



Kapitel 12

Vedligeholdsplanlægning

God planlægning er helt afgørende for at gennemføre vedligehold, som sikrer optimal driftssikkerhed til et optimalt omkostningsniveau. Planlægningen foregår på flere niveauer i organisationen. I dette afsnit behandles den tekniske- og vedligeholdsledelsesmæssige del af planlægningen, dvs. en overordnet og struktureret gennemgang af de ting, man skal igennem for at gennemføre en vedligeholdsplanlægning.

I planlægningsprocessen skal man beslutte, hvilke vedligeholdstyper de enkelte enheder skal vedligeholdes efter. Det kan være forebyggende, forudbestemt, tilstandsbaaseret, forudsigeligt eller afhjælpende vedligehold. Endvidere ses på bestemmelse af tidsfrekvens, reservedelsbehov, organisatoriske ressourcer samt hjælpeværktøjer. Beslutningerne skal tages på baggrund af virksomhedens gældende vedligeholdsstrategi.

Virksomhedens *vedligeholdsstrategi* er ledelsens værktøj til at nå vedligeholdsmålene, der er defineret iht. standard DS/EN 13306:

Mål, som er rettet mod og accepteret for vedligeholdets aktiviteter. Disse mål kan fx omfatte tilgængelighed, omkostningsbesparelser, produktkvalitet, bevarelse af miljø, sikkerhed, brugbar levetid og bevarelse af aktivers værdi.

Vedligeholdsplan for aktiver og enheder

En vedligeholdsplan for aktiver og enheder er en operationel proces til gennemgang og analyse af enheder/aktiver og anlæg. *Vedligeholdsplanen* er defineret iht. standard DS/EN 13306:

Struktureret og dokumenteret samling opgaver, som omfatter de aktiviteter, procedurer og ressourcer samt det tidsforløb, der kræves til at udføre vedligeholdet.

Man fastlægger, hvilke planlagte og programmerede vedligeholdsarbejder der bør udføres, og det synliggør ligeledes, hvilke potentielle problemer der kan være ved en uplanlagt og en reaktiv holdning. Det er vigtigt, at planlægningsprocessen kræver ved-

varende deltagelse fra vedligeholdsaftdelingernes side, og øvelsen bør udføres kontinuert for hvert område. På den måde er hver enkelt enheds behov for vedligehold velovervejet i forhold til konsekvenserne af fejl.

Den anvendte metode til brug ved udvikling af vedligeholdelsesaktiviteterne og vedligeholdsplanen for aktiver og enheder skal være på plads, før vedligeholdsledelsens strategi fuldendes.

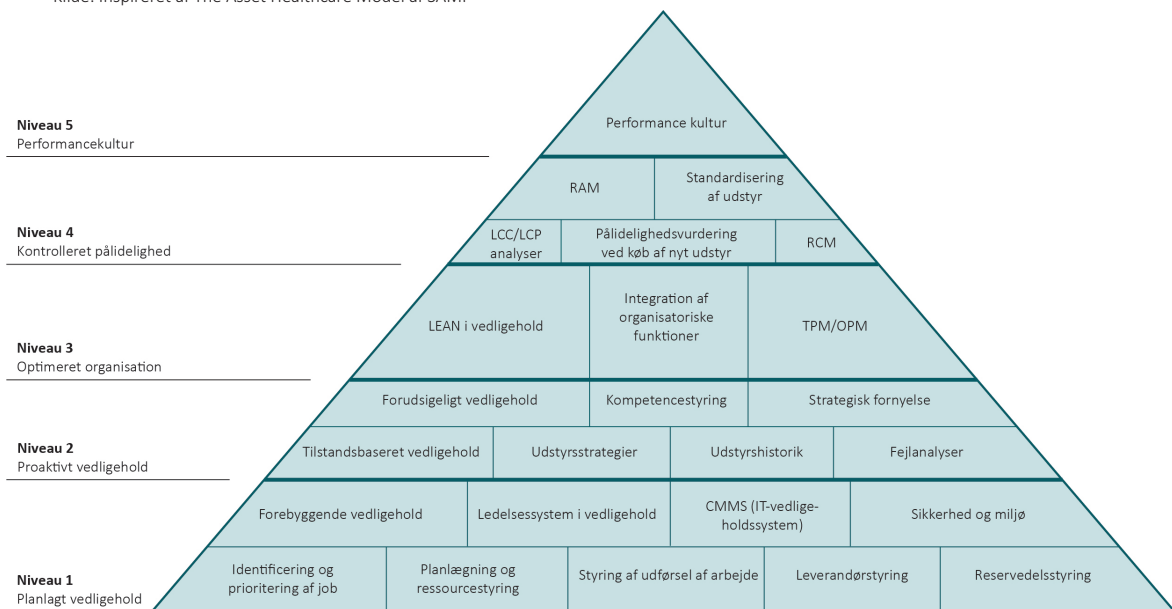
Hvorfor egentlig det? Det skyldes, at de vigtigste politikker, som affødes af ledelsesstrategien, beskæftiger sig med organisation, motivation, læring og kontrol af ressourcer. Indtil man har klarhed over, hvor megen vedligeholdelsesaktivitet der er nødvendig, af hvem det er nødvendigt samt med hvilke reservedele og værktøjer mv., kan man ikke fastlægge den endelige organisation.

Det er ligeledes vigtigt, at den enkelte organisation forholder sig til det vedligeholdsudviklingstrin, som virksomheden befinder sig på. Til at vurdere dette kan man anvende *vedligeholdstrekanten*, også kaldet SAMI-pyramiden.

FIG. 12.1

SAMI-PYRAMIDEN

Kilde: Inspireret af The Asset Healthcare Model af SAMI



Man skal lave sin vedligeholdsplanlægning med de metoder, der er på det trin i pyramiden, som man befinder sig på. Man bør således ikke anvende metoder som fx RCM, der ligger på niveau 4 i pyramiden, hvis man ikke har indført de nødvendige metoder fra de underliggende niveauer.



Hvordan starter man planlægnings- og strategiarbejdet?

Det er en rigtig god idé at tage udgangspunkt i de europæiske standarder for vedligehold. I den europæiske terminologistandard DS/EN 13306 er følgende beskrevet:

Det er enhver vedligeholdsledelses ansvar at definere sin vedligeholdsstrategi i overensstemmelse med følgende hovedformål:

- At sikre, at enheden er tilgængelig til den krævede funktion til den optimale pris
- At tage hensyn til sikkerhed, personer og miljø, samt andre obligatoriske krav, som er forbundet med enheden
- At tage hensyn til enhver påvirkning af miljøet
- At værne om enhedens holdbarhed og/eller kvaliteten af det leverede produkt eller den ydede service under hensyntagen til omkostningerne.

Disse kriterier beskriver formålet med en *vedligeholdsstrategi*. Kort sagt: *det er en ledelsesmetode, som bruges til at nå vedligeholdsmålene.*

At sikre, at enheden er tilgængelig til den krævede funktion til den optimale pris betyder, at vedligeholdsstrategien skal tilpasses virksomhedens produktionsmål, som igen er grundlag for fastlæggelse af vedligeholdsmålene.

Strategien er dynamisk og bør løbende tilpasses efter virksomhedens behov, fx ved ændringer i design, og krav til produktionsprocesserne eller produktionens udbytte kræver en opdatering i prioritering af enheder og vedligeholdsaktiviteter.

Fordelingen mellem afhjælpende og forebyggende vedligeholdsaktiviteter kan have behov for at blive tilpasset.

Det er nødvendigt at sikre, at vedligeholdsplanerne for aktiver og enheder udvikles og er baseret på moderne arbejdsmetoder. Typisk for disse metoder er fx multijob, som tillader større spillerum for løbende koordination af arbejder på tværs af brancher. Nye strategier bør udvikles før indføring af nye procedurer og hjælpesystemer, ligesom et nyt vedligeholdsledelsessystem med stor fordel skal kunne give feedback af informationer direkte til jobregistret. På den måde kan de gamle data, der dannede grundlaget for de nuværende vedligeholdsplaner for aktiver og enheder, blive sammenlignet med nye data og planer og dermed give de bedste informationer.

Udbyttet af en vedligeholdsplan for aktiver og enheder er en begrundet analyse af, hvornår hver af metoderne forebyggende, forudbestemt, tilstandsbaseret, forudsigeligt eller afhjælpende vedligehold samt en evt. kombination heraf bør anvendes på en-

derne. Hvis det ønskes, kan behovet for enheder med højeste prioritet bringes i forreste række. Enhedsprioriteten kan bestemmes ved at bruge en kritikalitetsanalyse, som giver et overordnet syn på, hvad der sker, hvis udstyret ikke kan udføre dets krævede funktion (en funktion er en kombination af enheder).

Eksempel

En pumpefunktion, som består af selve pumpen, ventiler, kobling, elmotor og frekvensomformer. Funktionen er at pumpe vand fra tank A til tank B med et minimumsflow på 300 l/min.

Ud fra de mulige funktionsfejl laves en prioriteret liste med aktiviteter, der skal til for at undgå funktionsfejl. Der, hvor konsekvenserne er alvorlige, sættes ekstra ressourcer ind i en evaluering af vedligeholdsbehovet. Den prioriterede liste vil også kunne bruges til at bestemme, hvilke enheder man evt. skal bruge RCM-metoden eller en anden metode til en mere præcis fastlæggelse af behovet for vedligeholdsaktiviteter.

Summen af alle de planlagte arbejder fra hver enkelt vedligeholdsplan for aktiver resulterer i et vedligeholdsbudget, som er prioriteret i henhold til kritikalitet og er baseret på velovervejede enhedsrelaterede aktiviteter. Der bør ligeledes afsættes et realistisk beløb til akut afhjælpende vedligehold i vedligeholdsbudgettet.

Vedligeholdsplanerne for aktiver og enheder er derfor en væsentlig del af en vedligeholdsledelsesstrategi, hvor sidstnævnte er vejen frem til organisering og kontrol af vedligeholdsfunktionen. Organisering af aktiviteterne og uddannelsen af håndværkerne samt valg af de rigtige underleverandører er vigtig for at sikre, at de rette kompetencer er til rådighed, når det kræves. Hvis fx vedligeholdssupporten er mangelfuld, eller hvis job mangler at blive udført eller tager dobbelt så lang tid for at blive fuldendt, da vil gevinsten, som opnås ved en velforberedt vedligeholdsplan for aktiver, blive bragt i fare. På den anden side er der ingen fordel i at udvikle en førsteklasses vedligeholdsledelsesstrategi til at udføre de forkerte aktiviteter.

Tiden bruges bedst på vedligeholdsplaner for aktiver/enheder, hvis der er indsigt i følgende (se også figur 12.2, der viser arbejdsflowet):

- Viden om virksomhedens og produktionens mål og herved det fremtidige behov for enheder
- Indsigt i planerne for produktionsudvidelse eller -indskrænkninger samt installationen af nye enheder

- Forståelse for udskiftningsprogrammer og forventet levetider for bestående og fremtidige systemer
- Viden om virkningen af de seneste sikkerhedsregulativer og lovbefalede krav, herunder også miljø
- En forståelse for den udvikling, der finder sted i vedligeholdspraksis inden for industrien i almindelighed og herfra få en indsigt i, hvad der kan opnås
- Et indblik i de håndværktøjer og teknikker, som er mest fordelagtige som vedligeholdshjælpeudstyr, hvilket har yderligere indvirkning på, hvordan de planlagte vedligeholdsaktiviteter skal udformes
- En forståelse for formålene med enhederne, fx om det er sikkerheds- eller produktionsrelateret.

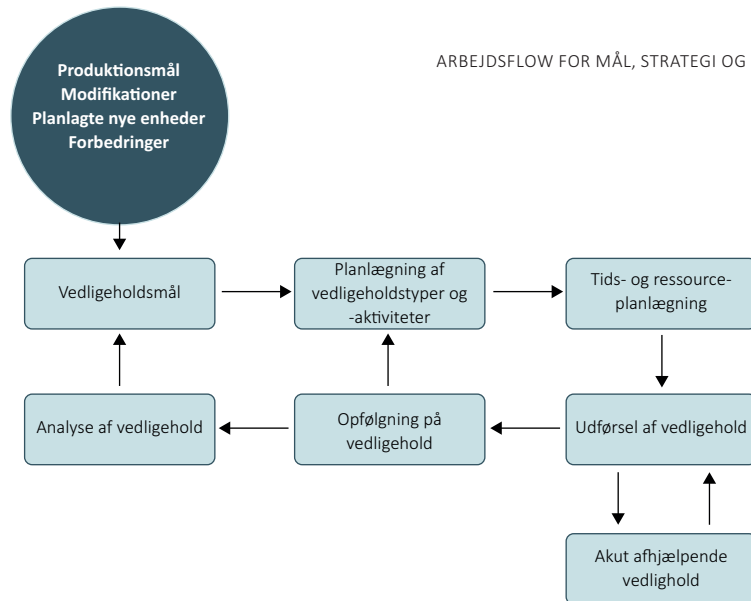


FIG. 12.2
ARBEJDSFLOW FOR MÅL, STRATEGI OG PLANLÆGNING

Udviklings problemområder

Udviklingen af vedligeholdsplaner for aktiver/enheder bør tage hensyn til en mængde forskellige problemområder, der varierer fra sted til sted. Hvert af nedenstående problemområder vil have indflydelse på beslutningen om den type vedligehold, som bliver udført:

- *Tilstedeværelsen af standby eller ekstra enheder.* Redundante enheder vil reducere behovet for at planlægge forebyggende vedligehold. Dette medfører et behov for lej-



lighedsvise tjek på de ikke-kørende enheder for at sikre, at de vil starte og fungere, som og når det ønskes

- *Ændringer i tilgængelighedsbehovet for enhederne.* Øges kravet til tilgængelighed, og der ikke ændres på vedligeholdet, vil pålideligheden på enheden lide skade. Mindskes kravet til tilgængelighed, og ingen ændringer finder sted, vil vedligeholdssindsatsen være for stor
- *Behov for at øge opmærksomheden på indsatsområderne sikkerhed og miljø samt ændringer i myndighedernes krav.* En forøgelse i vedligeholdsbudgettet pga. disse indsatsområder kan fremhæves som vedligeholdssomkostninger, der bruges for at modsvare virksomhedens politik
- *Det vedvarende pres på en udvidelse af levetiden for enhederne, efter at de er blevet idriftsat.* Vedligeholdsplaner for aktiver/enheder kan udarbejdes for et planlagt tidsrum, fx tre til fem år, og forbindes til et udskiftningsprogram. Hvis udskiftningsprogrammet ikke føres ud i livet, skal vedligeholdsbehov og planer tilpasses
- *Modifikationer og designændringer på enheder.* Designændringerne kan reducere behovet for vedligeholdsaktiviteter og kan også ændre krav til de håndværksmæssige færdigheder, der er behov for i det efterfølgende vedligehold
- *Effekten af reduktion i reservedelslagre eller servicefunktioner, som fx værkstedsfaciliteter.* Behovet for den type vedligeholdssupport bliver synliggjort som resultatet af en grundig planlægning.

Udvikling af vedligeholdsplaner og -strategier for aktiver og enheder

For at de rigtige beslutninger om virksomhedens vedligehold træffes og indpasses i de overordnede ledelsesstrategier, er det vigtigt, at vedligeholdslederen kan præsentere relevante valgmuligheder på en forståelig måde for ledelsen på højere niveauer. Det kræver, at udviklingen af vedligeholdsplaner og -strategier for aktiver/enheder trinvist udføres på en struktureret måde, hvilket vises i figur 12.3 og uddybes i det efterfølgende.

Udvikling af aktivregister

En væsentlig forudsætning for udviklingen af et vedligeholdsprogram er et teknisk aktivregister over aktiverne og enhederne (ikke at forveksle med virksomhedens finansielle anlægsregister), som giver en omfattende og hierarkisk struktur over systemerne og enhederne. Et teknisk aktivregister hjælper vedligeholderen til at finde de enheder,

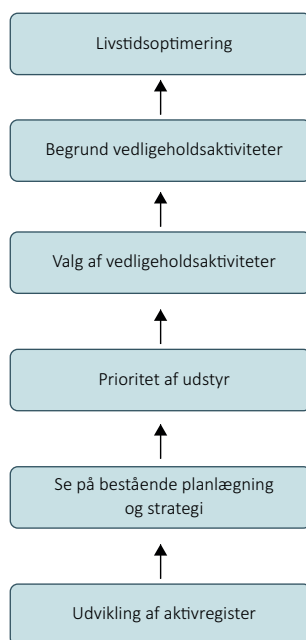


FIG. 12.3
TRINVIS UDVIKLING AF EN VEDLIGE-
HOLDSPLANLÆGNING FOR AKTIVER OG
ENHEDER

der har behov for vedligehold. Det hjælper planlæggeren til at identificere vedligeholdsaktiviteten for den specifikke enhed. Det vil i øvrigt også være den struktur, man vil anvende i et digitalt vedligeholdssystem, hvis man senere ønsker at indføre dette.

Derfor er et fuldstændigt og nøjagtigt register over stedbestede aktiver og enheder en væsentlig forudsætning for udvikling af planlægning og strategi for aktiver/enheder. Omfang og detaljeringsniveau på aktiv-/enhedsregistre er ofte et emne, som er til debat, eftersom de forskellige finansielle og tekniske interesser i en virksomhed har forskellige ønsker. Det tekniske aktivregister har typisk en mere detaljeret opdeling ned på enheder og komponenter, hvor det finansielle er på anlægsniveau til styring af afskrivninger, skat o. lign.

Et fysisk aktiv i tekniske termer er en enhed, der:

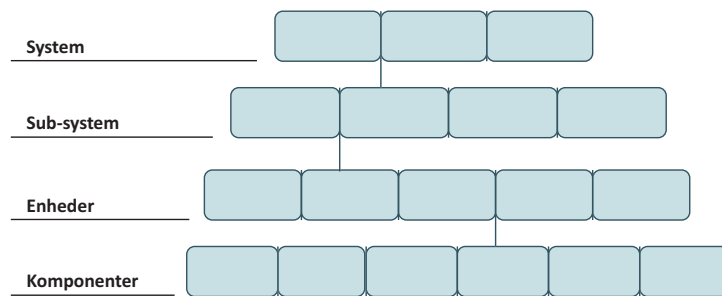
- er separat identificerbar af en håndværker
- danner baggrund for en arbejdsordre eller fejlmeddelelse
- er individuelt identificerbar, hvis det fjernes fra en speciel installation.

Mange virksomheder bruger samme hierarkiske nummerstruktur i deres produktionsstyringssystem som i vedligeholdssystemet. Anvendes vedligeholdssystemet til arbejdsordrer og fejlmeddelelser, er det vigtigt, at den fejlramte del er præcist identificerbar via nummerstrukturen, således at operatører kan oprette eller rapportere en fejl.

Princip i opbygning af aktivregister

Aktivet/enheden bliver termæssigt placeret ved teknisk identitet under det niveau, hvorunder samlingen af anlægsenheder udgøres af et system eller delsystem, og over det niveau, hvor man taler om en komponent (se figur 12.4).

FIG. 12.4
PRINCIP FOR ET AKTIVS
HIERARKISKE STRUKTUR



Ved udarbejdelsen af kritikalitetsanalyser kan man forvente, at et system eller delsystem, som består af et antal enhedsaktiver, vil blive vurderet med hensyn til prioritet som en samlet enhed eller krævet funktion. Enheden vil bestå af mindst et hovedaktiv og tilhørende enheder, der komplementerer dette. Fx kan det tekniske hovedaktiv være et rensesystem, og de tilsluttede enheder kan være pumper, beholdere, rørledninger, instrumenter, kontrolsystemer samt lokale forsyninger, såsom elektricitet, smøreolie-system, luftsistem mv.

Definering af enheder og aktiver i aktivregisteret

Ved udvikling af aktivregisteret med unikke koder for aktiver og enheder, som også kan bruges i et vedligeholdssystem, skal man se på helheden ved identifikation af enhederne. En identifikation såsom *ved siden af pakkeenheden i det nordvestlige hjørne af monterummet* er ikke præcis nok. Aktivkoder bør være korte.

Aktivkodeskemaet er overordnet hovednøglen til vedligeholdssystemets struktur. Et aktivs kodenummer kan linkes til mange andre dokumentsystemer, herunder:



-
- Forebyggende vedligeholdsplaner
 - Arbejdsordrer og fejlmeddelelser
 - Reservedelsregistre
 - Historiske informationer vedr. fejl og nedetider
 - Tegningssystemer
 - Anlægsregistre
 - Osv.
-

Aktivkoder skal ikke komplicere finanscodesystemet, og de skal heller ikke indeholde eller sammenblende numrene med omkostningsnummersystemer, tegningsnumre, reservedelsnumre eller et andet nummersystem. Alle disse nummersystemer er designet til forskellige formål, og de skal være fleksible at ændre. Det skal være muligt at ændre andre nummersystemer uden samtidig at skulle ændre aktivnumrene. På tilsvarende vis kan en reservedel bruges i mange forskellige udstyrssammenhænge, og en sammenkobling af reservedelsnummersystemet med et aktivs nummersystem kan give restriktioner i muligheden for rationel anvendelse af reservedele i forhold til beliggenheden.

En god praksis i design af et aktivs identifikationssystem er at holde det simpelt. Undgå for mange informationer, som fx arten af enheder, kapacitet, fabrikat mv., hvis de er tilgængelige andetsteds i de tekniske dataregistre.

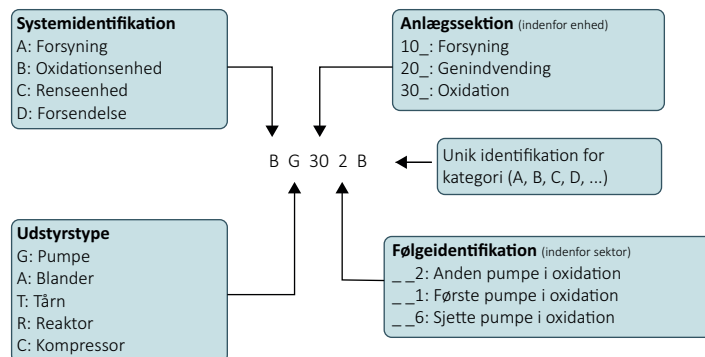
Aktivkoden skal kunne stå alene og skal give en klar indikation af udstyret og indeholde følgende:

-
- Enhedens fysiske placering
 - Arten af enheden
 - Klassifikationen af enheden.
-

Et typisk eksempel på en alfanumerisk skabelon til opbygning af et enhedsregister i fem niveauer er anvendt i figur 12.5.

Mængden af vedligeholdsaktiver vil almindeligvis være enten direkte eller indirekte knyttet til produktionen. Det er vigtigt, at alle disse aktiver er nøjagtigt nummeret og mærket. Registret skal også sætte fokus på de enheder, som kræver lovmæssige inspektioner, samt inkludere alle de enheder, hvor fejl vil compromittere kunderne i forhold til sikkerhed og miljø. Derved kan man opfylde krav til sporbarhed, som mange kunder kræver i tilfælde af fejl eller mangler i det leverede produkt.

FIG. 12.5
KODESTRUKTURER



Eksempel på aktiv-/enhedsregister:

FIG. 12.6
ET TYPISK AKTIV-/
ENHEDSREGISTER FRA SAP-
VEDLIGEHOLDSMODUL

NAK-17-03	Centrifugals
NAK-17-03-0011	Centrifuge 11 S6301.1 Melis 1
NAK-17-03-0011-1TSH63629	Temperatur motor Centrifuge 11
NAK-17-03-0011-1XV63610A	Fyldmassespjæld (hoved) Centr. 11
NAK-17-03-0011-1XV63611	Dråbespjæld fyldmasserør Centr. 11
NAK-17-03-0011-1XV63613	Ventil for kegle Centrifuge 11
NAK-17-03-0011-1XV63614A	Ventil for plov ud/ind Centrifuge 11
NAK-17-03-0011-1XV63614C	Ventil for plov op/ned Centrifuge 11
NAK-17-03-0011-1XV63618	Skyllsaft dråbespjæld Centr. 11
NAK-17-03-0011-1XV63619	Dæksaftventil Centrifuge 11
NAK-17-03-0011-1XV63620	Tyndsaftventil Centrifuge 11
...	...

Se på bestående planlægning og strategi

For at kunne bestemme, om det bestående vedligeholdsprogram stadig er relevant for at kunne etablere en proaktivt vedligeholdsservice for fremtiden, er det væsentligt at se på, hvad basis var for de bestående vedligeholdsplaner for aktiver og enheder. Der bør stilles spørgsmål, der belyser, hvordan vedligeholdsplanerne for aktiverne blev bestemt, og om de valg af vedligeholdstyper og aktiviteter stadig har relevans. Spørgsmålene skal også klarlægge, hvordan vedligeholdsaktiviteterne blev forklaret, om håndværksmæssige krav er ændret, og hvordan frekvenser og varigheder blev bestemt.



Revurdering af bestående planlægning og vedligeholdstrategi

En revurdering af bestående vedligeholdsmål, -strategier og -planer vil være en hjælp ved bestemmelse af de forbedringer, som er relevante i forhold til tidligere fremgangsmåder. Desuden vil en revurdering kunne virke motiverende ved gennemførelsen af nye vedligeholdsprogrammer. Revurderingen bør indeholde følgende:

-
- *Evaluering af den procentvise fordeling af planlagt vedligeholdsarbejde.* Denne procentfordeling fortæller ikke, om det udførte arbejde er med den rigtige vedligeholdsmetode, men den vil fortælle, om der er et tilfredsstillende målesystem, som registrerer, hvad der bliver lavet
 - *Evaluering af mængden og indholdet af udestående arbejder,* samt undersøgelse af, hvordan dette, fx over en fireugers periode, deles op. Undersøgelsen kan også være en indikator for kundernes tilfredshed
 - *Revurdering af, om hovedomkostningerne er som forventet.* Hvis behovet ikke er som forventet, bør man undersøge, hvorfor der er uoverensstemmelser mellem forventninger og behov.
-

Prioritet af udstyr

Med et stigende pres på budgetter er det vigtigt at rette vedligeholdssindsatsen ind på områder, som vil give størst fordel med en minimering af risici. Til det arbejde vil en kritikalitetsanalyse hjælpe med at prioritere enhederne på system- eller undersystem-niveau, og det vil vise, hvor indsatsen skal sættes ind for at udvikle vedligeholdspanlægningsprogrammet. Kritikalitet kan også anvendes til at definere en reservedelsstrategi samt til planlægning af et sikkerhedsinspektionsprogram.

Eksempler på to metoder til kritikalitetsanalyse, der uddybes i afsnittet:

Metode 1

- Først kategoriseres enhedsfejl efter betydningen af fejl. Typiske kategorier indeholder: Sikkerhed, miljøpåvirkning, produktion, leveringssikkerhed og andre
- Dernæst fastlægges målbare parametre for, hvordan konsekvenserne kan bestemmes. Parametrene værdisættes, således at de sammenlagt vil resultere i en individuel score for hver enkel enhed
- Til sidst prioriteres aktiviteterne for enheden på baggrund af scoren.

Metode 2

- Først kategoriseres enhederne efter risici ved fejl. Typiske kategorityper indeholder: Sikkerhed, miljøpåvirkning, produktionstab, leveringssikkerhed og andre
- Hver af kategorierne inddeles trinvist (fx fem trin) i såvel alvorlighed (konsekvens) som i hyppighed (frekvens). Hver enhed finder sin plads med baggrund i krydsfeltet mellem alvorlighed og hyppighed ved den respektive kategoritype
- Til sidst vælges aktivitet med baggrund i krydsfeltets placering.

Kritikalitetsanalyse

En kritikalitetsanalyse er beregnet til at fastlægge en prioriteret opstilling over alle de enheder, der kræver vedligehold. Prioriteringen kan fastlægges på flere måder, som anført i det følgende.

Analyserne har flere økonomiske fordele for vedligeholdsfunktionen. Det hjælper med til at forklare vedligeholdets betydning ved at sætte fokus og værdi på risici i de forskellige kategorier. Det skaber også en sammenhæng mellem budget og udstyrsenhederne, og det gør opmærksom på forbindelsen mellem målene og de nødvendige tilgængeligheder for enhederne.

Det første trin ved en kritikalitetsanalyse er at blive enige om, hvordan det skal udføres, og indeholder følgende:

- *Beslut det aktive niveau, hvor analyserne skal foregå.* Det vil typisk være en sektion af pakkemaskiner eller et pumpesystem inklusiv dets tilhørende rørsystemer, tanke, instrumenter og kontrolenheder, eller det kan være dele af et kedelsystem. Det er ofte på subsystem-niveau
- *Indsaml de informationer, som er til rådighed for analyserne.* Dette vil indeholde følgende:
 - Aktiv-/enhedsregisteret og enhedslistor
 - Produktion, fabrikation eller procesflowdiagrammer
 - Systemidentifikationer (P&I diagrammer), der viser rørsystemer, instrumentering og elektricitet
 - Erfaringer og viden fra ingeniører, maskinmestre, produktions-/driftspersonale, vedligeholdspersonale og sikkerhedseksperter
- *Opdel enheder i kategorier efter relevans for virksomheden.* Dette skal afspejle firmaets politikker, specielt med hensyn til sikkerhed, miljø og leveringssikkerhed. Det skal også reflektere driftens hovedforretningsområde



- Sæt de forskellige parametre op for vigtighed inden for hver kategori. Dette er en sammenligning over konsekvenser ved enhedsfunktionsfejl. Det valgte kriterium afhænger helt og holdent af de respektive virksomheder og den enhed, der er tale om. Herefter står kun tilbage at kategorisere og prioritere enheder. De trin, som man skal igennem, kan variere, men typisk vil de være som beskrevet i det efterfølgende.

Kategorisering

Hvert system, subsystem eller udstyrsenhed kategoriseres afhængigt af den funktion, der beskriver dets hovedanvendelse. Eksempler på fire kategorier, som ofte bruges, er:

- Sikkerhed
- Miljø (kan yderligere deles i fx internt miljø, eksternt miljø og psykisk arbejdsmiljø)
- Produktion og leveringssikkerhed
- Andet (firmaafhængigt, kan fx være lugtgener, udslipgener, presseomtale, følgeskader).

Formålet med kategoriseringen i trin er at klassificere enheder som funktion af den risikotype, der er i tilknytning til enhedens hovedfunktion. Med fokus på de rigtige og vigtigste parametre for sikkerhed, miljø og produktion iværksættes vedligeholdelsesaktiviteter, som modsvarer kategoriseringen.

Bemærk også, at enhederne normalt vil være repræsenteret i alle kategorier, men med forskellig placering i krydsfelterne mellem konsekvenser og frekvenser. Netop disse placeringer vil derfor komme til at bestemme, hvor og hvor meget man skal sætte ind med.

FIG. 12.7
MÅLENE FOR VEDLIGEHOLDSFUNKTIONEN FOR HVER KATEGORI

Sikkerhed	Enheder, som øger sikkerhed, advarsel eller beskyttelse	Kontinuerlig tilgængelighed af enheden. Skal fungere, når det kræves
Miljø	Enheder, som er dele af produktionsprocessen, indeholder potentielle kilder til antændelse eller potentielle kilder til overlast	Minimalt antal fejl Skal have en lav fejlrisiko
Produktion og leveringssikkerhed	Enheder, som har en direkte eller indirekte nedsættende effekt på produktionskapaciteten	Tilgængelig, hvis aktiviteterne kan retfærdiggøres ved en cost/benefit analyse af direkte og indirekte omkostninger
Andet	Enheder eller "andre", der ikke har nogen direkte virkning på sikkerhed, miljø eller produktionen	Minimum direkte omkostninger



Kategorien sætter fokus på de mest dominerende risici-klasser i forhold til hovedfunktionen, selv om det i praksis vil vise sig, at en del enheder vil blive vurderet til at tjene flere funktioner. Det niveau, som man kan tillade rent sikkerhedsmæssigt, afhænger af de processer, der finder sted i virksomheden. Skal enhederne være til rådighed hele tiden, kan man ikke tillade nogen risiko overhovedet på noget som helst sted. Det krav kan tale for, at man behandler sikkerheds- og miljøudstyr i en gruppe for sig selv. For enheder, som vurderes at have en risiko for produktionens funktion, vil vurderingen almindeligvis være baseret på omkostninger ved tabt produktion.

Prioritering ved omkostning

De parametre, der vælges inden for hver kategori, bør reflektere de overordnede mål for kategorien og kunne på listeform se ud som følger:

Sikkerhed- og miljøkategorier

- Omkostninger ved at opretholde et ønsket niveau på sikkerhed og miljø
- Omkostninger ved sikkerheds- eller miljøbetingede ulykker.

Produktions-/leveringskategori

- Renoveringsomkostninger
- Omkostninger til tabt produktion
- Omkostninger til støttefunktioner.

Andre

- Renovering og støttefunktionsomkostninger
 - Evt. omkostninger til tab på image.
-

Inden for disse overskrifter skal parametrene være indeholdt, fx som vist nedenstående. Et *scoresystem*, som laves på baggrund af graden af de typiske fejlkonsekvenser på enhederne, opstilles for hvert af parametrene. Den totale score er summen af alle de enkelte scorer for alle parametre og for alle de typiske fejl. På den måde vil den enhed, der har højeste prioritet, også være den med højeste antal totale omkostninger.

Indgangsnøglen til prioriteringen af enheden kan findes på flere forskellige måder. Fx kan der tages hensyn til parametrene inden for de vigtigste kategorier, eller man kan vælge at tage alle parametrene for hver enhed med. Nogle virksomheder foretrækker, at man ikke sammenblander sikkerhedsspørgsmål med andre kategorier, idet filosofien er, at sikkerhedsforhold kræver en speciel politik. Hvis man ikke har den holdning, og parametrenes kriterier er valgt med omhu samt tilfredsstillende er vægtet



mod hinanden, vil man ende med en enkelt opstilling lavet alene på baggrund af omkostninger. På den måde er sikkerhedsenheder, produktionsenheder og andre kategorier direkte sammenholdt mod hinanden.

Nedenstående viser nogle formler, der kan danne baggrund for sådanne omkostningsberegninger. Formlerne er imidlertid kun brugbare, hvis de respektive virksomheder har fastlagt værdigrænserne for de forskellige parametre, som indgår i formlerne. Dette kan til gengæld også kun gøres i de enkelte virksomheder på baggrund af en blanding af objektive samt subjektive vurderinger.

FIG. 12.8
OMKOSTNINGSBEREGNING

<p>Omkostninger ved sikkerhed og miljø</p> <p>Ulykkes <u>S</u>andsynlighed Ulykkes <u>H</u>ypighed <u>S</u>predningsfaktor <u>M</u>enneskelige omkostninger <u>M</u>aterielle omkostninger <u>M</u>iljømæssige omkostninger <u>N</u>edetidsomkostninger Omkostninger = $S \cdot H \cdot Sp \cdot (Me + Ma + Mi + N)$</p>	<p>Omkostninger ved produktionstab</p> <p><u>F</u>ejlhyppighed <u>V</u>arsling af fejl <u>P</u>roduktionsomkostning <u>S</u>ystemafhængighed <u>P</u>roduktionens <u>N</u>edetid <u>B</u>uffer ved mellemlagre Omkostninger = $F \cdot V \cdot Pr \cdot S \cdot (PrN - B)$</p>
<p>Omkostninger ved reoveringer</p> <p><u>F</u>ejlhyppighed <u>V</u>arsling for fejl Omkostning til <u>M</u>andetimer <u>R</u>eservedelsomkostninger Omkostninger = $F \cdot V \cdot (M + R)$</p>	<p>Omkostninger ved logistik</p> <p><u>F</u>ejlhyppighed <u>S</u>ystemafhængighed <u>T</u>ransportomkostninger <u>A</u>fværgeomkostninger Omkostninger = $F \cdot ((S \cdot T) + A)$</p>

Prioritering med baggrund i Risk Assessment Matrix (RAM-matrix)

RAM-matrix, Risk Assessment Matrix, er udviklet sideløbende med RCM og er en metode, der anvendes af især højriskvirksomheder.

Også ved denne metode starter man med at beslutte, hvilke kategorier man vil arbejde med i egen virksomhed. I nedenstående eksempel er *Personssikkerhed*, *Udstyrssikkerhed*, *Miljø* og *Omdømme* valgt.

Herefter fastlægges grænser for alvorlighed (konsekvens) for hver af de enkelte kategorier. I nedenstående matrixeksempel (figur 12.9) er valgt seks trin fra 0-5 som ordinatværdier. Man fastlægger efterfølgende hyppighed (frekvens), hvor der i eksemplet



er valgt fem trin fra A til E som absцisseværdier. Både konsekvenser samt frekvens udtrykkes desuden med en sproglig tolkning, som vist.

Matrixen er i dette tilfælde nu dannet med 30 krydsfelter. Inden matrixen kan bruges, skal inddelingen af krydsfelterne i de forskellige områder defineres, således at brugerne kender til prioriteterne for iværksættelse af valgte aktiviteter:

-
- Rødt område: Aktiviteten skal iværksættes straks
 - Gult område: Planlæg en aktivitet til iværksættelse snarest muligt
 - Blåt område: Aktivitet iværksættes sammen med en anden passende aktivitet på et passende tidspunkt.
-

Ved brug af matrixen skal man for hver enkel enhed forholde sig til alle kategorier.

Eksempel

En enhed er vurderet i henhold til nedenstående matrix, og man har fået følgende fire vurderinger: Personssikkerhed (B1), Udstyrssikkerhed (B2), Miljø (D4) og Omdømme (D2).

Eksemplet viser, at ved personssikkerhed (B1) og udstyrssikkerhed (B2), hvor begge scorer ligger i grønt område, kan en iværksættelse af passende aktiviteter til et passende tidspunkt for produktionen vente, hvor også andre aktiviteter skulle i gang. Omdømme får en score på (D2) og ligger i gult område, hvilket betyder, at vi skal sætte aktiviteter i gang snarest muligt og altså ikke kan vente på, at andre ting skal laves. Største score får imidlertid miljø med (D4), hvilket siger, at der straks skal iværksættes de nødvendige aktiviteter. Måske endda med den konsekvens, at der straks laves et stop af anlæg, indtil det nødvendige er gjort.

Prioritering med baggrund i påvirkning af produktion

Andre, mere simple metoder for bestemmelse af kritikalitet på enheden kan bruges. Disse metoder har en tendens til at blive mere subjektive end *omkostningsvejen*, som er vist i det foregående. Man kan imidlertid opnå en prioriteret liste på noget kortere tid (inden for dage til uger). Man kan også adskille sikkerhed og andre kategorier og tillade separate prioriteringer af hver enkelt.

En metode kunne være at bestemme virkningen af udstyrsfejl i hver kategori i forhold til evnen til at kunne fortsætte produktionen, hvis en fejl skulle indtræffe. Metoden udføres på følgende måde:



FIG. 12.9
RISK ASSESSMENT MATRIX (RAM-MATRIX)

Alvorlighed	Konsekvenser				Stigende sandsynlighed				
	Mennesker	Udstyr	Miljø	Omdømme	A	B	C	D	E
					Aldrig hørt om i branchen	Hørt om i branchen	Er sket i organisationen eller mere end en gang om året i branchen	Er sket på stedet, eller mere end en gang om året i organisationen	Er sket mere end en gang om året på stedet
Ingen personskade eller sundhedseffekt	Ingen skade	Ingen virkning	Ingen indflydelse						
Let personskade eller sundhedseffekt	Let skade	Let virkning	Let indflydelse						
Mindre personskade eller sundhedseffekt	Mindre skade	Mindre virkning	Mindre indflydelse						
Større personskade eller sundhedseffekt	Moderat skade	Moderat virkning	Moderat indflydelse						
PTD eller op til 3 omkomne	Stor skade	Stor virkning	Stor indflydelse						
Mere en 3 omkomne	Massiv skade	Massiv virkning	Massiv indflydelse						

- Først inddeles enhederne i kategorier: *Sikkerhed, Miljø, Produktion og Andre*
- Fastlæg derefter den umiddelbare virkning på produktionen for kategorierne Sikkerhed og Miljø, hvis udstyret ikke er tilgængeligt. En score afhænger af, om produktionen vil være: *Upåvirket, Berørt, Påvirket* eller *Stoppet*
- Sikkerhedsudstyret, dvs. sikkerhedssensorerne øverst på prioriteringslisten
- For kategorien Produktion kalkuleres de direkte omkostninger for vedligeholdelsesreparationsarbejder og de indirekte omkostninger ved påvirkning på produktionen. Sammenlæg derefter tallene for at give en relativ prioritering af produktionsenhederne
- For kategorien Andre beregnes de direkte omkostninger, heri indbefattet omkostninger til vedligeholdelsesarbejde samt til logistiske forhold. Prioriter herefter.

Metodikken giver ikke en komplet sammenligning af alle enheder, men hvis den bruges rigtigt, kan den give en ganske god baggrund for valg af gode aktiviteter. Meget ofte vil prioriteringen af kategorierne Sikkerhed og Miljø være forhold, hvor man alene



forsøger at tilgodese myndighedernes krav. Det er ikke en brugbar løsning, og det anbefales derfor at have stor fokus på sikkerhed. Mange virksomheder er ISO-certificeret og måler både ulykkesfrekvens og nær-ved ulykker som middel til kontinuerte forbedringer. Ulykkesstatistikkerne gøres synlige såvel internt i virksomheden som ved hoveindgangen overfor offentligheden for at vise, at sikkerhed har højeste prioritet.

Valg af vedligeholdsaktiviteterne

De teknikker, der tidligere blev brugt til udvikling af vedligeholdsaktiviteter, tog ofte udgangspunkt i de anbefalinger, som producenterne af enhederne kom med. Leverandørernes anbefalinger anviser ofte en uforholdsmæssig stor andel overhalinger og forudbestemte vedligeholdsarbejder, der kan resultere i et betydeligt reservedelsforbrug. Derfor kan det kun anbefales at følge producentens anbefalinger i garantiperioden. Efter garantiperioden bør man analysere, hvilke vedligeholdstyper og aktiviteter der fremadrettet skal anvendes. Den bedste analysemetode er RCM, Reliability Centered Maintenance, som omtales senere.

Fremskridt i vedligeholdsmetoder

Ved udvikling af vedligeholdsprogrammer har vedligeholdsledere gennem tiderne ofte arbejdet ud fra princippet, at der kun fandtes to vedligeholdsmetoder: Afhjælpende og forudbestemt vedligehold.

Afhjælpende vedligehold eller reparation efter havari (havaribaseret vedligehold) vælges, når følgeomkostningerne ved fejl er lave, og når tiden til reparation af enheden er lille. Metoden er indbegrebet af det reaktive vedligeholdssvar, og der kan være behov for store investeringer i reservedele samt relativt stor fleksibilitet i rådigheden over håndværkerne. Forudbestemt vedligehold, ofte benævnt skemalagt forebyggende vedligehold, er tids-, tæller- eller kalenderbaseret.

Forudbestemt vedligehold kan i en del tilfælde resultere i cost/benefit-forbedringer på op til 30 % sammenlignet med den afhjælpende metode. Dets økonomi afhænger i høj grad af viden om intervallerne mellem fejl, og at disse kan fastlægges med rimelig nøjagtighed. De skemalagte vedligeholdintervaller er derfor resultatet af målinger på livstider for de respektive komponenter og en efterfølgende fastlæggelse af frekvensen for passende vedligeholdsaktiviteter eller udskiftning af komponenter.

Eksempler på forudbestemte vedligeholdsaktiviteter kan være følgende:

-
- Smøring og inspektion
 - Planlagte, forebyggende aktiviteter



- Skemalagte overhalinger
 - Skemalagte udskiftninger.
-

Forudbestemt vedligehold kan ofte være en fordel i sammenligning med afhjælpende vedligehold, men den kan, hvis diagnosen over enhedsfejl er unøjagtig, resultere i meget vedligeholdsarbejde og et stort reservedelsforbrug. Forudbestemt vedligehold kan også resultere i, at man utilsigtet indbygger nye fejl i maskinen ved adskillelse og samling og derved reducerer anlæggets tilgængelighed.

Vedligeholdsledere har i deres søgen efter at reducere omkostningerne vendt sig mod metoder, der virker mere proaktive, såsom:

- Design efter forbedring af pålidelighed
 - Design efter mindre eller/og lettere vedligehold
 - Forudsigeligt/tilstandsbaseret vedligehold
 - Funktionstest for at finde potentielle fejlkilder.
-

Den øgede anvendelse af forudsigeligt vedligehold ved brug af egnet tilstandskontrolmåling har i mange tilfælde frembragt betydelige besparelser i sammenligning med resultaterne ved vedligehold, der er domineret af forudbestemte programmer. Besparelserne fremkommer ved reduceret behov for stop af anlægget i utide pga. vedligeholdsaktiviteter. Man undgår mange af de store fejl med efterfølgende produktionsomkostninger og enorme vedligeholdelseskostninger. Mængden af forudbestemt vedligehold reduceres til fordel for forudsigeligt vedligehold.

Ved at anvende tilstandsbaseret vedligehold vil man ofte få bedre mulighed for at holde øje med balancerings- samt opretningstilstanden på det roterende tekniske udstyr, og dette i sig selv har en meget stor betydning, hvilket kan ses i flere undersøgelser.

Til eksempel kan nævnes, at lejer, som er de maskinkomponenter, der skal overføre kræfterne fra de roterende dele til maskinernes rammer, kun opnår reelle levetider, der svarer til mellem 10 og 20 % af de levetider, de er designet til. Nogle af de væsentligste årsager til de lave tal er, at lejer får forøget deres belastninger pga. dårlige balanceringsforhold samt dårlige opretningstilstande. Begge forhold vil kunne detekteres ved de rette valg af tilstandskontrolmålinger.

I en petrokemisk industrivirksomhed har man lavet undersøgelser af, hvad der kunne opnås ved at oprette ordentligt. Man kunne dokumentere, at levetiderne på lejer blev forbedret med en faktor 8, at vedligeholdelseskostningerne blev reduceret med 7 %, samt at maskinernes tilgængeligheder blev forøget med ikke mindre end 12 %. Dette



eksempel er et lille statistisk grundlag, men andre undersøgelser viser samme forbedringspotentiale.

Begrund vedligeholdsaktiviteter

Spændvidden af planlagte vedligeholdstyper og -aktiviteter er meget stor. En vurdering af de valgmuligheder, der er til rådighed, og de muligheder, der er for besparelser ved den ene metode frem for den anden, er meget vigtig for en vedligeholdsleder.

Vedligeholdstyper og -aktiviteter skal enten være omkostningseffektive eller vigtige pga. sikkerhedsmæssige eller lignende konsekvenser. Hvis en begyndende enhedsfejl er tidsmæssigt indlysende, kan tilstandskontrolmåling være mere økonomisk end forudbestemt vedligehold. Man skal blot huske, at tilstandskontrolmåling ikke reparerer enhedens tilstand. På den anden side vil der være tilfælde, hvor forudbestemt vedligehold ofte er mere økonomisk end en udskiftningspolitik eller kørsel til havari.

Fastlæggelse af frekvenser på planlagte vedligeholdsaktiviteter afhænger af en række forskellige parametre, heri inkluderet fejltypen, fejlfrekvens, og om fejl optræder ved ensartede intervaller i alle tilfælde. En optimal frekvens for udførelse af en vedligeholdsaktivitet, hvor konsekvenserne af fejl er produktionsrelateret, er dér, hvor summen af omkostninger til vedligehold og tabt produktion er på et minimum. Kalkulation af den optimale frekvens besværliggøres ofte pga. manglende informationer om de enkelte enhedsfejl.

Har man implementeret fejlkoder i sine fejlmeddelelser (notifikationer) i sit vedligeholdssystem, er det et godt værktøj til at synliggøre fejl og fejlfrekvenser. Fejlmeddelelserne kan sorteres, og fejlanalyser kan gennemføres, og man har dermed mulighed for at lave nogle meget kvalificerede og nøjagtige MTBF-beregninger og dermed synliggøre, hvor der skal sættes ind for at sikre lavest mulige totalomkostninger.

Livstidsoptimering

Man må ofte revurdere planlægningen, når aktiver og enheder enten skal bruges ud over det, der var planlagt som livscyklus eller som en del af en planlagt nedbrydning. Der bør foretages en løbende evaluering, gerne årligt i forbindelse med budgetarbejdet, således at man koordinerer og er enige med de investeringsansvarlige om, hvad der er CAPEX (investeringer og modifikationer) og OPEX (vedligehold).

Hvis enhedernes levetider udvides, eller der korrigeres på de planlagte nedjusteringer i enhedens tilstand med ønsket om at minimere omkostningerne, bør der foretages en grundig kritikalitetsundersøgelse for at klarlægge potentielle forøgelser i fejlsandsynligheder, samt hvad der skal til for at sikre den ønskede driftssikkerhed.



Opgave | #10

- 1. Hvad er definitionen for en vedligeholdsplan?*
- 2. Hvad kan SAMI pyramiden (vedligeholdstrekanten) bruges til?*
- 3. Nævn 4 eksempler på aktiviteter til forudbestemt vedligehold*
- 4. Hvad forstås ved en anlægsstruktur?*
- 5. Hvad bruger man en RAM matrix til?*