



Ulf Sandberg

Professor i automatiseringsteknik
med inriktning mot tillförlitlighets- och underhållsteknik

0500-448580, ulf.sandberg@his.se

Mars 2014

Sveriges minsta högskola

- 400 anställda
- 18 professorer
- 4000 helårsstudenter

Institutionen för Ingenjörsvetenskap:

Datavetenskap

Automatiseringsteknik

Logistik

Maskinteknik

Materialvetenskap

Underhåll



CAMPUS



-  Skövdebostäders studentservice
Hornå Tångallén 4B
-  Skövdebostäders studentbostäder
-  Bankomat
-  P – allmän parkering
-  S – studentparkering
(bilstånd hämtas på studentbårens kanaler
eller i receptionen i hus G)
-  PG – personal- och gästparkering
(bilstånd för gäster hämtas i receptionen i hus G)
-  P-tillstånd lämnas ut av receptionen



Improved aircraft engine maintenance optimization using classification of On-Condition parts

Veronica Fornlöf, GKN Aerospace

“Next Generation CBM”

**- Cloud Based Predictive
Maintenance**

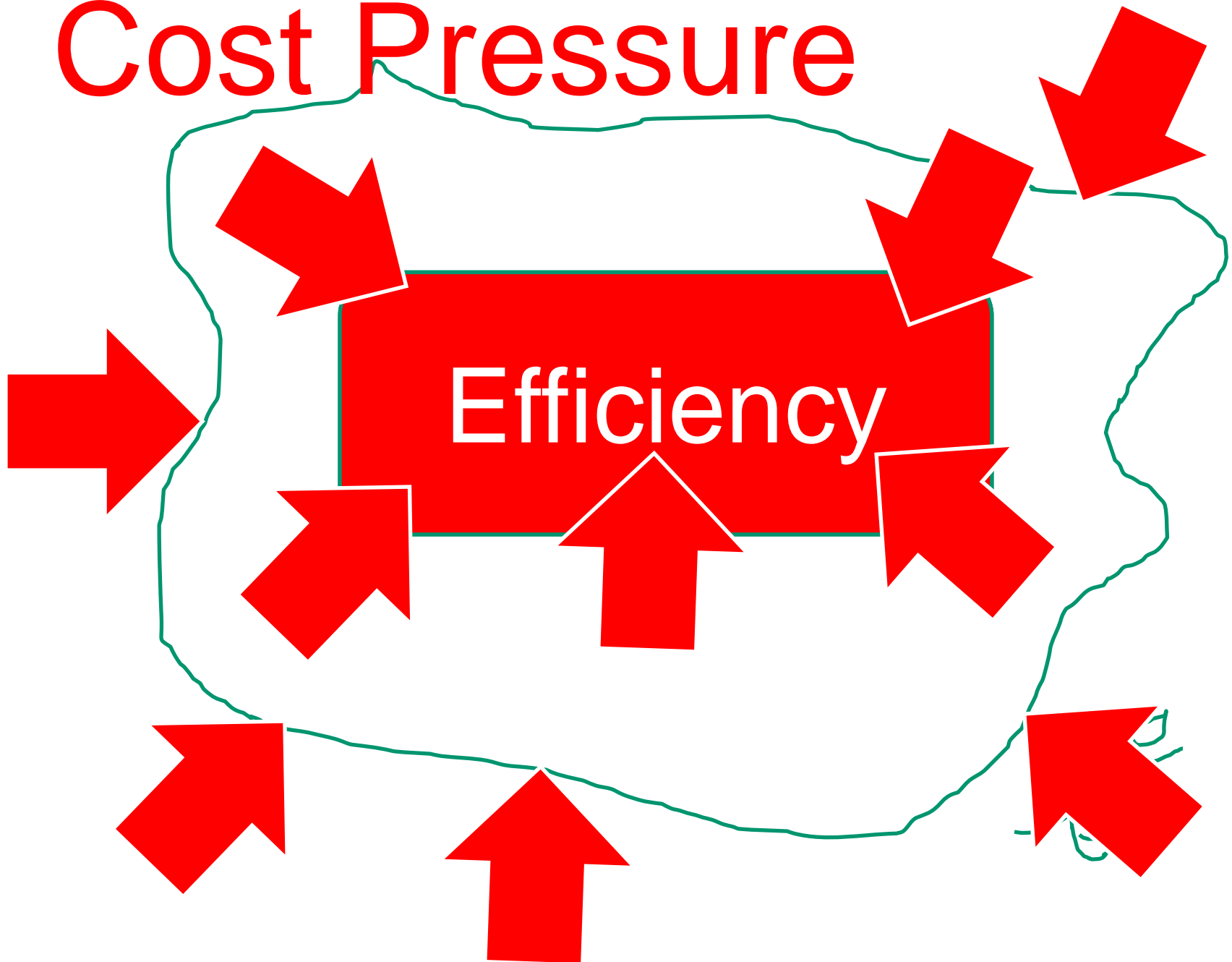
Bernard Schmidt

VOLVO

EFFICIENCY

Our ability to do
things correct
and deliver....

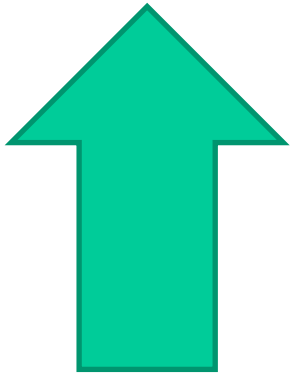
Cost Pressure



What should the Maintenance Function Strive for?

Maximize profit at (lowest??) low risk!

Profit = Payments – cost



Utilize asset and deliver
Product(s) according to plan

När egenskaperna i tekniska system
och processer nås och upprätthålls



Rätt processkvalitet

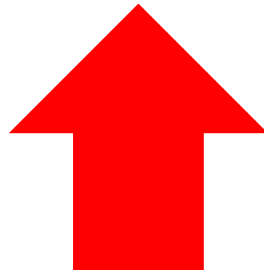


Rätt (specificerad) produktkvalitet

What should the Maintenance Function Strive for?

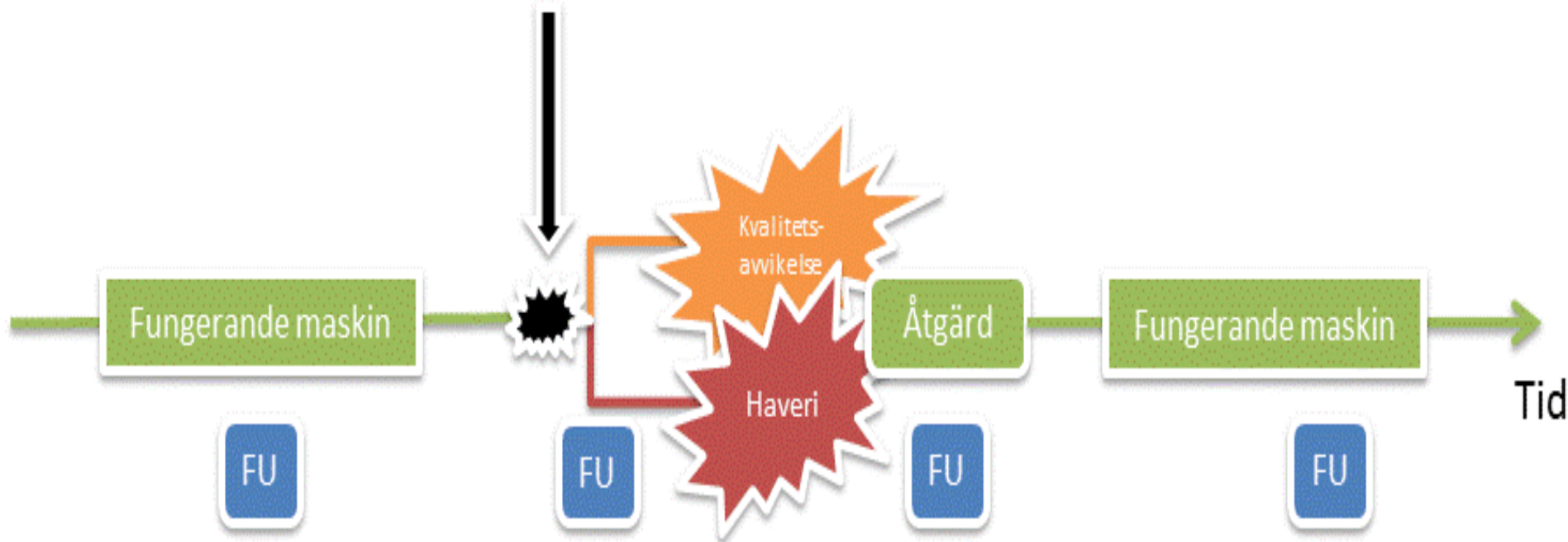
Maximize profit at (lowest??) low risk!

Profit = Payments – cost



Do what's needed at
lowest possible cost

Oönskad händelse som
påverkar funktion/komponent



Tidsförlust

Conclusion

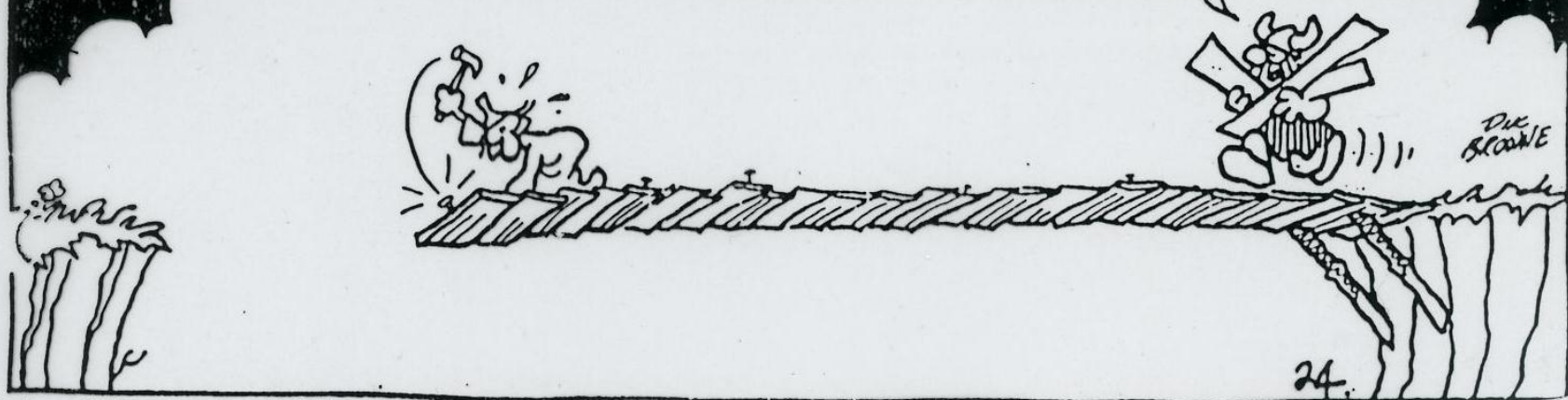
In order to be as efficient as possible,
we must:

- 1) Always deliver at specified quality
- 2) Minimize time-losses

...at lowest cost possible....

Hagar

NEVER MIND WHAT'S HOLDING IT UP! KEEP HAMMERING!!

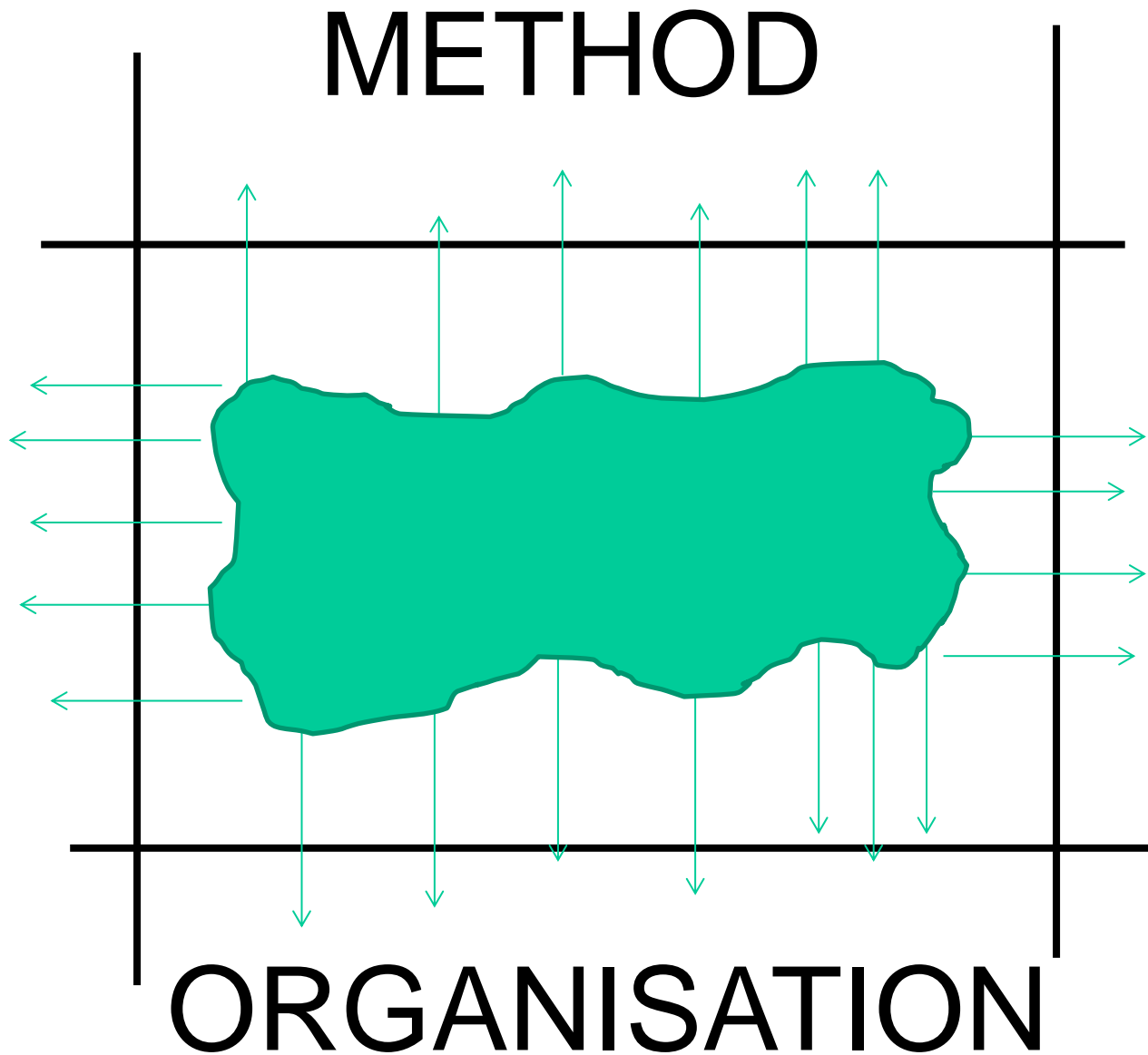


Business Case:

Establish the correct prerequisites for production

Totally avoid faults and disturbances on selected equipment

“INCENTIVE”



Koncept är ett 'idéinnehåll' eller en
'genomgripande helhetslösning'

Metod är 'sätt att utföra visst
arbete'

Tekniska NomenklaturCentralen www.tnc.se

FU

Screening – FU kvalitet

- Vilka utrustningar och komponenter uppvisar kvalitetsbrister hos produkt trots att de har FU åtgärder som ska undanröja dem?
- Vilka utrustningar och komponenter uppvisar fel och störningar trots att de har FU åtgärder som ska undanröja dem?

Screening – FU kvalitet

- Är FU insatseffektivt? Dvs kan man se/avgöra status?
- Utförs FU enligt plan?
- Medför ett FU som ger anmärkning en åtgärd?
- Finns det FU med anmärkning före haveri?
- Finns det FU med OK som trots detta lett till haveri strax efteråt?

Kostnader för bristande FU kvalitet

- Felaktigt utförd underhållsåtgärd
 - Har ej bedömt status
 - Har åtgärdat bristfälligt
- Underhåll som ej är insatseffektivt
 - Kan ej bedöma status
 - Planerad FU tid för lång
 - Åtgärd planerad med fel kompetens
- Kassationer
- Kostnader för stillestånd – icke produktion
- Kostnader för produktion på ej planerad tid eller med extrapersonal

Arbetsuppgifter för ökad FU – kvalitet

Använd den surt förvärvade kunskapen om fel och störningar!

All kunskap och insamlad information användas från alla likadana maskiner/utrustningar

Olika sätt att definiera FU

1. Egen erfarenhet
2. Leverantör skapar ett FU program
3. Andras erfarenheter...?

Informationen från två delpopulationer är större än från en enda...

$$I_k + I_{k+1} > I_k$$

Optimum?

Produkt j^n
population

Företag 1

I^1

j^{n1}

Företag 2

I^2

j^{n2}

I^k

I^{k+1}

⋮

⋮

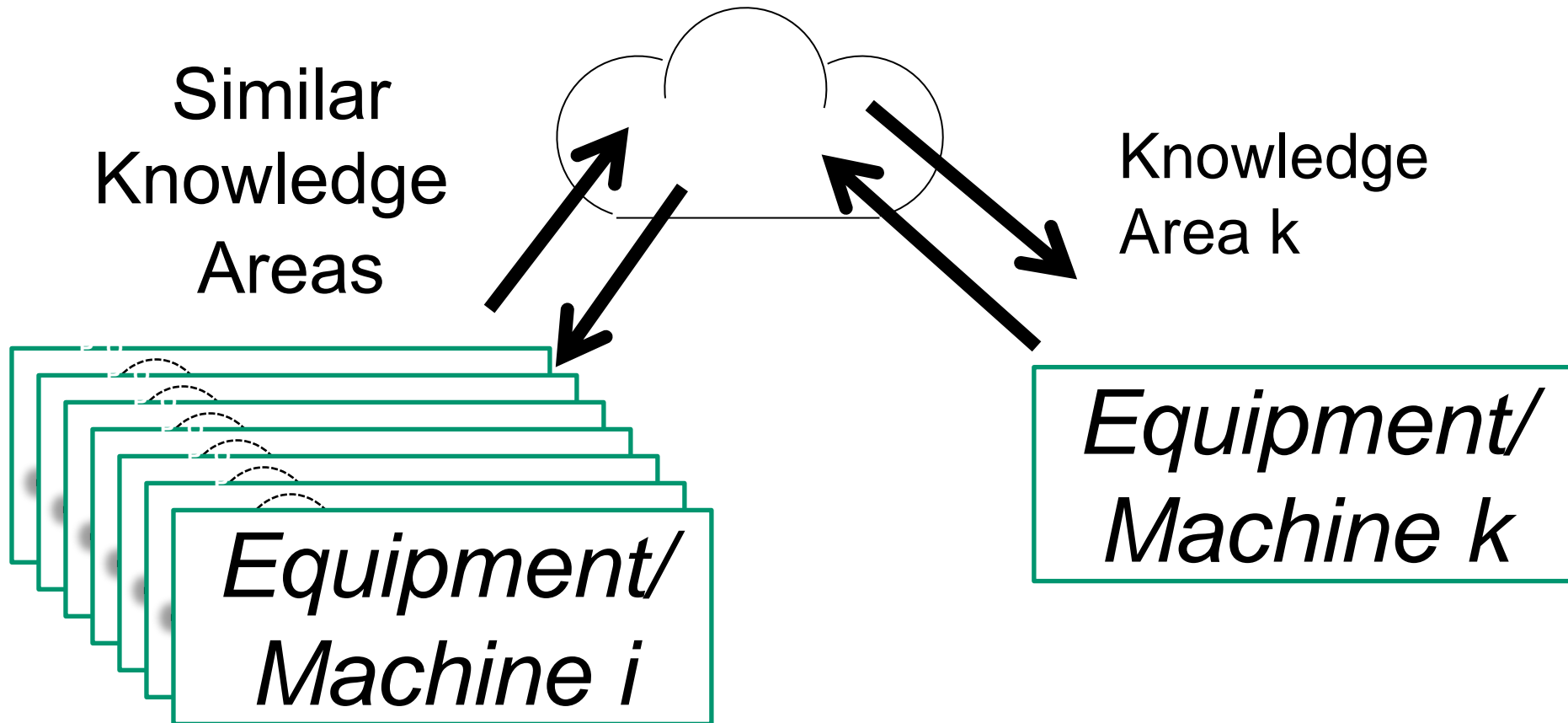
Företag m

I^m

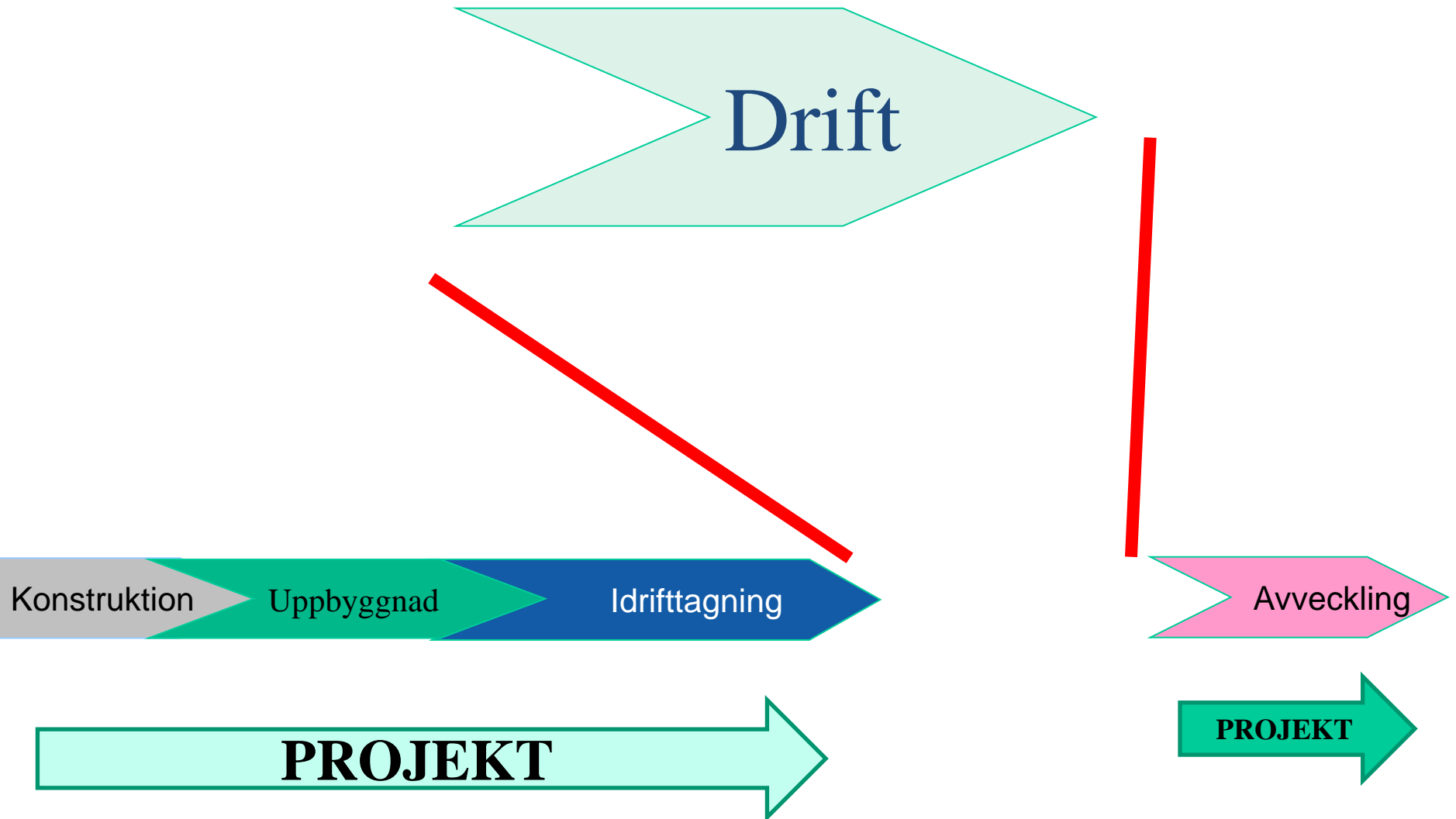
j^{nm}

Research Hypothesis

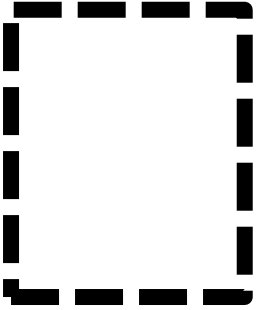
$$I \text{ in } KA_k + I \text{ in } KA_{k+1} > I \text{ in } KA_k$$



Kompetens!



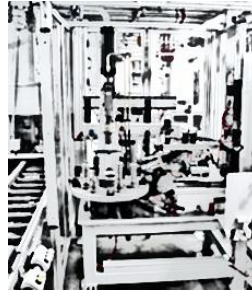
Establishment of Root Version with Root Properties



DESIGN



PROCUREMENT



**INSTALL &
START**



OPERATION



INITIAL CONCEPTS

FACTORY & MACHINE SPEC'S

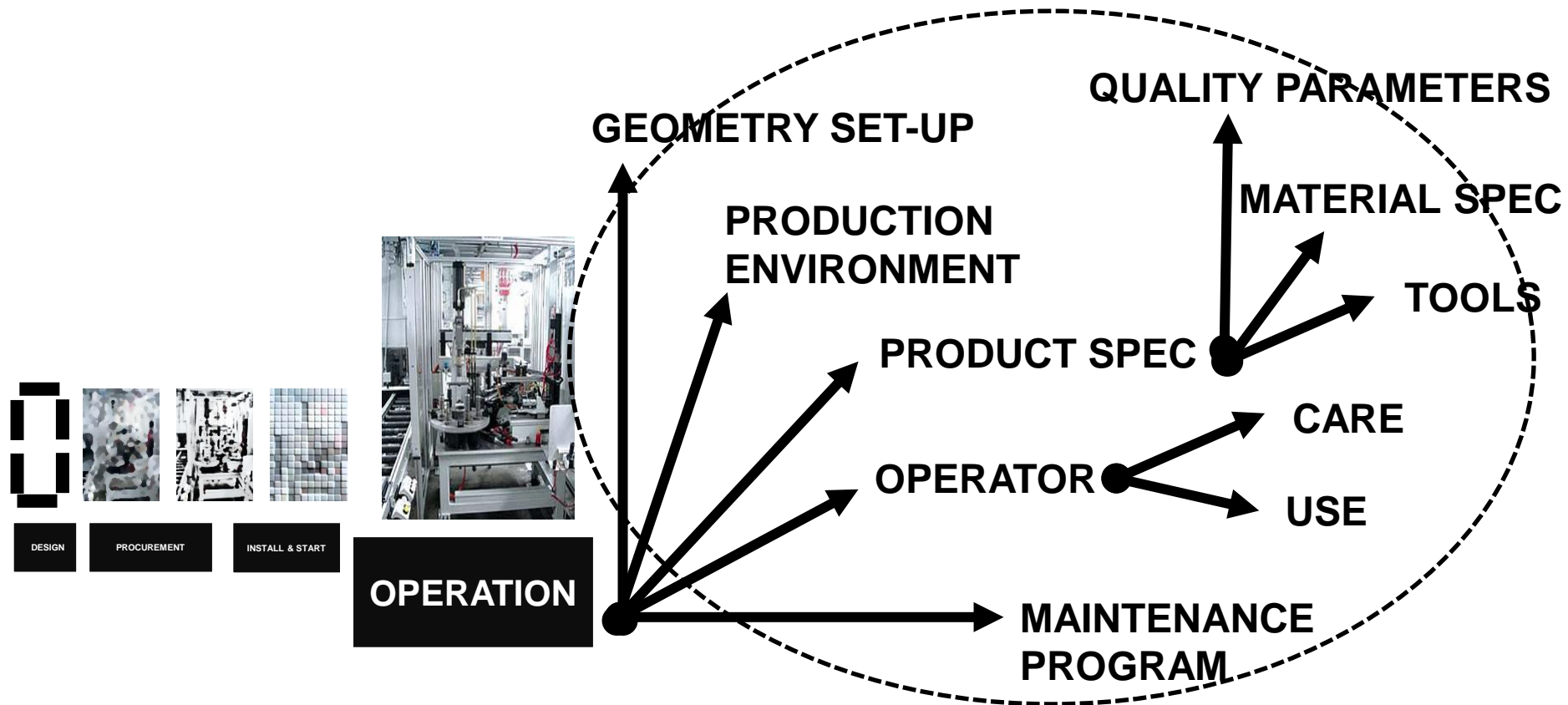
OPERATION SPEC & PREP

MAINTENANCE REQ & PREP

QUALITY REQ & PREP

LOGISTICS REQ&PREP

Root Version Properties



SPECIFIED-REQUIRED-DELIVERED-VERIFIED

ROOT VERSION

CHANGE REQ (CR)

VERIFIED CHANGE (VC)

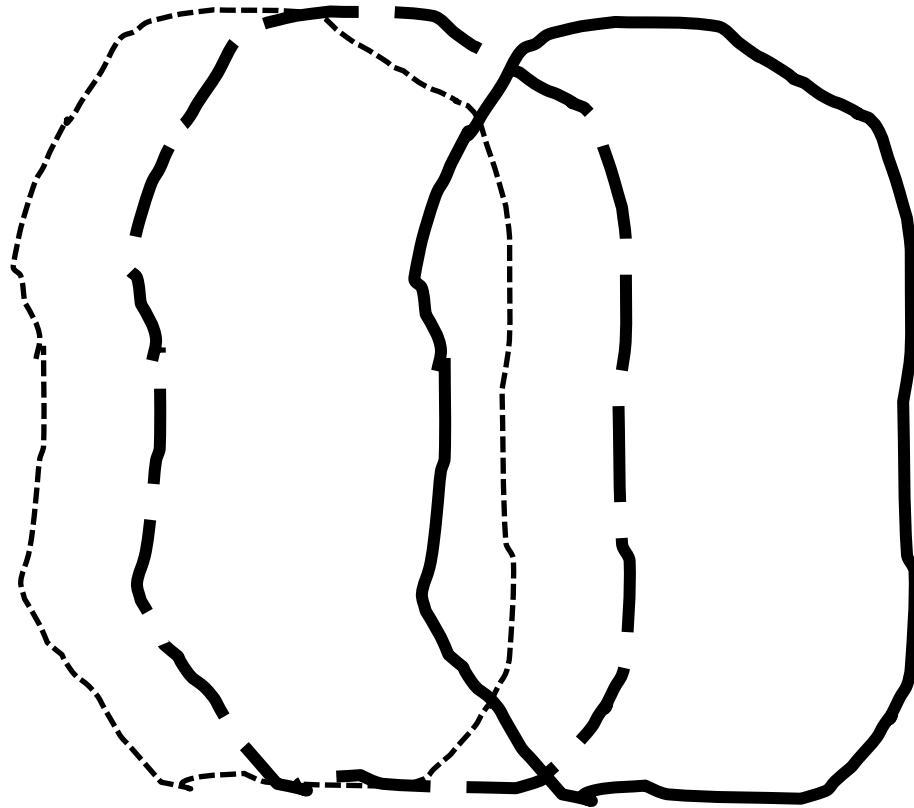
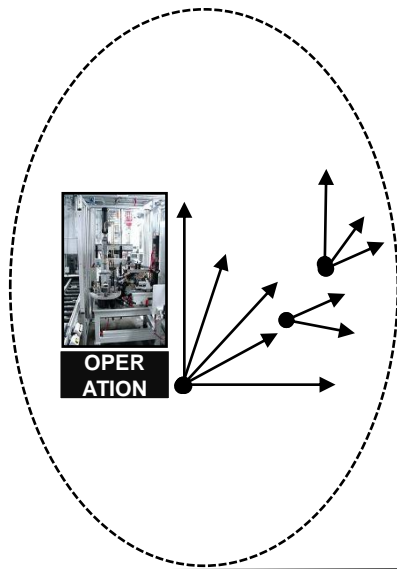


- **PRODUCT**
- **MATERIAL** —————→ **C REQUIRED**
- **TOOLS** - - - - -→ **C Consequence**
- **OPERATION SEQ** - - - - -→ **CC**
- **CARE STANDARD** - - - - -→ **CC**
-
-



REQUESTED-SPECIFIED-IMPLEMENTED-VERIFIED

Knowledge Areas



Root Version



RVC1

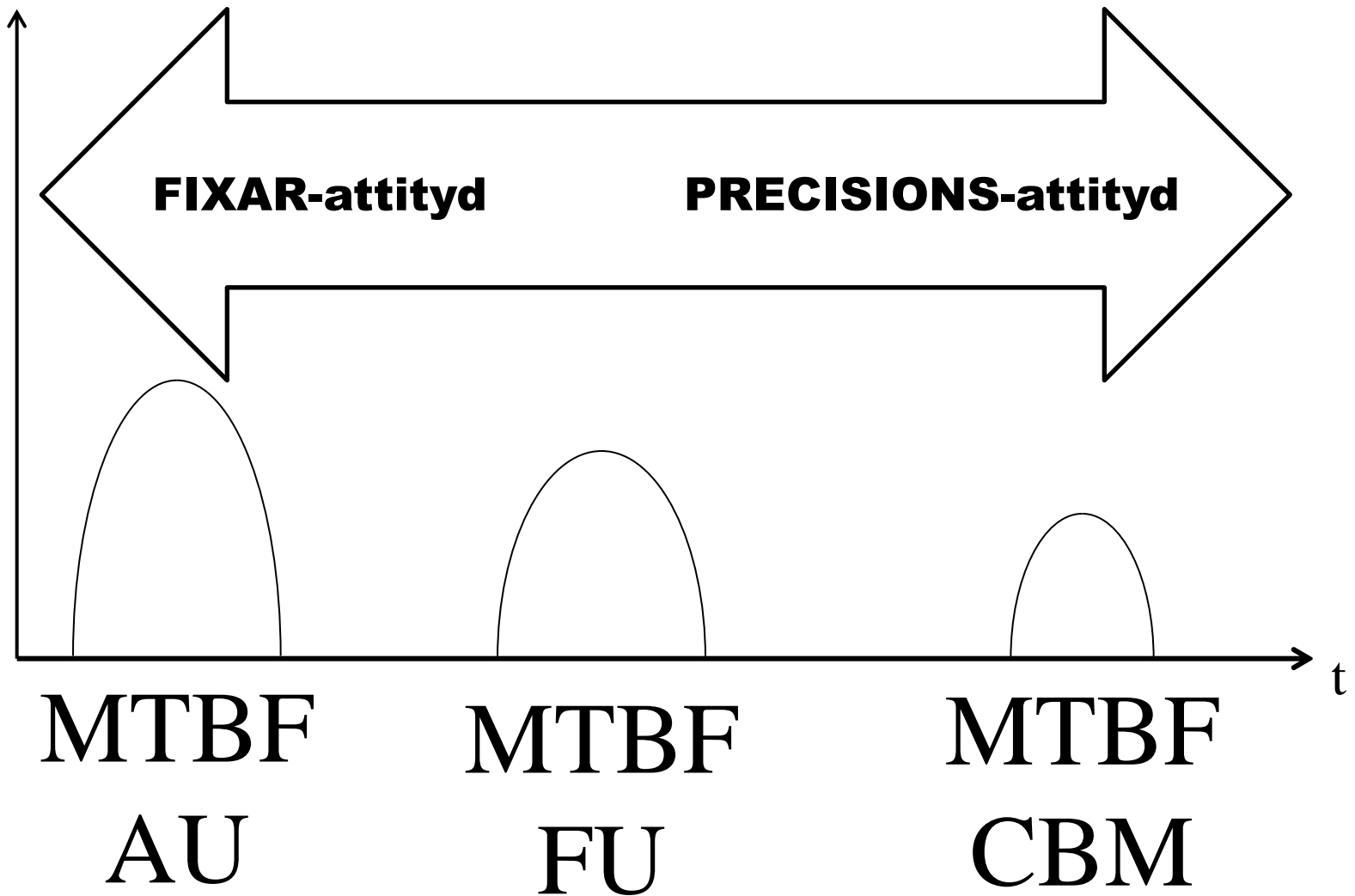


RVC2



RVC3

KOMPETENS och FÖRMÅGA



Att välja en mätbar
parameter hos ett
underhållsobjekt som
förändras om tillståndet hos
objektet förändras

Förväntade frekvenser i vattenkraftgenerator och huvudaxel

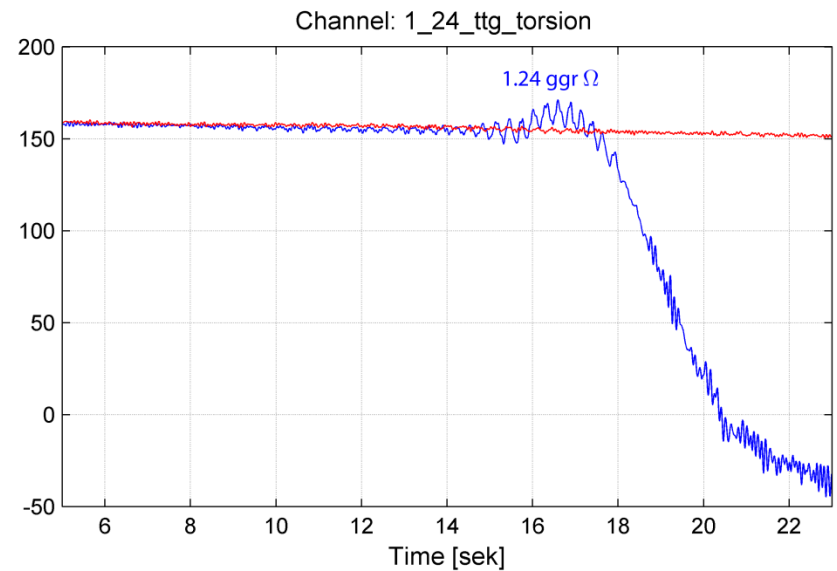
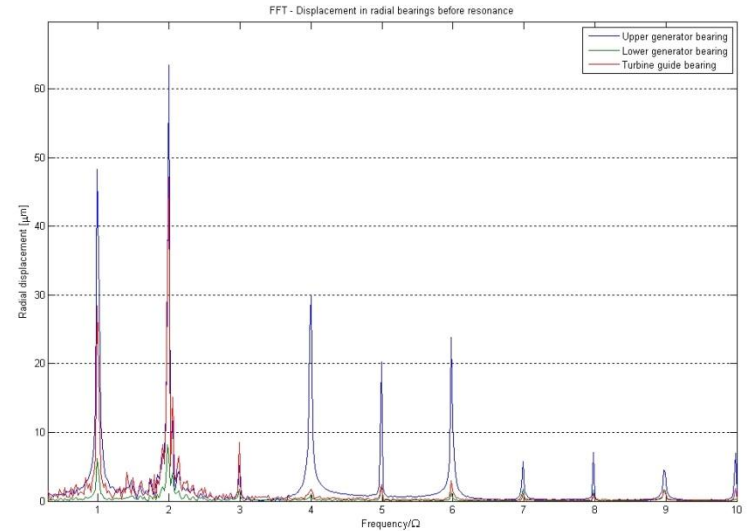
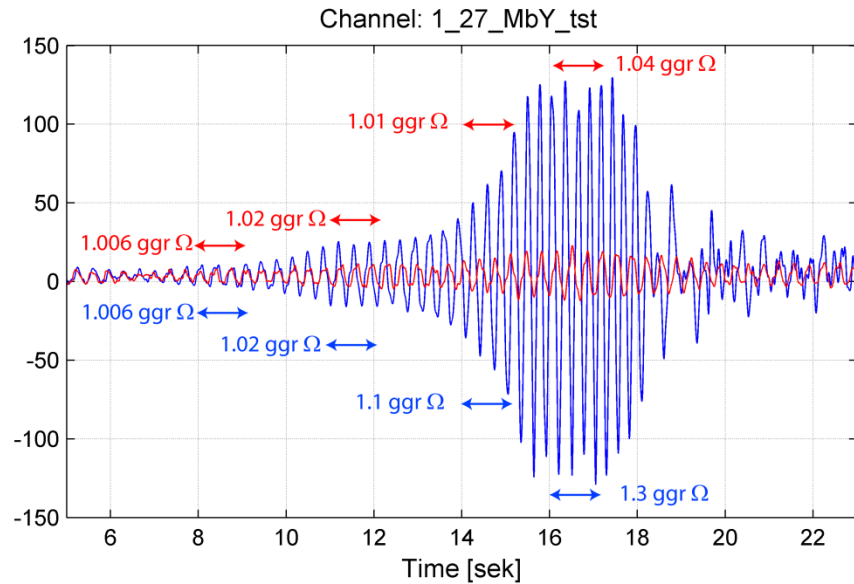
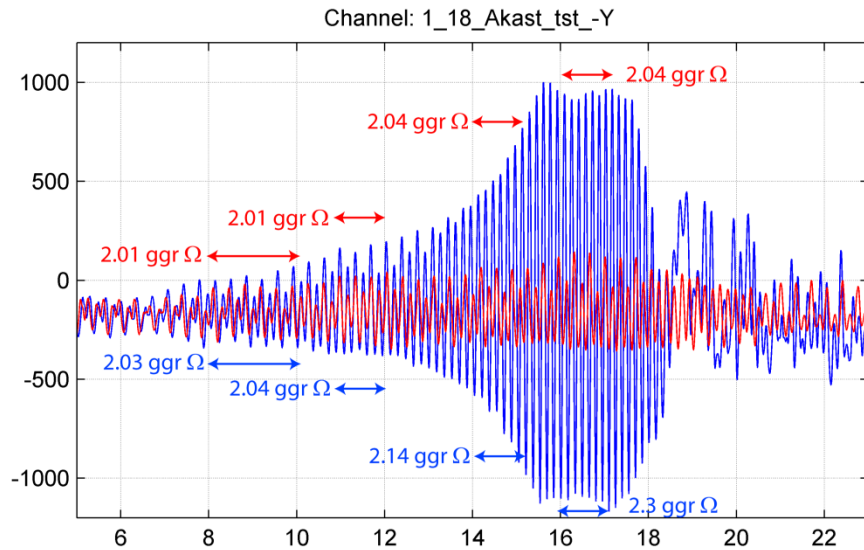
- Multipler av varvtalet $\Omega \times n$

massobalans	1x, små värden på 2x, 3x
uppriktningsfel	1x, 2x, 3x,
krokig axel	1x
lagernötning	1x, underton
gravitation	2x
asymmetri	2x
Sprickor	1x, 2x

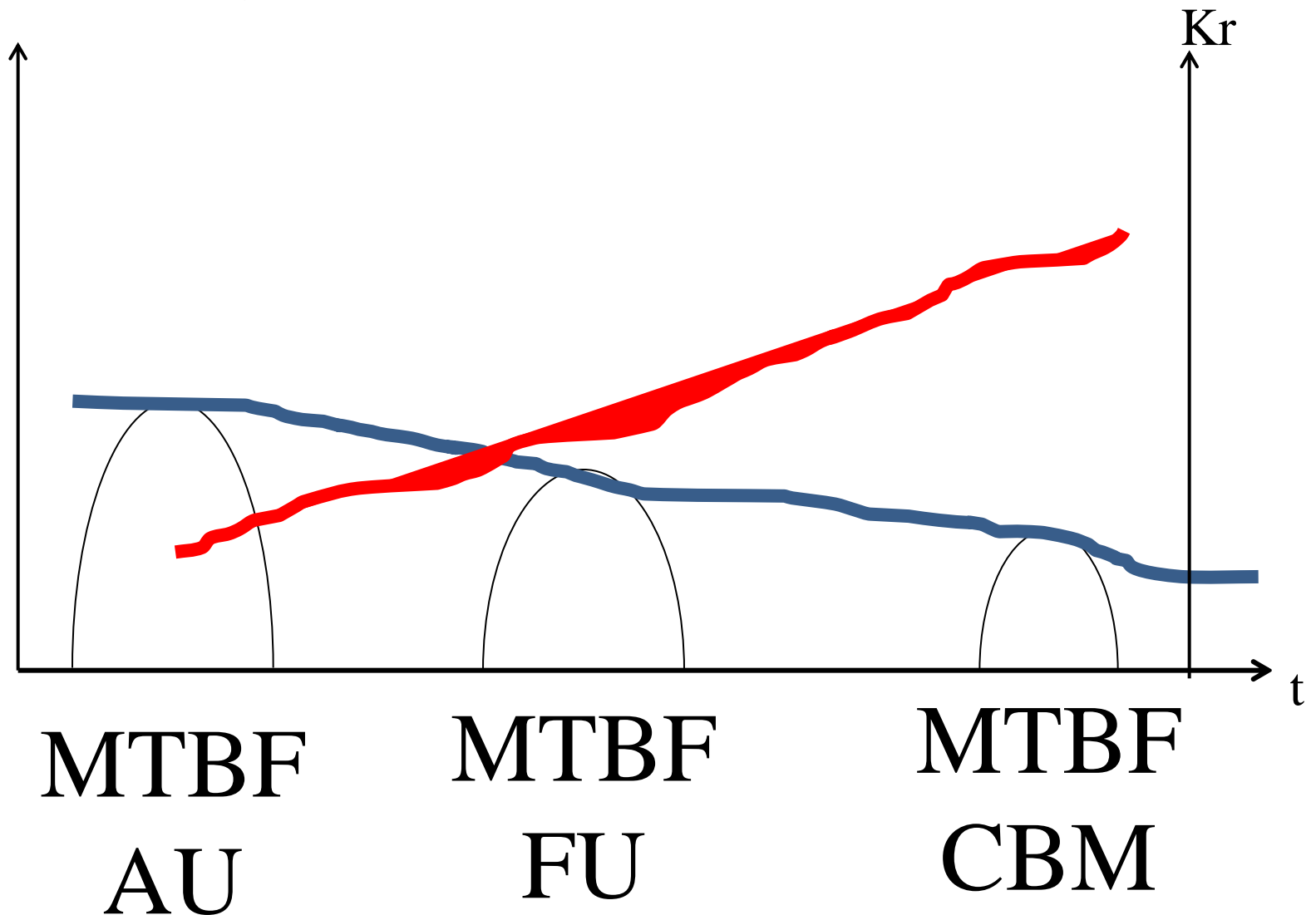
- Egenfrekvenser

böjmoder	3.9, 5.35, 7.8, $\times \Omega$
torsionsmod	$3.18 \times \Omega$

Uppmätta Frekvenser



Antal fel/störningar



Challenge

Screen, identify and
attack the largest
value potential

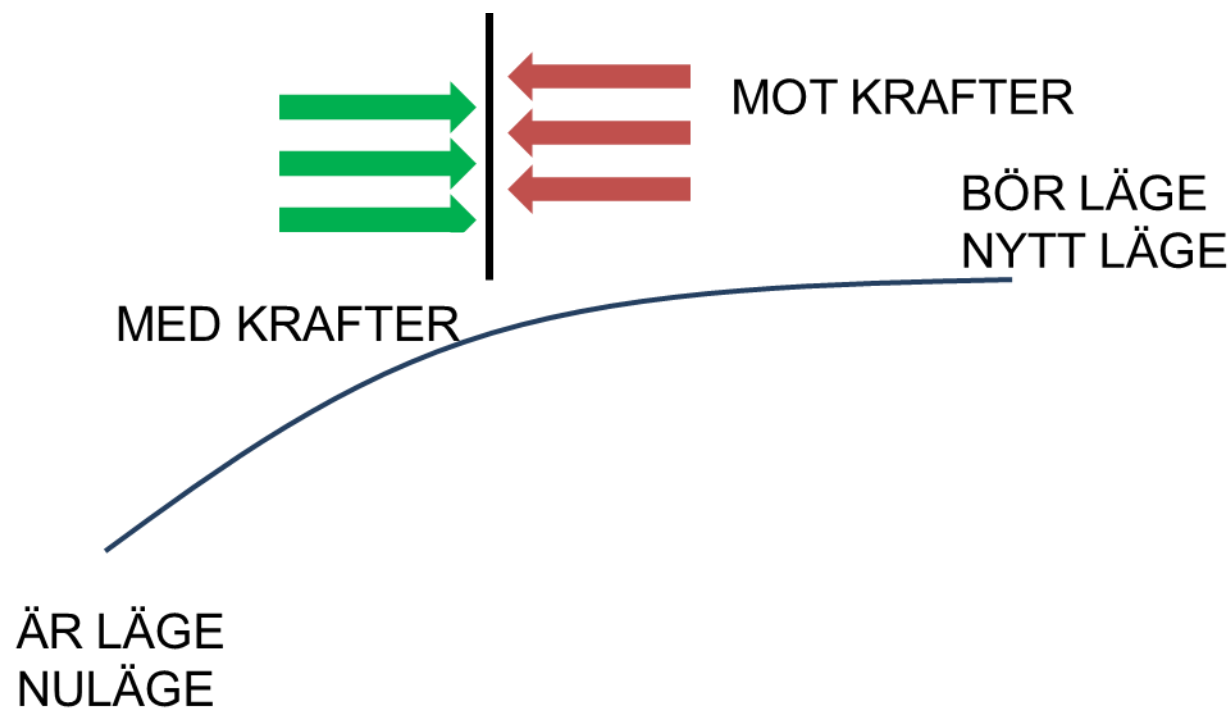
Screening - eländesindex

Vilken utrustning och vilka komponenter:

- orsakar de längsta stoppen
- orsakar de största produktionsbortfallen
- orsakar de största intäktsförlusterna
- orsakar de största kostnaderna

Hur driver vi fram en (förväntad) utveckling?

Strategi



SMGC – Strateginätverket

6 (+3 under 2014) företag
varav 1 pilot 2011-2014

40 frågor i ett nuläge

Benchmarking mot BP

Prioriteringar

Utveckla Strategi

Med- och motkrafter

Uppnått nytt läge

Strategi	1	Hur stor del av underhållsinsatserna av anläggningen förväntas öka under 2014?	Minst 2 %	2,1%	0,70%	6,47%	1,30%	<2,2%	<2,2%	Strategi
Strategi	2	Hur stor är den planerade tillgången av utrustning? (Viktig produktionsdel/Planerad produktionsdel)	Mer än 95 %	71%	99,00%	96,70%	97,70%	83,80%	80-87%	Strategi
Strategi	3	Hur stor är tillgången i procent av den planerade tillgången?	Minst 3 %	4,7%	NA	0,46%	0,90%	916-7%	<3%	Strategi
Strategi	4	Hur stor del av tillgången till reservdelar i tillgången till anläggningen? (Reservdelar till tillgången till anläggningen)	Minst 0,3 %	2,5%	0,40%	2,90%	0,30%	<0,3%	>1,3%	Strategi
Strategi	5	Hur stor del av planerade underhållsinsatser i tillgången till planerade underhållsinsatser?	Mellan 81-100 %	64%	85%	74%	25%	81%-80%	81-100%	Strategi
Strategi	6	I vilken grad är anläggningens produktivitet?	Mer än 80 %	60%	96%	80%	99%	>80%	>80%	Strategi
Strategi	7	Hur många underhållsinsatser i tillgången till planerade underhållsinsatser?	6 eller mer	9	5	9	5	6	3-7	Strategi
Strategi	8	I vilken grad har tillgången till reservdelar ökat under 2014?	Mer än 80 %	100%	5%	10%	100%	>80%	61-80%	Strategi
Strategi	9	Hur stor del av den planerade underhållsinsatserna i tillgången till planerade underhållsinsatser?	Mellan 81-100 %	20%	25%	0%	100%	<40%	<40%	Strategi
Strategi	10	Hur stor del av arbetstiden för planerade arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81-100 %	100%	70%	5%	30%	<40%	<40%	Strategi
Strategi		Hur stor del av arbetstiden för planerade arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?		16,50%						Strategi
Identifikation av arbete	11	Hur stor andel av arbetet som har skrivits ut i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81-100 %	100%	100%	80%	100%	81-100%	81-100%	Id av arbete
Identifikation av arbete	12	Förklarar tillgången till tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81-100 %	ET	NA	0%	90%	81%-80%	61-80%	Id av arbete
Identifikation av arbete	13	Hur många arbetstyper/tillgångar har i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 7	4	6	3	3	5-7	5-7	Id av arbete
Identifikation av arbete	14	Förklarar tillgången till tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81-100 %	100%	0%	0%	100%	<40%	81-100%	Id av arbete
Identifikation av arbete	15	Till tillgången till tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 70 %	100%	100%	90%	65%	<15%	>70%	Id av arbete
Identifikation av arbete	16	Hur stor del av alla planerade underhållsinsatser i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 25 %	2%	0%	5%	70%	>25%	10-25%	Id av arbete
Identifikation av arbete	17	Hur stor andel av alla underhållsinsatser i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81-100 %	71%	100%	100%	0%	81%-100%	61-80%	Id av arbete
Identifikation av arbete	18	Hur stor del av alla planerade underhållsinsatser i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81-100 %	100%	100%	25%	10%	81%-100%	61-80%	Id av arbete
Identifikation av arbete	19	Hur många arbetstider skapas i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 61 %	100%	100%	30%	10%	51%-60%	>60%	Id av arbete
Identifikation av arbete	20	Hur stor andel av alla arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81-100 %	100%	100%	0%	50%	81%-100%	61-80%	Styrning
Styrning	21	Vad är den genomsnittliga avvikelsen mellan planerad tid och verklig tid för planerade arbetstider?	± 2 %	ET	NA	53%	Ingen beräkning	No information	± 2 %	Styrning
Styrning	22	Hur många arbetstider skapas i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 25	13	NA	5	Ingen beräkning	1-4	1-10	Styrning
Styrning	23	Hur långt från i tiden planerade arbetstider?	Mer än 4 veckor	1-52 veckor	3 veckor	3 veckor	2-3 veckor	>4veckor	1-4 veckor	Styrning
Styrning	24	Till tillgången till tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 70 %	87%	100%	100%	98%	15-35%	>70%	Styrning
Styrning	25	Till tillgången till tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 70 %	ET	NA	0%	80%	15%-35%	>70%	Styrning
Styrning	26	Hur stor är den genomsnittliga avvikelsen från planerad tid?	± 2 %	2,00%	7,20%	5,75%	± 2 %	(+/-) 7,9%	± 2 %	Styrning
Styrning	27	Hur stor andel av alla arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81 - 100 %	90%	95%	95%	35%	81%-80%	81-100%	Styrning
Styrning	28	Hur många arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81 - 100 %	100%	120%	5%	50%	<40%	<40%	Styrning
Styrning	29	Hur stor är den genomsnittliga bakslaget, som i tillgången till planerade arbetstider?	Minst 3 veckor	2058 st	6%	16HR/vecka för 21V löpande	Ingen beräkning	More than 10 weeks	6-3 veckor	Styrning
Styrning	30	Hur stor är den genomsnittliga bakslaget, som i tillgången till planerade arbetstider?	Minst 5 %	5,0%	<1%	2,50%	5%	<5%	<5%	Genomförande
Genomförande	31	Hur stor andel av arbetstiden i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81 - 100 %	50%	100%	10%	30%	81-100%	61-80%	Genomförande
Genomförande	32	Hur stor andel av arbetstiden i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 80 %	10%	0%	85%	100%	<30%	>80%	Genomförande
Genomförande	33	Hur stor andel av arbetstiden i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 50 %	20%	60,00%	98,50%	50%	30%-40%	NA	Genomförande
Genomförande	34	Hur många timmar per år används i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 80 timmar	80h	1840	1753	20 tim	41-69h	10-40 h	Genomförande
Genomförande	35	Hur mycket underhållspersonal i tillgången till planerade arbetstider?	Mer än 40	13	13	10	20	19%-40%	9-17 st	Genomförande
Genomförande	36	Hur många personaltimmar i tillgången till planerade arbetstider?	Minst 3	10	10	0	6	5-3	5-3 nivåer	Genomförande
Genomförande	37	Hur stor del av alla planerade arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81 - 100 %	100%	20%	0%	0%	81%-80%	<40%	Genomförande
Genomförande	38	Hur stor del av alla arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Minst 4 %	0%	1%	0%	5%	<4%	<4%	Genomförande
Genomförande	39	Hur stor andel av alla arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81 - 100 %	60,00%	50%	50%	30%	<40%	<40%	Genomförande
Genomförande	40	Hur stor andel av alla arbetstider i tillgången till planerade arbetstider?	Mellan 81 - 100 %	100%	10%	10%	80%	<40%	<40%	Genomförande

Pilot – strategiresan..

Okt2011 vår2012 vår 2012 aug 2013

	MÅL	Mål 2014	Mål 2012	Res 2012	Res 2013	Mål 2014
Teknisk tillgänglighet A-maskiner	98%/93%	98/95	98/93	97/97	98 / 98	98/95
UH Kostnad / Produktionstimma	65 kr	65	65	70	83	80
Fördelning AU/FU	40/60	30/70	55/45	63/37	61 / 39	45/55
Leveranssäkerhet FU	98%	98	98	97	98	98
Antal Stopp A-maskiner	Max 5/år	Max 3/år	Max 5/år	17	10,2	Max 3/år
GOA på breakdown		100%	100%	75	80	100%
Antal driftstopp på topp 10 A-mask		-30%/år	-30%*	-6%	-35%	-30%/år

*jämfört med 2011

Piloten

Med- och motkrafter

Exempel

- Variationer i ledtid/processtid är stor och ses inte som en "happening" utan accepteras och förväntas. När variationer blir vardag ser man inte eller tror inte på den positiva effekten av FU.

- The succeeding effects of production shutdowns are not considered with respect to increased work in process, delays and related products.
- The absence of representative stop time cost.

- Unwillingness to invest in preventive maintenance actions since the benefits of these are not guaranteed or proven.
- There is no direct financial value in a high amount of preventive maintenance as long as the capacity benefits of fewer unplanned stops are not utilized or needed.

SÄMST ÄR VI PÅ

Hur stor andel av alla order för Avhjälpande Underhåll går igenom och analyseras med hänsyn till förlust/orsak och där ni försöker hitta en kostnadseffektiv lösning?

Mellan 81 – 100 %	60,00%	50%	50%	30%	<40%	<40%
-------------------	--------	-----	-----	-----	------	------

SÄMST ÄR VI PÅ

Hur stor del av arbetsorder för oplanerade aktiviteter så som haverier, förluster, incidenter omfattas av felorsaksanalys (RCA)?

Mellan 81-100 %

100%

70%

5%

30%

<40%

<40%

SÄMST ÄR VI PÅ

Hur stor del av det planerade underhållet
härrörs sig från någon form av standardiserad
teknisk process så som; FMEA, RCM, RBM
etc..?

Mellan 81-100 %	20%	25%	0%	100%	<40%	<40%
-----------------	-----	-----	----	------	------	------

SÄMST ÄR VI PÅ

Hur stor del av alla planerade arbetsorder har instruktioner för slutkontroll/acceptanstest efter arbetets slutförande?

Mellan 81 - 100 %

100%

20%

0%

0%

61%-80%

<40%

BÄST ÄR VI PÅ

Hur stor andel av arbeten som har skrivna arbetsorder av totalt antal utförda arbeten?

Mellan 81-100 %	100%	100%	80%	100%	81-100%	81-100%
-----------------	------	------	-----	------	---------	---------

BÄST ÄR VI PÅ

Hur stort är övertidsuttaget i förhållande till
totalt arbetad tid?

Mindre än 5 %	5,0%	<1%	2,50%	5%	<5%	<5%
---------------	------	-----	-------	----	-----	-----

BÄST ÄR VI PÅ

I vilken grad är anläggningsregistret
uppdaterat/korrekt?

Mer än 80 %

60%

96%

80%

99%

>80%

>80%

BÄST ÄR VI PÅ

Till hur stor del utförs det underhåll som
ålagts operatörerna?

Mer än 70 %

100%

100%

90%

65%

<15%

>70%

BÄST ÄR VI PÅ

Till hur stor del uppfylls programmet för det
Schemalagda underhållet?

Mer än 70 %	87%	100%	100%	98%	15-35%	>70%
-------------	-----	------	------	-----	--------	------

FÖRVÅNANDE

Hur stor del av alla historiska arbetsorder visar
kostnad för arbete, materiel och verklig tid/
uppskattad?

Mer än 80 %	10%	0%	85%	100%	<30%	>80%
-------------	-----	----	-----	------	------	------

FÖRVÅNANDE

I vilken grad har ni utfört någon kritikalitets
analys av er anläggning?

Mer än 80 %

100%

5%

10%

100%

>80%

61-80%

Test

- Jobbar vi med rätt saker?
- Visar vi att vi tillför värde?
- Kan vi agera ännu mer förebyggande, t ex prediktera när fel kan komma inträffa eller säkra driftsäkerheten vid ny- och ombyggander?
- Utvecklar vi vår kompetens och förmåga?
- Har vi bestämt vad vi ska kunna bättre än andra?