyse](#) ved University of Tennessee.
Link til [Electronic Textbook StatSoft](#). Dette er en nett-lærebok i statistikk. Merk kapitlet om "Survival Analysis" som inneholder mye relevant informasjon for faget.
Link til [NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods](#). Kapittel 8 (se meny til venstre) om RELIABILITY inneholder en del relevante emner.

4

Referanser til lærebøkene Høyland og Rausand (H&R) og Rausand og Høyland (ny bok, R&H) og utdelt materiale finnes nedenfor.

Pensumlitteratur H&R	Pensumlitteratur R&H	Tema	Kommentar H&R	Kommentar R&H
2.1-2.4-2.7, 2.9-2.11, 2.14, 2.17	2.1-2.14, 2.17, 2.20	Sannsynlighetsfordelinger for levetider. Fundamentale begreper. Sentrale fordelinger. Viktige egenskaper.	I 2.14 er bare hovedresultater pensum.	I 2.17 er bare hovedresultater pensum.
Kap. 9 Notatet "Litt om eksponensialfordeling ..." (pdf-fil).	11.1-11.3, 11.5 Notatet "Litt om eksponensialfordeling ..." (pdf-fil)	Levetidsdata. Sensurering. Ikke-parametriske metoder. Plotting (TTT, Kaplan-Meier, Nelson)		
Kopier om parametriske metoder (pdf).	11.4 Kopier om parametriske metoder (pdf).	Parametrisk estimering og testing. Maximum likelihood. Informasjonsmatrise. Konfidensintervaller. Sannsynlighetsplott (MINITAB).		
Kap. 10. Kopier om regresjonsmodeller (pdf). Kopier om Cox-modeller etc. (pdf).	Kap. 12. Kopier om regresjonsmodeller (pdf). Kopier om Cox-modeller etc. (pdf).	Regresjonsmetoder. Kovariater. Weibull-regresjon. Cox-regresjon, kovariater. Akselerert levetidstesting.	Side 428 og ut kap. 10 er ikke pensum.	F.o.m. Example 12.2 side 532 og ut kap. 12 er ikke pensum
Kap. 7	Kap. 7	Punktprosesser. Rekurrense hendelser. Reparerbare systemer. Poisson-prosesser og fornyelsesprosesser. Modellering og statistisk analyse av data. Likelihood-metoder.	7.1, 7.2 unntatt f.o.m. midt på side 273. Bare utvalgte deler av 7.3 er forelest.	7.1 unntatt 7.1.3, 7.2 unntatt 7.2.6. Bare utvalgte deler av 7.3 er forelest.
Kap. 11	Kap. 13	Bayesiansk levetidsanalyse	Utvalgte deler av 11.1-11.4 er forelest.	Utvalgte deler av 13.1-13.4 er forelest.

5

PÅLITELIGHET

Vanlig teknisk definisjon av pålitelighet ("reliability"):

Sannsynligheten for at et system eller komponent vil utføre sin tiltenkte oppgave, under gitte operasjonsbetingelser, i en spesifisert tidsperiode

LEVETIDER

- Tid til feil for en komponent eller et system
- Antall sykler til brudd ved styrketesting/utmatting
- Tid til utskriving fra sykehus for person innlagt med bestemt sykdom

HVORFOR SAMLE OG ANALYSERE LEVETIDS/PÅLITELIGHETSDATA?

- Tallfeste påliteligheten til et system/komponent/produkt
- Sammenligne to eller flere produkter
- Predikere produktpålitelighet på designstadiet
- Predikere garantiutbetalinger for et produkt på markedet

6

SPESEIELLE ASPEKTER VED LEVETIDSANALYSE

- Definisjon av starttid og feilingstid er vanskelig
- Definisjon av tidsskala (operasjonstid, kalendertid, antall sykler)
- Sensurerte data (hva gjør vi med enheter som ikke har feilet i løpet av observasjonsperioden?)
- Effekt av eksterne påvirkninger
- Hva om enhet feiler av annen årsak enn den vi ønsker å studere? ("competing risks")
- Rekurrente hendelser – hva om systemet kan feile flere ganger, hva med tilbakefall av sykdom?

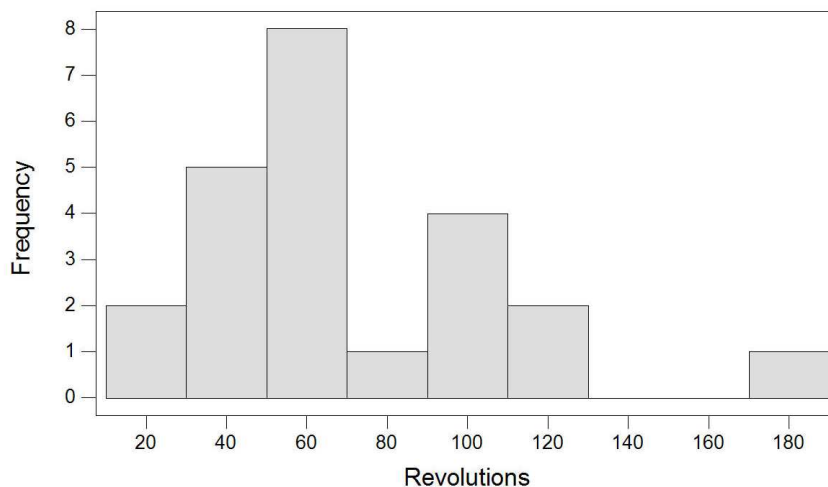
7

BALL BEARINGS FAILURE DATA

Data: Millioner av omdreininger til tretthetsfeil for 23 enheter

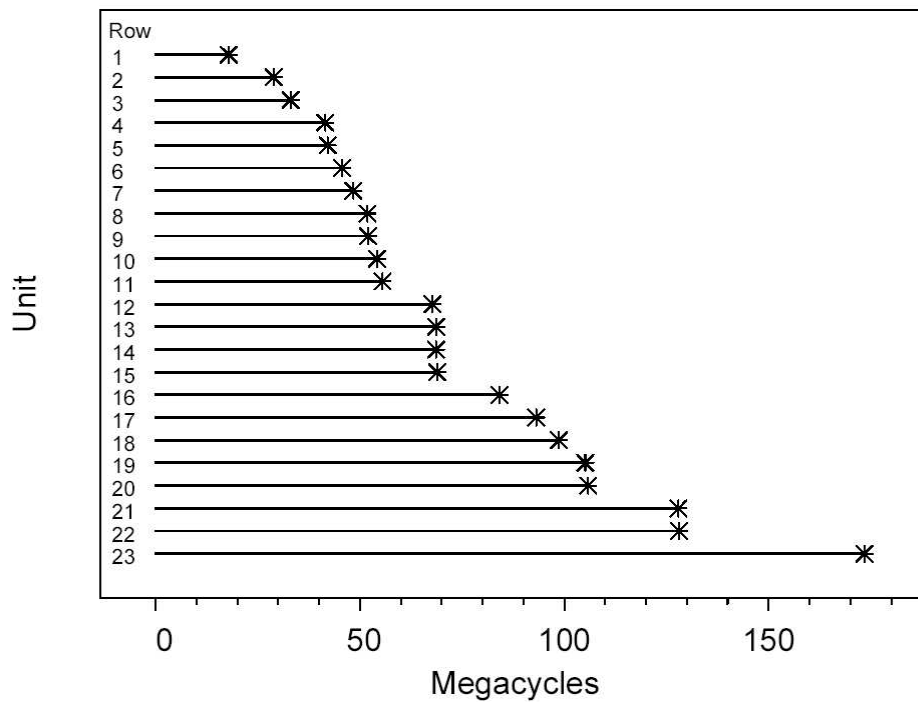
17,88	28,92	33,00	41,52	42,12	45,60	48,40	51,84
51,96	54,12	55,56	67,80	68,64	68,64	68,88	84,12
93,12	98,64	105,12	105,84	127,92	128,04	173,40	

Histogram of Revolutions



8

Lieblein and Zelen Ball Bearing Failure Data



9

re Tools

IC Data (Meeker, 1987)

- Integrated circuit failure times in hours
 - $n = 4156$ ICs tested for 1,370 hours at 80°C and 80% relative humidity
 - There were 28 failures
 - When the test ended at 1,370 hours, 4128 units were still running

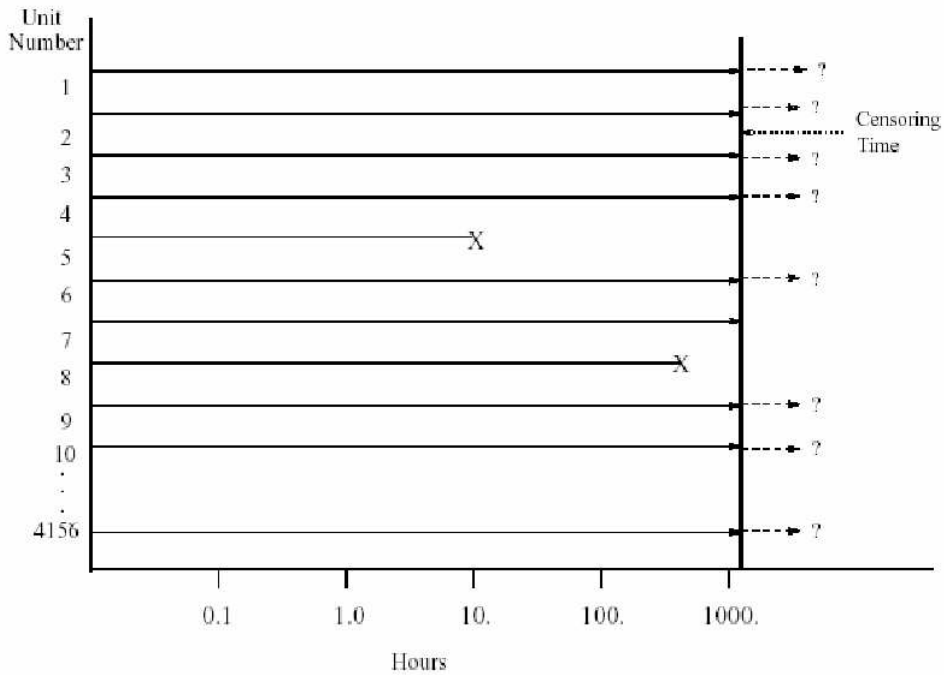
.10	.10	.15	.60	.80	.80
1.20	2.5	3.0	4.0	4.0	6.0
10.0	10.0	12.5	20.	20.	43.
43.	48.	48.	54.	74.	84.
94.	168.	263.	593.		

PROBLEMSTILLINGER

- Hvordan estimere fordelingen for feiltiden når det er sensurerte observasjoner?
- Sannsynlighet for feil før 100 timer?
- Sviktintensitet ved 100 timer?
- Andel feilet etter 10^5 timer?

10

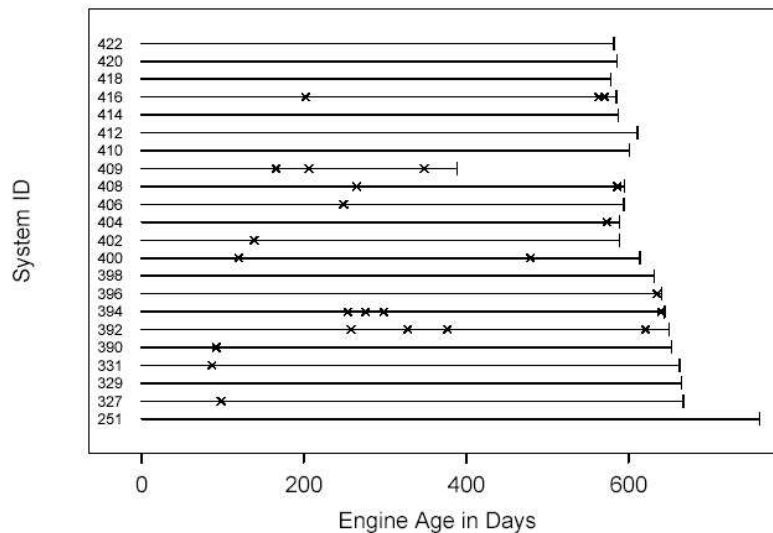
IC Data Failure Pattern



11

REKURRENTE HENDELSER/REPARERBARE SYSTEMER

Valve Seat Replacement Times Event Plot
(Nelson and Doganaksoy 1989)



12

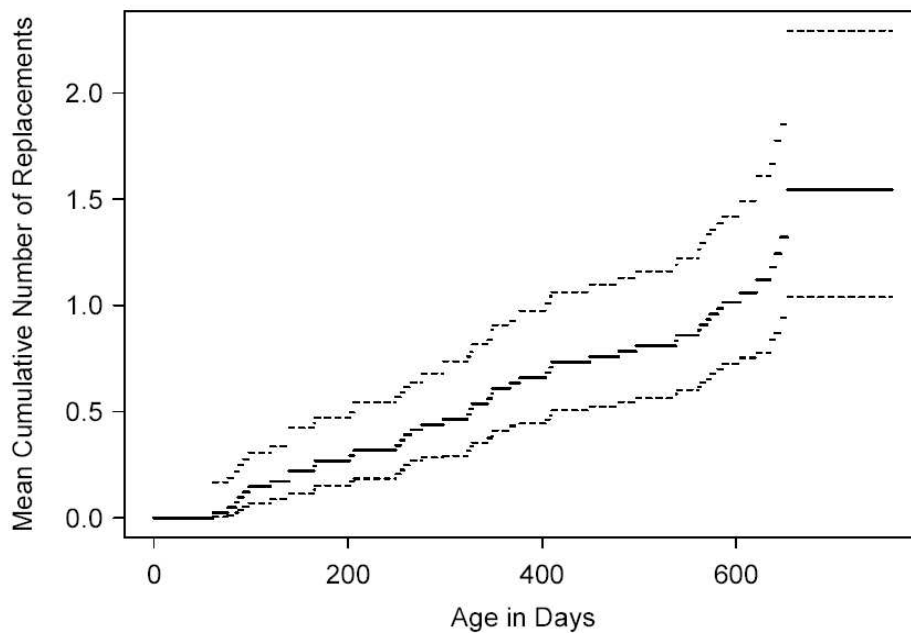
Valve Seat Replacement Times (Nelson and Doganaksoy 1989)

Data collected from valve seats from a fleet of 41 diesel engines (days of operation)

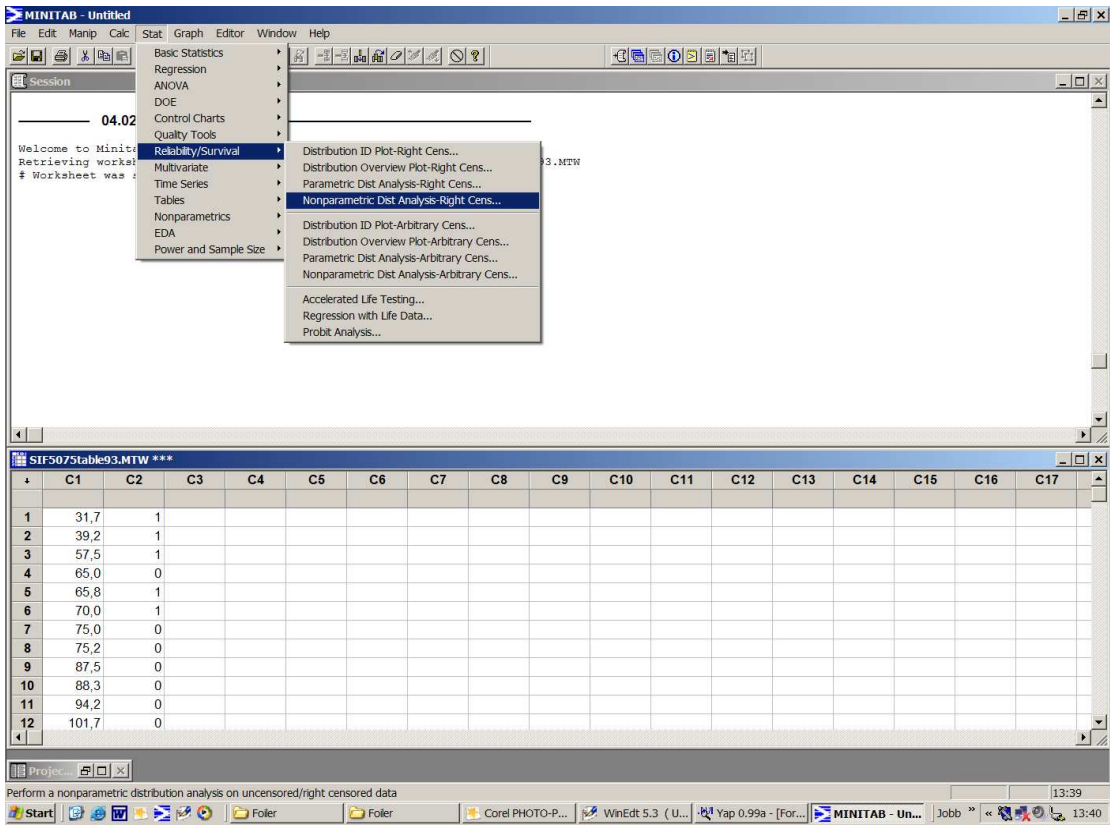
- Each engine has 16 valves
- Does the replacement rate increase with age?
- How many replacement valves will be needed in the future?
- Can valve life in these systems be modeled as a renewal process?

13

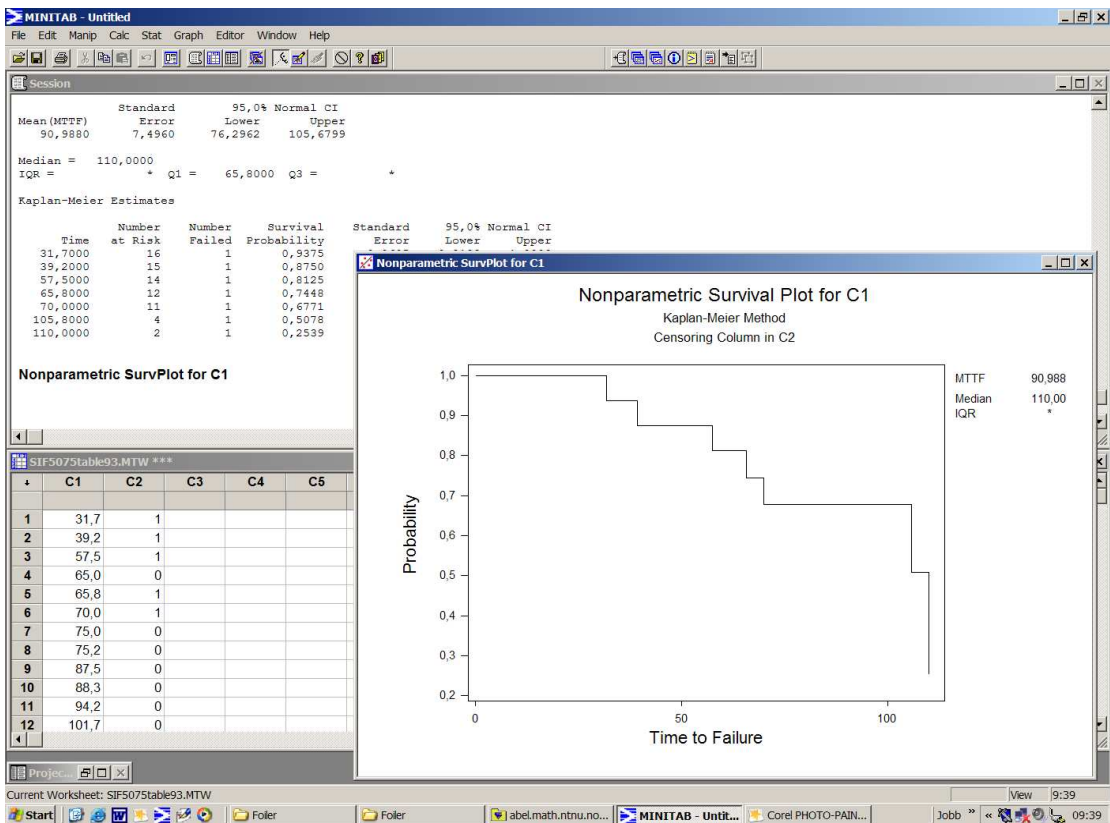
Estimate of Number of Valve Seat $\mu(t)$



14



15



16