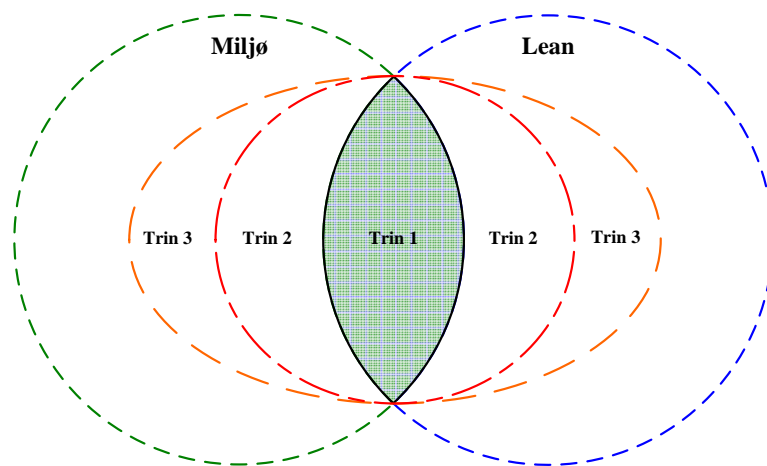


Samspil mellem Lean Manufacturing og miljøoptimering

- med eksempler fra dansk bioteknologisk industri



Jens Christian Aggerbeck & Nanja Hedal

Institut for Produktion & Ledelse
Danmarks Tekniske Universitet



Juni 2006

Samspil mellem Lean Manufacturing og miljøoptimering

- med eksempler fra dansk bioteknologisk industri

Af:

Jens Christian Aggerbeck, s001640

Nanja Hedal, s001591

Vejleder:

Lektor Henrik Wenzel

Institut for Produktion og Ledelse, DTU

Medvejleder:

Lektor Peter Jacobsen

Institut for Produktion og Ledelse, DTU

For yderligere informationer kontakt:

Jens Christian Aggerbeck: aggerbeck@gmail.com

Nanja Hedal: nanjahedal@gmail.com

Forord

Denne rapport beskriver mulighederne for samspil mellem Lean Manufacturing og miljøoptimering med henblik på, at danske virksomheder kan høste de synergier, der er mellem Lean- og miljøarbejdet. Projektet er et eksamensprojekt på 30 ECTS-points, og det er gennemført ved Institut for Produktion og Ledelse på Danmarks Tekniske Universitet i første halvdel af 2006.

Vi ønsker at takke de involverede virksomheder for deres store interesse for projektet og medvirken til at gøre dette projekt muligt. Specielt vil vi takke miljøkoordinator Helle Nayberg og Lean-koordinator Anders Arnum Jensen, Novo Nordisk A/S; miljøkoordinator Steen Olesen, Chr. Hansen A/S samt teamleder for miljø- og arbejdsmiljøafdelingen Anja Asgaard og Lean-projektleder Paul Wiberg-Jørgensen, H. Lundbeck A/S. Desuden ønsker vi at takke alle de medarbejdere fra virksomhederne, som har vist interesse for projektet og bidraget med oplysninger, idéer og feedback.

Derudover vil vi gerne takke Lektor Henrik Wenzel og Lektor Peter Jacobsen for god vejledning og konstruktiv kritik undervejs i projektforsløbet.

DTU, 30. juni 2006

Jens Christian Aggerbeck

Nanja Hedal

Resumé

Siden 1990'erne har Lean Manufacturing (herefter Lean) vundet stor indpas over hele verden, og i Danmark har stadig flere virksomheder taget Lean-filosofien til sig. Indførelsen af Lean sker i de fleste virksomheder uafhængigt af og uden hensyntagen til miljøarbejdet, og der er kun få undersøgelser af, om arbejdet med miljøoptimering modarbejdes eller understøttes af Lean-tankegangen. Denne rapport afklarer rationaliseringsgevinster ved integration af Lean og miljøoptimering og giver konkrete forslag til, hvorledes virksomhederne kan høste disse synergier.

Projektet er opdelt i tre hovedfaser:

- Afklaring af synergier og antagonier på teoretisk niveau med udgangspunkt i udvalgte Lean- og miljøværktøjer.
- Cases, der illustrerer samspillet mellem Lean og miljø i Novo Nordisk A/S, Chr. Hansen A/S og H. Lundbeck A/S.
- Udvikling af et Lean & Green-værktøj, der indeholder forslag til, hvorledes virksomheder kan integrere Lean og miljøoptimering.

I projektet er udvalgt en række ledelsesorienterede og konstruktive værktøjer, som anvendes inden for Lean og miljøoptimering:

	Lean-værktøjer	Miljøværktøjer
Ledelsesorienterede	Kaizen Just in Time Production Supply Chain Management Total Quality Management	Miljøledelse Miljøøkonomistyring
Konstruktive	5S Kanban Value Stream Mapping SMED Total Productive Maintenance	Eco-Design Livscyklusvurdering Procesintegration Affaldsminimering Procesintensivering

Nøgleaspekterne i samspillet mellem Lean og miljø er de forbedringer inden for Lean, der er relaterede til øget produktivitet og kapacitet samt minimering af spild, som i Lean-terminologien er inddelt i syv typer, bl.a. ventetid og unødvendige lagre. Disse forbedringer medfører en reduktion i miljøeffekterne pr. produceret enhed.

De empiriske undersøgelser understøtter generelt disse positive miljømæssige konsekvenser af at indføre Lean, med undtagelse af Just in Time Production, hvor forkert dimensionerede maskiner og øget behov for rengøring i denne case medfører

negative miljømæssige konsekvenser. Positive miljøkonsekvenser i andre dele af forsyningskæden kan dog medføre "trade-offs".

Ud fra de identificerede sammenhænge er der udviklet et Lean & Green-værktøj, der består af tre trin med en række forslag og anbefalinger til, hvorledes virksomhederne kan høste endnu flere synergier og undgå antagonier mellem Lean og miljøoptimering.

Trin 1 – Lean & Green Thinking – beskriver de ledelsesmæssige og strategiske overvejelser, der er knyttet til arbejdet med Lean og miljøoptimering, og hvordan virksomhederne skaber fundamentet for at integrere Lean- og miljøarbejdet. Medarbejderinddragelse er et altafgørende element i Lean, og det anbefales, at virksomhederne medtager miljø i den kulturændring, som er nødvendig for få succes med medarbejderinddragelsen.

Trin 2 – Lean & Green på produktions- og procesniveau – indeholder en række forslag til, hvordan virksomhederne kan integrere miljøhensyn og brugen af miljøværktøjer i Lean-arbejdet. Det største potentiale er identificeret inden for Lean-værktøjerne Kaizen, Total Quality Management, 5S og Value Stream Mapping. De konkrete forslag til integration af miljø i disse værktøjer er:

- Kaizen: Ved at informere medarbejderne om miljøforhold og miljøspild (fx via Miljøledelse) opnås forslag til miljøforbedringer. Det anbefales desuden at foretage en miljøscreening af alle Kaizen-forslag for at sikre, at der ikke er negative miljøkonsekvenser forbundet med disse.
- Total Quality Management: ISO-standarderne for kvalitet og for miljø er tæt relaterede, og der er derfor en gevinst ved at samkøre disse to områder. Dette gøres allerede i mange virksomheder.
- 5S: Ved at indføre miljøhensyn forankres Lean & Green. Affaldsminimering kan supplere dette arbejde.
- Value Stream Mapping: Miljødata integreres i kortlægningen, og der kan gøres brug af miljøværktøjerne Affaldsminimering, Procesintegration og Procesintensivering til specifik problemløsning.

Trin 3 – Produktorienteret Lean & Green – beskriver i overordnede træk mulighederne for at integrere Lean og miljø i hele forsyningskæden eksempelvis ved at koble Supply Chain Management og Livscyklusvurdering.

Værktøjet er præsenteret for case-virksomhederne for derigennem at validere det. Enkelte idéer og pointer er efterfølgende rettet til ud fra den feedback, der blev givet. Desuden viser eksempler fra Novo Nordisk og Lundbeck, hvor VSM og Kaizen er brugt som værktøj til at opnå reduktioner i vand- og energiforbrug samt affald, at der kan opnås store økonomiske og miljømæssige gevinster, når Lean og miljøoptimering integreres.

Case-virksomhederne og andre interessenter har vist stor interesse gennem hele projektet, hvilket delvist kan tilskrives, at ingen tidligere har dokumenteret denne sammenhæng mellem Lean og miljø i danske virksomheder. Case-virksomhederne er blevet tilført kompetencer inden for området og har allerede taget mange af idéerne til sig. Det er indtrykket, at virksomhederne i fremtiden vil benytte sig af den viden, de har opnået gennem deltagelse i projektet, og som er præsenteret i denne rapport. Ligeledes vil andre virksomheder kunne blive inspireret til at optimere deres arbejde med Lean og miljø på denne måde. Der er med projektet etableret et fundament for yderligere samarbejde mellem Lean- og miljøområdet i virksomhederne og på Danmarks Tekniske Universitet.

Abstract

Since the 1990s Lean Manufacturing (called Lean) has gained popularity all over the world, and several companies in Denmark have adopted the philosophy of Lean. The implementation of Lean is done without addressing environmental issues, and only a few studies have investigated whether Lean is supporting or counteracting Green Manufacturing. This report reveals the efficiency gains of integrating Lean and Green Manufacturing and suggests how companies can reap the benefits.

The project has three main phases:

- Determine the synergies and antagonisms at a theoretical level using selected Lean and Green tools.
- Cases illustrating the interaction between Lean and the environment in Novo Nordisk A/S, Chr. Hansen A/S and H. Lundbeck A/S.
- Development of a Lean & Green tool with suggestions for integration of Lean and Green Manufacturing in companies.

Among several tools used within Lean and Green Manufacturing a number of management tools and constructive tools have been selected:

	Lean tools	Green tools
Management	Kaizen Just in Time Production Supply Chain Management Total Quality Management	Environmental Management Environmental Management Accounting
Constructive	5S Kanban Value Stream Mapping SMED Total Productive Maintenance	Eco-Design Life Cycle Assessment Process Integration Waste Minimization Process Intensification

The key aspects of the interactions between Lean and the environment are the improvements within Lean related to increased productivity, increased capacity and elimination of waste, which the Lean philosophy divides into seven types (e.g. waiting and unnecessary inventory). These improvements cause a reduction in environmental effects per produced unit.

In general, the empirical investigations support these environmental benefits of introducing Lean, but Just in Time Production is the exception due to lack of possibilities of adjusting the machinery and increased demand for cleaning. Trade-

offs might occur, if positive environmental consequences are identified in other parts of the supply chain.

A Lean & Green tool has been developed on the basis of the identified links between Lean and the environment. The tool consists of three steps with suggestions and recommendations for the companies on how to gain benefits from integrating Lean and Green Manufacturing.

Step 1 – Lean & Green Thinking – describes the managerial and strategic considerations connected with the work with Lean and Green Manufacturing and how the companies create the basis of integration. Involvement of employees is an essential part of Lean, and it is recommended that the companies incorporate environmental concerns into the change of organizational culture necessary to succeed in involving the employees.

Step 2 – Lean & Green at production and process level – contains a number of suggestions on how to integrate environmental concerns and the use of environmental tools into Lean. The largest potential is found within Kaizen, Total Quality Management, 5S and Value Stream Mapping. The suggestions for integration of environment into these tools are:

- Kaizen: By teaching the employees about environmental concerns and environmental waste (e.g. by the use of Environmental Management Systems), suggestions for environmental improvements can be obtained. Furthermore, an environmental screening of all Kaizen suggestions is recommended to identify possible negative environmental consequences.
- Total Quality Management: The ISO standards for quality and for environment are closely connected and it is beneficial for the company to coordinate these areas of work. This is already done in many companies.
- 5S: By introducing environmental concerns, Lean & Green is embedded. Waste minimization can support this work.
- Value Stream Mapping: Environmental data is integrated in the mapping, and the Green tools Waste Minimization, Process Integration and Process Intensification can be used for specific problem solving.

Step 3 – Product-oriented Lean & Green – briefly describes the possibilities of integrating Lean and Green Manufacturing in the supply chain. This could be done by linking Supply Chain Management and Life Cycle Assessment.

The Lean & Green tool has been presented to the case companies to validate the tool. Following these presentations, some ideas and main points have been revised in accordance with feedback obtained. Furthermore, examples from Novo Nordisk and Lundbeck, where Lean is used for achieving reductions in waste and the use of water and energy, shows that significant economical and environmental benefits are gained from integrating Lean and Green Manufacturing.

The case companies and other stakeholders have shown great interest throughout the project. This can partly be ascribed to the fact that nobody ever documented this link between Lean and the environment in Danish companies. The case companies have gained competencies within the field and have already accepted a lot of the ideas. The impression is that in the future the companies will use the knowledge they have gained through participation in this project and presented in this report. In the same way, other companies might be inspired to optimize their work within Lean and Green Manufacturing, and on the Technical University of Denmark a basis for further research within this area has been created.

Indholdsfortegnelse

1 Baggrund.....	1
2 Problemformulering.....	3
2.1 Formål.....	3
2.2 Afgrænsning.....	4
3 Fremgangsmåde.....	5
4 Teori.....	7
4.1 Lean Manufacturing.....	7
4.1.1 Lean i danske virksomheder.....	9
4.1.2 Produktivitet og kapacitet.....	9
4.1.3 Værktøjer.....	10
4.2 Miljøoptimering.....	25
4.2.1 Miljøoptimering i danske virksomheder.....	26
4.2.2 Værktøjer.....	27
5 Teoretisk afklaring af synergier og antagonier.....	45
5.1.1 Fællestræk inden for Lean- og miljøværktøjer på produkt-, produktions- og procesniveau.....	46
5.2 Lean & Green i litteraturen.....	52
5.3 Nøgleaspekter for samspil mellem Lean og miljø.....	54
5.3.1 Produktivitet og kapacitet.....	54
5.3.2 Lean-spildtypernes miljømæssige betydning.....	54
5.4 Anvendelse af analysemodel på baggrund af nøgleaspekter.....	57
6 Cases.....	59
6.1 Dataindsamling.....	61
6.2 VSM hos Novo Nordisk.....	62
6.2.1 Øget produktivitet ved automatisk skæring.....	64
6.3 Reduktion af tests ved brug af Kaizen hos Novo Nordisk.....	66
6.4 Mindre batchstørrelser som følge af JIT hos Chr. Hansen.....	67
6.5 Kaizen-forslag i farveproduktionen hos Chr. Hansen.....	71
6.6 Reduktion af lager ved brug af Kanban hos Lundbeck.....	72
6.7 SMED og TPM på tabletkompressorer hos Lundbeck.....	74
6.8 VSM med fokus på vand og energi hos Novo Nordisk.....	76
6.9 Kaizen med fokus på affald og energi hos Lundbeck.....	77
6.10 Generelle erfaringer fra virksomhederne.....	78
7 Delkonklusion.....	81
8 Lean & Green-værktøj.....	85

8.1 Interessentanalyse	86
8.2 Metode.....	89
8.2.1 Trin 1 – Lean and Green Thinking	91
8.2.2 Trin 2 – Lean & Green på produktions- og procesniveau	96
8.2.3 Trin 3 – Produktorienteret Lean & Green	104
8.3 Virksomhedens udbytte af Lean & Green-værktøjet	105
8.3.1 Hvad kan Lean tilføre miljøarbejdet?.....	105
8.3.2 Hvad kan miljø tilføre Lean-arbejdet?.....	106
8.4 Validering	107
8.4.1 Rapport om Lean og miljø fra US EPA.....	109
8.5 Sådan kommer virksomheden i gang: 10 gode spørgsmål	110
9 Perspektivering	111
10 Konklusion	115
11 Referencer	119

Liste over bilag:

Bilag 1	Miljøværktøjer
Bilag 2	Beskrivelse af Novo Nordisk A/S
Bilag 3	Beskrivelse af Chr. Hansen A/S
Bilag 4	Beskrivelse af H. Lundbeck A/S

Liste over forkortelser

CIP	Cleaning in Place
COD	Chemical Oxygen Demand
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EMA	Environmental Management Accounting
GMO	Gen-modificerede organismer
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just in Time Production
LCA	Life Cycle Assessment
MØS	Miljøøkonomistyring
OEE	Overall Equipment Efficiency
SCM	Supply Chain Management
SMED	Single-digit Minute Exchange of Die (reduktion af omstillingstid)
TPM	Total Productive Maintenance
TQM	Total Quality Management
VOC	Volatile Organic Compounds
VSM	Value Stream Mapping

1 Baggrund

Da den første danske miljølov blev vedtaget for mere end 30 år siden, medførte det en udvidet regulering af virksomheders miljøpåvirkning, og mange større virksomheder etablerede dengang miljøafdelinger. De miljøgodkendelser, der i medfør af den nye miljølov blev givet til virksomhederne, indeholdt i de fleste tilfælde krav om store reduktioner i virksomhedernes udledninger af spildevand, luft og affald, og virksomhedens miljøarbejde fokuserede hovedsageligt på at leve op til godkendelsernes krav.

Efter en periode, hvor virksomhedernes miljøarbejde således overvejende har været en respons på myndighedernes regulering, har mange virksomheder ønsket at være mere proaktive og har udarbejdet deres egen miljøpolitik. Mange virksomheder har, især op gennem 1990'erne, indført systematisk miljøledelse certificeret efter standarderne fra den internationale organisation for standardisering (ISO) eller efter EU's retningslinier (EMAS). Nogle har set en fordel i at profilere sig som miljøbevidste, og i dag er det frivillige miljøarbejde veludviklet i mange virksomheder.

Miljømyndighederne har tilskyndet til og støttet virksomhederne i det frivillige miljøarbejde. Gennem 1980'erne og 1990'erne har myndighederne, især Miljøstyrelsen, støttet udviklingen af renere teknologier i virksomhedernes produktion gennem store brancheorienterede programmer. Brancher som galvanoidindustrien, tekstilindustrien, den grafiske industri, papirindustrien og fødevarerindustrien (bl.a. slagteri, mejeri og fiskeri) har alle nydt godt af disse programmer, og programmerne har haft relativt stor bevågenhed blandt virksomhederne, som for manges vedkommende har benyttet sig af denne mulighed for at få moderniseret produktionen i en mere miljøvenlig og økonomisk retning.

Essentielt for virksomhederne er at skabe overskud og vækst, hvilket gøres gennem effektiviseringer mv. I den sammenhæng har begrebet Lean Manufacturing (herefter kaldet Lean) vundet stor indpas i danske virksomheder, og indførelsen af Lean har mange steder betydet store økonomiske besparelser.

Begrebet Lean Manufacturing blev første gang introduceret i 1990 i en stor undersøgelse, der var bestilt af den amerikanske bilindustri. Baggrunden var, at bilfabrikanterne til stadighed undrede sig over, hvordan japanerne kunne producere flere biler med færre medarbejdere, mindre fabrikker og lavere investeringer.

Rapporten afslørede, at den japanske bilindustri og i særdeleshed Toyota siden Anden Verdenskrig systematisk havde arbejdet med metoder til at minimere alt spild. I 1990 beskrev Womack, Jones og Roos "The Toyota Production System" som *Lean Manufacturing* – trimmet produktion (Womack et al., 1990).

I modsætning til den mere traditionelle og ufleksible masseproduktion, som Ford introducerede i 1920'erne, betegner Lean en ny, fleksibel produktionsfilosofi. Udgangspunktet i Lean er produktets værdi forstået som det, der skaber værdi for kunden. Derfor handler Lean om at identificere værdikæden, de værdiskabende aktiviteter optimeres, mens de ikke-værdiskabende aktiviteter elimineres. Yderligere handler Lean om at skabe et øget flow, mindske spild, skabe et træk gennem værdikæden og søge perfektion i produktionsprocesserne.

2 Problemformulering

I de fleste virksomheder foregår indførelsen af Lean uafhængigt af miljøarbejdet, og miljøaspekterne af Lean er kun sparsomt beskrevet i litteraturen. Det vides således ikke, i hvilket omfang arbejdet med miljøoptimering modarbejdes eller understøttes af Lean-tankegangen. Der kan derfor tænkes at ligge en rationaliseringsgevinst i at integrere de to tankegange og derved høste de potentielle synergier samt håndtere eventuel modstrid bedst muligt.

Arbejdet med Lean og miljø foregår i praksis på flere forskellige niveauer og med flere, af hinanden uafhængige, bidragsydere. Universiteterne og forskere i andre institutioner arbejder primært på metodeudvikling inden for både Lean- og miljøoptimeringsmetoder, og i virksomhederne arbejdes næsten udelukkende med den praktiske anvendelse. Fælles for industrien og forskermiljøerne er, at de oftest ikke kommunikerer på tværs af faglige interesseområder. Derfor integreres tankegange og nye teorier sjældent – på trods af den åbenlyse interesse, virksomheder har i at høste gevinsten af eventuelle synergier og minimere problemerne ved eventuelle antagonier. Dette gælder også inden for Lean og miljøoptimering, hvor man i Danmark kun har set få praktiske forsøg på at bygge bro mellem de to verdener.

2.1 Formål

Projektet skal klarlægge samspillet mellem Lean og miljøoptimering med henblik på integration af de to metoder ved anvendelse i danske virksomheder. Hovedformålet er at udarbejde et integreret "Lean & Green"-værktøj, der så vidt muligt skal have generel gyldighed, men som udvikles i samarbejde med danske bioteknologiske virksomheder. Dette hovedformål søges nået gennem en række delmål.

Første delmål er at beskrive de begreber og værktøjer, som anvendes inden for Lean og miljøoptimering, og derefter på teoretisk niveau analysere, hvor der kan opstå synergier og antagonier. Næste delmål er at efterprøve og supplere denne viden i praksis i 3 case-virksomheder i dansk bioteknologisk industri ved at analysere de miljømæssige aspekter af indførelsen af Lean.

På denne baggrund ønskes udviklet et værktøj, der skaber synergi mellem arbejdet med Lean og miljø i virksomhederne, ved at integrere miljø i Lean. Værktøjet præsenteres for case-virksomhederne, og der foretages en efterfølgende revision af

værktøjet.

Endelig er det målet at tilføre kompetencer omkring sammenhængen mellem Lean og miljøoptimering og anvendelsen af værktøjet til de involverede virksomheder og herigennem bidrage til det tværgående samarbejde mellem forskellige funktioner i virksomhederne. Ligeledes skal der på Danmarks Tekniske Universitet skabes en forbindelse mellem forskningsområderne Lean og miljøoptimering, hvilket kan åbne nye muligheder for fælles projekter inden for universitetets rammer og i samarbejdet med industrien.

2.2 Afgrænsning

Kulturen og ændringen af kulturen i virksomhederne er altafgørende for, om Lean bliver en succes. Dette er et emne, der behandles under teorier om forandringsledelse¹ i virksomheden. Da udgangspunktet for projektet er sammenspillet mellem Lean og miljøoptimering og ikke som sådan implementeringen af disse, er projektet afgrænset til ikke at omfatte teori om og analyse af forandringsledelse i virksomhederne.

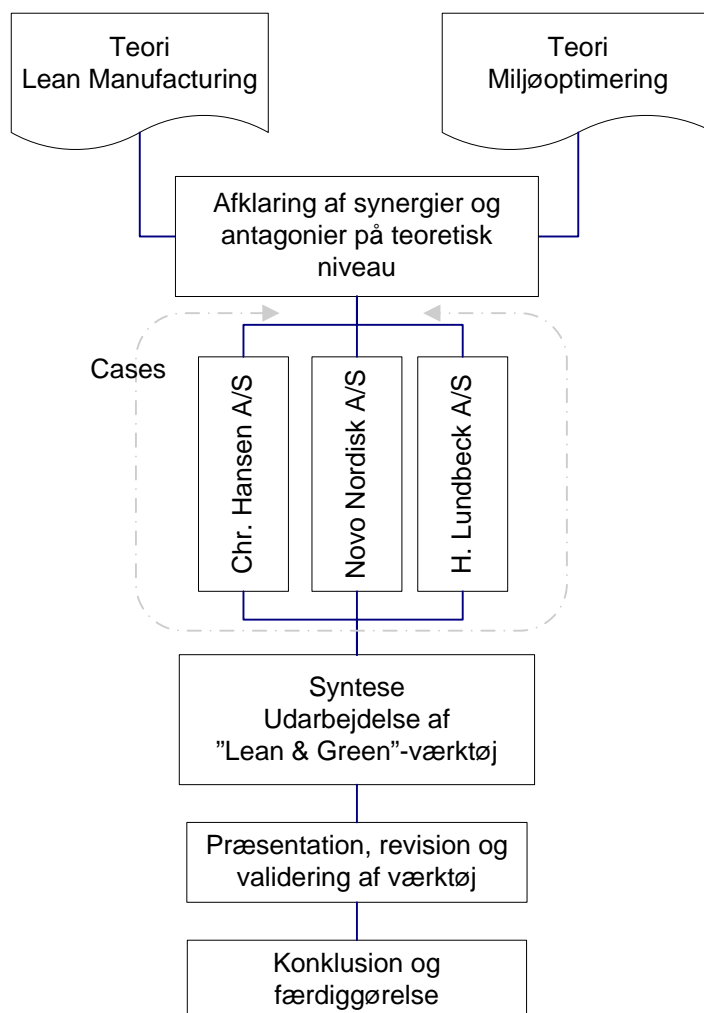
Der kan identificeres mange interessante sammenhænge mellem arbejdsmiljø og Lean. Arbejdsmiljø er et fagområde i sig selv, og for at begrænse projektet er det ligeledes valgt ikke at medtage arbejdsmiljømæssige aspekter, men kun fokusere på miljømæssige aspekter relateret til det eksterne miljø².

¹ Forandringsledelse: Ledelsens styring af forandringsprocesser, der primært omhandler menneskelig adfærd (Hildebrandt og Waldstrøm, 2001).

² Miljøpåvirkninger af det omkringliggende miljø

3 Fremgangsmåde

Projektet tager udgangspunkt i teori om Lean og miljøoptimering, og på baggrund af en analyse af sammenhængen mellem disse samt anvendelse i praksis udvikles et værktøj, som efterfølgende valideres. Figur 3.1 viser det overordnede projektflow.



Figur 3.1. Projektflowdiagram. Efter en teoretisk gennemgang af teori om Lean og miljøoptimering afklares synergier og antagonier. Sammenhængen mellem Lean og miljø klarlægges gennem case-studier i tre virksomheder. Ud fra den teoretiske analyse og de praktiske erfaringer udarbejdes et værktøj, der præsenteres i case-virksomhederne, hvorefter projektet revideres og færdiggøres.

Første fase af projektet er en teoretisk gennemgang af en lang række Lean- og miljøværktøjer. Formålet er at beskrive, hvorledes værktøjerne anvendes, og hvilke ændringer i virksomheden de kan medføre. Der indsamles generel litteratur om Lean og miljøoptimering samt specifikke guidelines for anvendelse af disse værktøjer.

Desuden er der suppleret med erfaringer fra anvendelse af miljøværktøjerne i forbindelse med andre projekter.

Derudover er synergier og antagonier klarlagt dels gennem et litteraturstudie, dels gennem en systematisk analyse. Litteraturstudiet tager udgangspunkt i en række publicerede analyser af den statiske sammenhæng mellem Lean og miljø, og de væsentligste pointer herfra er beskrevet. Til den systematiske analyse er udarbejdet en analysemodel, der gennem en række spørgsmål afklarer, hvordan hvert Lean-værktøj er koblet til miljø.

Anden fase af projektet er gennemført i samarbejde med virksomhederne Chr. Hansen A/S, Novo Nordisk A/S og H. Lundbeck A/S. Der er gennem flere end 20 møder, telefonsamtaler og deltagelse i workshops og events indsamlet information om virksomhedernes praktiske anvendelse af Lean, hvorefter der er udvalgt nogle cases, der illustrerer, hvordan Lean-tiltagene kan forårsage ændringer i miljøforholdene.

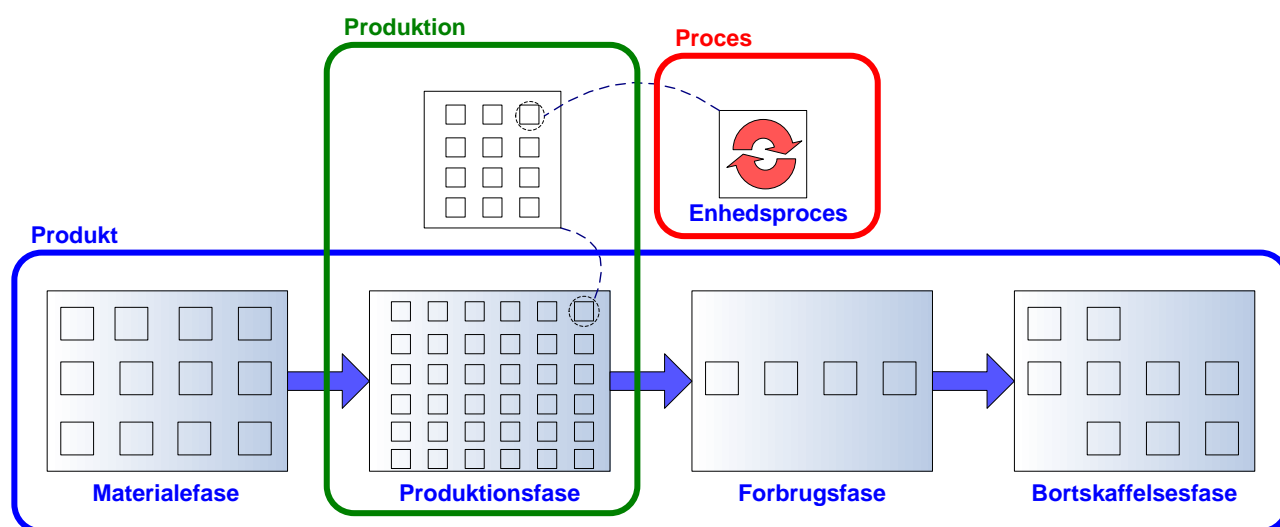
Efter gennemførelse af første og anden fase er der udarbejdet en delkonklusion, hvori de praktiske erfaringer holdes op mod den teoretiske analyse. Denne danner udgangspunktet for tredje fase, som er udviklingen af Lean & Green-værktøjet. Idéer til værktøjets indhold er analyseret løbende gennem hele projektperioden og er blevet suppleret af den udviklede analysemetode, som i denne fase hjælper til at afklare potentialet for at integrere miljøarbejde i Lean-værktøjerne.

I sidste fase er værktøjet præsenteret for de tre case-virksomheder samt Novozymes A/S. Her har virksomhederne fået mulighed for at give feedback på værktøjet, og denne feedback er efterfølgende indarbejdet. Desuden har kommentarer fra virksomhederne medvirket til at validere værktøjet.

4 Teori

Den teoretiske baggrund for dette projekt er dels værktøjerne knyttet til Lean-metoden, dels værktøjer inden for miljøoptimering i virksomheder. I dette kapitel introduceres baggrunden for arbejdet med Lean og miljøoptimering og status på anvendelsen i danske virksomheder. Derudover beskrives en række af de værktøjer, som anvendes inden for Lean og miljøoptimering.

Til at strukturere Lean- og miljøværktøjerne er der anvendt en opdeling af forsyningskæden på tre niveauer, som det gøres inden for miljøoptimering (Wenzel og Alting, 2004). Forsyningskæden dækker udvinding af råstoffer, produktion, forbrug og bortskaffelse. De tre niveauer er produkt, produktion og proces. På produktniveau tages hele forsyningskæden i betragtning, mens produktionsniveauet både kan dække hele virksomheden og en afgrænset del af produktionen. Procesniveauet dækker over de specifikke processer, der indgår i produktionen. I Figur 4.1 er de tre niveauer illustreret.



Figur 4.1. Produkt-, produktions- og procesniveauets placering i forsyningskæden. Produktniveauet omfatter hele forsyningskæden (blå indramning), produktionsniveauet omfatter virksomhedens produktion eller dele heraf (grøn indramning), og procesniveauet dækker en enhedsproces inden for virksomheden (rød indramning).

4.1 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing er et begreb, der siden midten af 1990'erne er blevet brugt om fleksibel produktion, der er styret af kundens ønsker (Womack og Jones, 2003). Alle

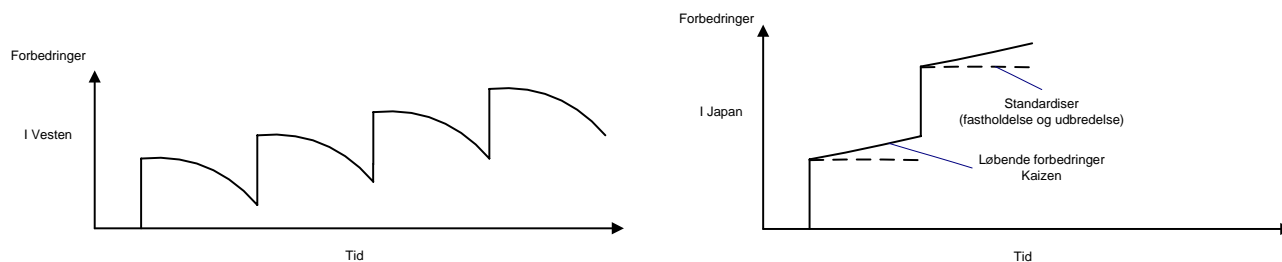
unødvendige processer fjernes, og der fokuseres i stedet på de processer, der skaber værdi for kunden. Lean-filosofien bygger på erfaringer fra den japanske bilindustri og blev i Vesten i første omgang introduceret i bilindustrien. Siden blev andre typer produktionsvirksomheder opmærksomme på metoden, og inden for de sidste par år er metoden blevet udviklet til anvendelse inden for administration og service.

Grundprincippet i Lean er at løse opgaverne rigtigt første gang til gavn for både kunden og virksomheden selv. Allerede ved den første kundekontakt er det vigtigt at omsætte kundens ønsker til et produkt, som virksomheden kan levere, og derefter have de rigtige råvarer klar, sikre produktets flow og dermed sørge for, at kunden får produktet til rette tid. En Lean produktion er træk-styret, altså styret af kundens ønsker/krav, i modsætning til tryk-styring, som er den typiske måde at producere på, hvor varer produceres og sættes på lager, indtil de afsættes.

I produktionen fokuseres der på produktets værdi, og derfor er det vigtigt at identificere værdikæden samt at få medarbejderne til at fokusere på denne og derudfra søge at eliminere de processer, som ikke er værdi-skabende og dermed spild. Målet er således ikke at få medarbejdere til at arbejde hurtigere, men at strømline processerne, så arbejdet bevæger sig hurtigere gennem processerne (Godske, 2005).

Indførelsen af Lean kræver et helt nyt syn på produktionen, og et Lean-projekt kræver, at man arbejder systematisk og vedholdende med at trimme virksomheden. Et helt grundlæggende begreb i Lean er de løbende forbedringer, som gør virksomheden i stand til løbende at optimere produktionen. Lean skal således ikke opfattes som et mål, men bliver i stedet ofte beskrevet som "en rejse".

Standardarbejdet er essentielt for de løbende forbedringer, således at man ved hjælp af Lean kan bevæge sig fra én standard til en bedre standard uden at falde tilbage. I Figur 4.2 ses en illustration af forskellen mellem de vestlige og japanske forbedringstiltag.



Figur 4.2. Forskellen på den vestlige (venstre) og japanske (højre) tankegang. Hvor man i Vesten laver forbedringstiltag og efterfølgende falder tilbage i gamle mønstre, bibeholder man ved hjælp af Kaizen den nye høje standard i Japan. (Michelsen, 2006)

4.1.1 Lean i danske virksomheder

Mange danske virksomheder har taget Lean-filosofien til sig, og Lean optræder ofte i overskrifterne i bl.a. Børsen og Ingeniøren. Det drejer sig om såvel positive som negative historier om danske virksomheders arbejde med Lean. Der er 2 primære årsager til, at virksomheder vælger at implementere Lean. Enten for at forbedre produktkvaliteten, der er relateret til kundens behov, eller for at mindske produktionsomkostningerne (op mod 90% af virksomhedernes processer er ikke værdi-skabende) og derved bevare konkurrenceevnen i forhold til de kraftigt voksende industrielle markeder i eksempelvis Asien. Lean har således vist sig som et værktøj, der kan sikre en fortsat konkurrencedygtig produktion (US EPA, 2003).

Dansk Industri gennemførte i starten af 2005 en spørgeskemaundersøgelse i primært mellemstore og store virksomheder. Formålet var at klarlægge, i hvilket omfang og hvorledes danske virksomheder anvender Lean for at øge deres produktivitet. Rapporten viser, at Lean-tankegangen er udbredt i de 47 virksomheder, der har deltaget i undersøgelsen. De virksomheder, der arbejder med Lean, har prioriteret at indføre en forbedringskultur, reducere produktionsomkostninger og skabe et øget flow ved blandt andet at mindske gennemløbstider. For at opnå dette er anvendt simple Lean-værktøjer, og mange af virksomhederne er nu klar til at tage næste skridt i implementeringen af Lean (fx ved anvendelse af Just-in-Time-produktion) (DI, 2005).

4.1.2 Produktivitet og kapacitet

Mange af de forbedringer, der fremkommer ved anvendelse af Lean-værktøjer er, som det fremgår af næste afsnit, knyttet til øget produktivitet og kapacitet. Produktivitet bliver bredt betegnet som et mål for, hvor effektivt inputs (materialer, mandetimer, kapital mv.) omsættes til outputs fx i form af et færdigt produkt. Der

arbejdes med flere nøgletal for at måle produktiviteten – fx arbejdsproduktivitet (output pr. mandetime) og maskin-produktivitet (output pr. time maskinen er i brug) (Russell og Taylor, 2003). I denne rapport er ændringer i produktiviteten interessant ud fra et miljømæssigt synspunkt, og derfor er inputtet af materialer i fokus, og udtrykket skal således forstås som:

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{output}}{\text{input af materialer}}$$

Produktiviteten forbedres således, når man får mere produkt ud med de samme ressourcer eller får samme mængde produkt ud ved brug af færre ressourcer (Hildebrandt og Waldstrøm, 2001).

Udtrykket kapacitet er ifølge Hildebrandt og Waldstrøm (2001) den maksimale produktion inden for et givent tidsrum. Russell og Taylor (2003) definerer kapacitet som:

$$\text{Kapacitet} = \frac{\text{antal maskiner}}{\text{ansatte}} \cdot \text{antal af skift} \cdot \text{udnyttelsesgrad} \cdot \text{effektivitet},$$

$$\text{hvor udnyttelsesgrad} = \frac{\text{effektiv arbejdstid}}{\text{total tid til rådighed}} \text{ og } \text{effektivitet} = \frac{\text{output}}{\text{standardoutput}}$$

Optimering med Lean er rettet mod de sidste to led, udnyttelsesgrad og effektivitet, og således forsøger virksomhederne at øge den effektive arbejdstid og outputtet fra processerne.

4.1.3 Værktøjer

Lean er en ledelsesfilosofi, der er baseret på fem grundlæggende trin – *værdi*, *værdistrøm*, *flow*, *træk* og *perfektion*. Disse trin udgør grundlaget i det, Womack og Jones (2003) kalder *Lean Thinking*. I det første trin betragtes produktionen fra kundens synsvinkel, og det klarlægges, hvad der skaber *værdi* for kunden. Dernæst identificeres *værdistrømmen*, som er den kæde af processer, hvor produktet indgår. Formålet hermed er at identificere samtlige processer, kategorisere dem og efterfølgende eliminere spild i form af ikke-værdiskabende, unødvendige processer.

Toyota har beskrevet syv spildtyper, som hjælper virksomheden til at identificere og kategorisere næsten alle former for spild (Womack og Jones, 2003):

- Overproduktion – der skal kun produceres det, der er behov for, al produktion til lager er spild. En elimination af lagre medfører enklere planlægning, mindre produkthåndtering, kortere gennemløbstider, mindre pladsbehov, bedre kvalitet og bedre overblik over problemer.
- Ventetider – enhver form for ventetid karakteriseres som spild. Det kan være medarbejdere, der venter på noget at lave, eller materialer, der venter i kø (eksempelvis forårsaget af flaskehalse) (Bicheno, 2004).
- Transport – varer transporteres både eksternt og internt i virksomheden, men transporten bidrager sjældent med værdi for kunden og er derfor spild.
- Unødvendige processer/uhensigtsmæssig fremstillingsmetode – alle processer, som ikke tilfører produktet værdi er spild. Fx er kvalitetskontrol en proces, som ikke skaber værdi for kunden. Derfor tilstræbes en fejlfri produktion, så kvalitetskontrol bliver overflødiggjort. Dette er dog i praksis svært at opnå.
- Lagre – råmaterialer, ”varer i arbejde”³ og færdigvarer ligger på lager i virksomheden (Bicheno, 2004). Der er ofte store værdier bundet i produkterne og lagrene – værdier, der ikke forrentes eller på anden måde skaber økonomisk vækst i virksomheden. Tilmed kan produkter, der ligger på lager, miste værdi – eksempelvis kan udløbsdatoer overskrides.
- Unødvendig bevægelse – alle bevægelser (af mennesker og maskiner), som ikke skaber værdi for produktet, er spild. Dette søges reduceret gennem analyser af tid, metoder og forbedringer af virksomhedens processer (inkl. ergonomiske betragtninger).
- Produktion af fejlemner – der skelnes mellem interne fejl (affald, genbehandling og forsinkelse) og eksterne fejl (indeholdt garanti, reparationer, on-site service og en muligt tabt kunde), hvorfor spildet kan antage flere former. Fejl reduceres ved forebyggelse og kvalitetssikring (Bicheno, 2004).

³ fra work-in progres, WIP

Der er løbende tilføjet flere typer af spild til denne liste. Womack og Jones (2003) vælger at tilføje design af produkter, der ikke svarer til kundens behov, som en spildtype, og US EPA (2003) og Bicheno (2004) betegner også manglende udnyttelse af medarbejdernes kvalifikationer som en form for spild. I Bicheno (2004) er ligeledes nævnt spild af vand, energi og ressourcer som en væsentlig faktor, der ikke kun har økonomisk betydning, men også betydning for kvaliteten.

I det tredje trin fokuseres på at opnå et øget *flow* af produkter gennem produktionen og leveringen til kunden ved at koble processerne bedre sammen og undgå, at produkter ligger og venter på at blive viderebearbejdet. Dette kobles med fjerde trin, der går ud på at skabe en *træk*-styret produktion, således at varer ikke produceres til lager, men først når kunden har bestilt dem. Det sidste trin er en stræben mod *perfektion*, hvilket vil sige, at man hele tiden skal søge at forbedre og optimere produktionen i henhold til de forudgående trin.

I litteraturen anbefales en række kendte og nye værktøjer, der hjælper virksomheden til at opnå en Lean produktion. Denne værktøjskasse indeholder en lang række værktøjer, men i dette projekt er kun medtaget de værktøjer, der er blandt de mest anvendte i danske virksomheder, og som er vurderet at være relevante i denne sammenhæng. Vurderingen er foretaget på baggrund af en gennemgang af teorien bag de forskellige værktøjer og informationer om anvendelsen af Lean-værktøjer i case-virksomhederne (se Bilag 2, 3 og 4).

Der anvendes en række værktøjer, der danner rammerne omkring Lean-arbejdet, og disse kan betragtes som ledelsesværktøjer:

- Kaizen
- Just in Time Production
- Supply Chain Management
- Total Quality Management

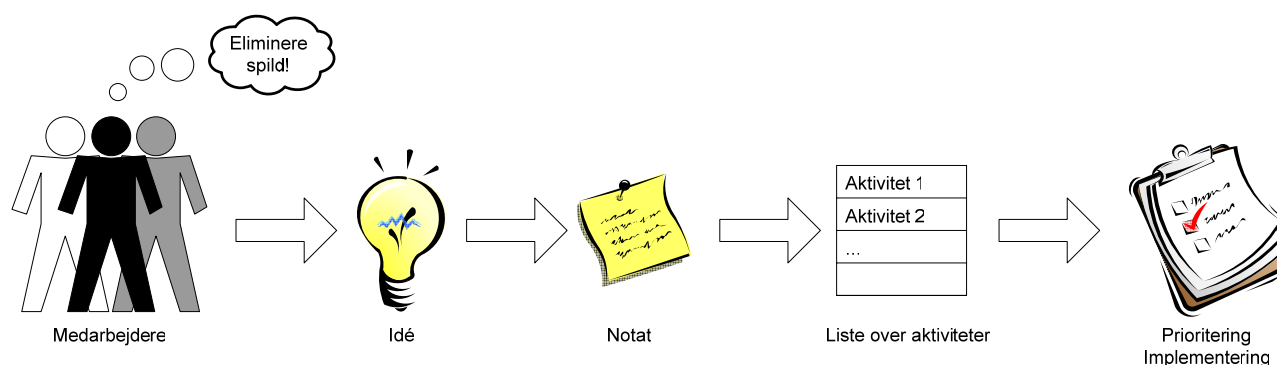
De mere konstruktive værktøjer, der medfører konkrete ændringer, er:

- 5S
- Kanban
- Value Stream Mapping
- SMED
- Total Productive Maintenance

Kaizen

Kaizen er det japanske ord for “løbende forbedringer”. Inden for Lean bruges Kaizen dels som en ledelsesfilosofi, dels som et værktøj. Det er et af de mest centrale elementer i Lean, da Lean uden Kaizen ville være et mål og ingen rejse. Kaizen medvirker til at opnå forbedringer indenfor kvalitet, produktivitet og konkurrenceevne. Gennem involvering af alle medarbejdere, fx ved at samle dem til en Kaizen-event, søger man at etablere en kultur, hvori der i det daglige arbejde fokuseres på løbende forbedringer (Ledelsesnet.dk, 2006). De vedvarende forbedringer er en del af princippet om at følge kundens behov, som også hele tiden ændrer sig (Bicheno, 2004).

Selve fremgangsmåden i Kaizen er relativt simpel, som det ses af skitsen i Figur 4.3. Med udgangspunkt i de syv spildtyper og de andre grundlæggende retningslinier for Lean opstilles rammerne for, at medarbejdere kan komme med forbedringsforslag. Når medarbejderen opdager et problem – det kan være indenfor såvel kvalitet og produktivitet som samarbejde og arbejdsmiljø – noteres et forslag til forbedring, og dette føres ind på en liste over aktiviteter. Aktiviteterne eller projekterne kan have vidt forskellig karakter, hvilket afspejler sig i prioriteringen, hvor det også vurderes, hvad der skal til for at gennemføre forbedringen, og hvad gevinsten er. Nogle projekter kan gennemføres umiddelbart, mens andre kræver nøjere undersøgelser. Efterfølgende implementeres forbedringerne. I processen samarbejder medarbejdere fra forskellige arbejdsområder og på flere niveauer i virksomheden. Gennem dette tværfaglige samarbejde øges mulighederne for at identificere og løse problemer (Godske, 2005 og Hansen, 2006).



Figur 4.3. Flowet i Kaizen-værktøjet. Med udgangspunkt i Lean-tankegangen får medarbejderen en idé, denne noteres og føres på en liste, hvorefter aktiviteterne/projekterne prioriteres og implementeres.

De største udfordringer ligger i at få medarbejderne til at involvere sig i Kaizen og at få prioriteret og gennemført projekterne, hvilket stiller store krav til ledelsen. Medarbejderne skal motiveres og inddrages i processerne, og det kan være nødvendigt at efteruddanne dem. Desuden er ledelsens opbakning altafgørende for den indsats, den enkelte medarbejder yder (Ledelsesnet.dk, 2006). Det er vigtigt, at medarbejderne kender virksomhedens overordnede mål, så de har mulighed for at bidrage til at opnå disse mål. Det giver til gengæld ofte mere tilfredse medarbejdere, fordi de får indflydelse på virksomhedens fremtid (Dansk Metal, 2006).

Just in Time Production

Russell og Taylor (2003) beskriver Just in Time Production (JIT) som en produktionsstyringsmetode på linje med Lean. Her er det valgt at beskrive JIT som en del af Lean, men metoderne overlapper hinanden, idet de har flere principper og værktøjer til fælles. JIT opstod ifølge Ledelsesnet.dk (2006) i 1950'erne som en metode til at optimere produktionen i virksomheder med små produktionsserier (dvs. det modsatte af masseproduktion) og er siden blevet udviklet til at omfatte leverandører.

Den grundlæggende idé i JIT er at producere præcis den mængde produkter, som kunden ønsker, præcis når denne ønsker det – altså "just in time" (Russell og Taylor, 2003). Dette opnås gennem trækstyring, forbedret flow og reduktion af spild. Når der produceres efter trækstyring, bliver der kun produceret efter ordre (også internt i virksomheden), og derved mindskes lagre. Det søges samtidigt at skabe et bedre flow ved at udjævne produktionen over tid fx ved at producere mindre serier (Ledelsesnet.dk, 2006). JIT er afhængig af fysisk lagerstyring som fx Kanban og data på leveringstider og produktionstider mv.

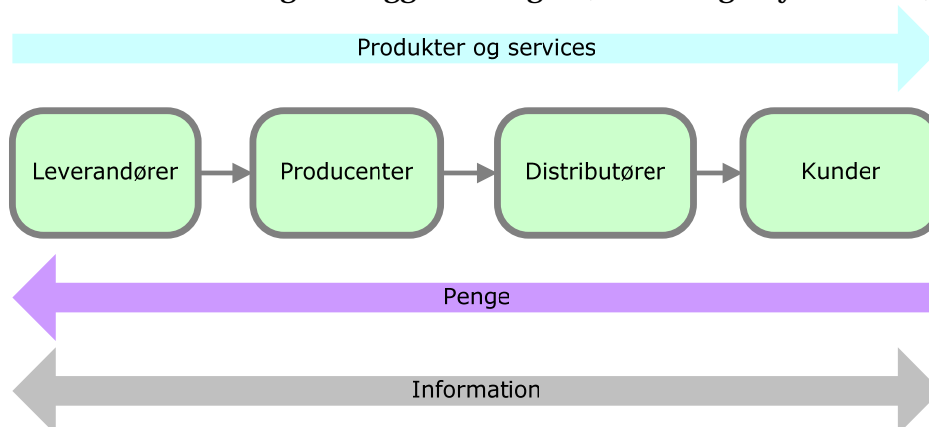
Supply Chain Management

Supply Chain Management (SCM) er et ledelsesværktøj, der fokuserer på forsyningskædens strømme af varer og information. Kæden består ifølge Russell og Taylor (2003) af fire grundlæggende processer – at modtage ordrer fra kunden, fremskaffe materialer og komponenter fra leverandører, fremstille produkterne og til sidst at opfylde kundens krav.

Figur 4.4 illustrerer disse fire hovedparter i forsyningskæden og de strømme, der er forbundet med denne. Producenter er som regel udgangspunktet for forsyningskæden, og leverandørerne betegnes derfor som opstrøms "medlemmer" af

forsyningskæden, mens distributører og kunder betegnes som nedstrøms "medlemmer" af forsyningskæden (Russell og Taylor, 2003).

Selve varen, som kan være fremstillet ud fra en række produkter og services bevæger sig fra venstre mod højre for til sidst at ende hos kunderne. Kunden betaler en pris for varen, og disse penge fordeler sig fra højre mod venstre. Helt afgørende for systemet er information, der går i begge retninger (Russell og Taylor, 2003).



Figur 4.4. Illustration af strømmene i forsyningskæden. Produkter og services bevæger sig i retning mod kunden, mens penge strømmer den modsatte vej. Udveksling af information går begge veje (Inspireret af Russell og Taylor, 2003).

Hele systemet kan styres gennem SCM, som søger at reducere omkostningerne og opnå øget fleksibilitet i forhold til kundernes ønsker. Tidligere så man i højere grad på hvert enkelt led for sig, og derved blev flere vigtige faktorer overset – herunder den kommunikation, der er helt afgørende for at opnå høj effektivitet gennem hele kæden, ligesom den reducerer nødvendigheden af lagre.

Målet er at synkronisere aktiviteterne i forsyningskæden ved at koordinere disse aktiviteter. Dette gøres bedst ved at optimere kommunikationen mellem de enkelte medlemmer af forsyningskæden. Det er således leverandører, producenter, distributører og kunder, der samarbejder. Ofte benyttes omfattende IT-systemer (fx SAP⁴) til at dele informationer og overvåge processerne i forsyningskæden. Informationsgrundlaget består bl.a. af oplysninger om flowet af materialer, produkter og halvfabrikata samt gennemløbstider, ordreaftagelser, prognoser for efterspørgsel og prisvariationer (Russell og Taylor, 2003).

⁴ Systems, Applications, Products

Total Quality Management

Total Quality Management (TQM) er traditionelt ledelsesværktøj, der integrerer kvalitet i hele virksomhedens struktur og i hver eneste fase af produktionen, lige fra idé til anvendelsen hos kunden, ved hjælp af kvalitetsstyringsmetoder og -teknikker. Kvalitetsstyring opdeles i kvalitetssikring og kvalitetsforbedringer, hvor man ved kvalitetssikring søger at opretholde en standard, mens man ved kvalitetsforbedring søger at skifte standard ved enten at opnå et nyt, højere niveau eller vælge en mere snæver tolerance (Hartz, 1990).

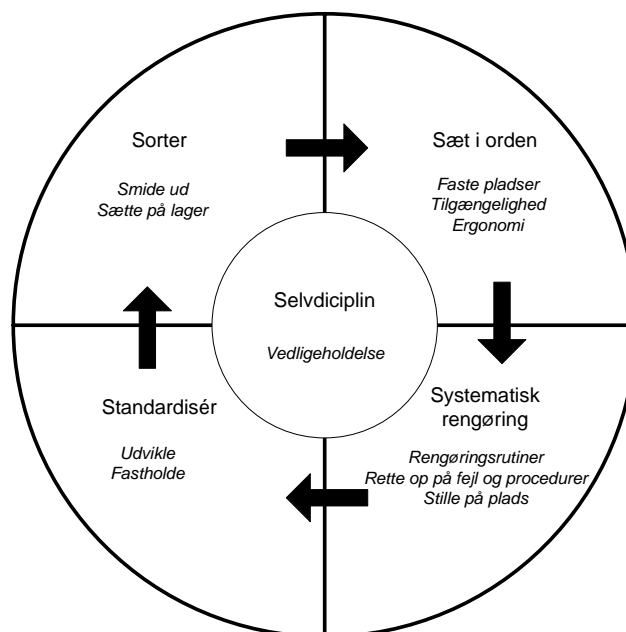
Virksomheder gennemløber en række trin, når de indfører kvalitetsstyringsmetoder. Forud for den konkrete plan, er en periode med analyser og planlægning, hvor man identificerer potentielle kvalitetsforbedringer. Efterfølgende opbygger man systemet, uddanner og træner medarbejderne, implementerer og standardiserer metoden. Sidste led i TQM er løbende vedligeholdelse og forbedringer (Hartz, 1990).

Drivkraften bag TQM er at forbedre virksomhedens effektivitet, at reducere de samlede kvalitetsomkostninger og at sikre kundens tilfredshed gennem kvalitetsforbedringer. Dette gøres bl.a. ved at skabe bedre lønsomhed, tværfaglig kommunikation, medarbejderinddragelse og kvalitetssikring (Hartz, 1990 og Hildebrandt, 1994).

Som beskrevet indeholder TQM på mange områder de samme filosofier, som ligger til grund for Lean, bl.a. fokus på at løse opgaven rigtigt første gang, kundens tilfredshed, og løbende forbedringer gennem forbedrede standarder.

5S

5S er et udtryk for fem trin, der på japansk betegnes Seiro, Seiton, Seison, Seiketsu og Shitsuke. Det har man i Danmark valgt at oversætte til Sortér, Sæt i orden, Systematisk Rengøring, Standardisér og Selvdisciplin, hvilket tilsammen beskriver den række handlinger, man gennemgår for at optimere arbejdsforholdene på den enkelte arbejdsplads. I Figur 4.5 er 5S illustreret.



Figur 4.5. De fem trin i 5S: Sorter, sæt i orden, systematisk rengøring, standardiser og selvdisciplin (US EPA, 2006).

Bicheno (2004) beskriver fremgangsmåden ved anvendelsen af 5S. Det første trin, *sortér*, handler primært om at smide det ud, man ikke bruger eller sætte de ting, man sjældent bruger på lager. Næste trin er at *sætte de tilbageblevne ting i orden* på faste pladser under hensyntagen til tilgængelighed og ergonomi. *Systematisk rengøring* er den efterfølgende proces, hvor alle gennem rengøringsrutiner løbende sørger for, at tingene er på deres plads. Afvigelser undersøges, så der kan rettes op på de fejl eller procedurer, der har ført til uorden. Efter de første tre trin er det muligt at udvikle og fastholde *standards*, der som nævnt er en vigtig del af Lean. Da 5S er en medarbejderaktivitet, er *selvdisciplin* et væsentligt element. Det er nødvendigt at alle deltager, hvorfor mange virksomheder indfører løbende revisioner med belønninger for bedste indsats.

Principperne bag 5S er, at alle arbejder bedre og føler sig bedre tilpas på en organiseret og ryddelig arbejdsplads. 5S handler i høj grad om at skabe en effektiv arbejdsplads, ved at ændre holdningen/kulturen i virksomheden, hvor medarbejdere involveres i processerne. Endelig handler det om at etablere og vedligeholde kvalitetsmiljøet. 5S opmuntrer medarbejderne til at optimere de fysiske rammer på arbejdspladsen og lære dem at reducere spild. Typisk vil en implementering af 5S resultere i en signifikant reduktion af pladsbehovet ved en eksisterende proces. 5S skaber et fundament, som andre Lean-metoder som blandt andet TPM og JIT kan bygge på (US EPA, 2003).

Kanban

Kanban er det japanske ord for signal og bruges indenfor Lean til at beskrive det signalsystem, som bruges ved træk-baseret produktion (Bicheno, 2004). Kanban har enten form af et kort eller fx kasser eller felter. Kortene bruges ifølge Ledelsesnet.dk (2006) til at linke de enkelte procesområder i produktionen sammen. Der gives således tegn til den forudgående proces om, hvad, hvornår, i hvilken mængde og med hvilken metode, der skal produceres, samt hvordan og hvortil det skal transporteres.

En kanban i form af en kasse kan indeholde informationer om produktionsnummer, beholdertype, kvantitet og destinationer og kan som udgangspunkt cirkuleres i produktionen (Russell og Taylor, 2003). Kanban er således et enkelt værktøj, der udgør den fysiske styring af en træk-baseret produktion, og som anvendes og vedligeholdes af de ansatte i produktionen.

Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) er en analyseteknik, der kan identificere synlige og skjulte spild. Værdistrømmen er den række aktiviteter, hvorigennem et produkt går fra råvare til færdigvare. I "Learning to see" af Rother og Shook (1999) beskrives, hvorledes VSM bruges som redskab til at skabe værdi og eliminere spild. Selve kortlægningen giver et overblik over flowet i produktionen og tydeliggør, hvor der opstår spild. Inden for Lean arbejder man både med materialeflow og informationsflow, og VSM er ifølge Rother og Shook (1999) det eneste værktøj, der viser begge typer af flow.

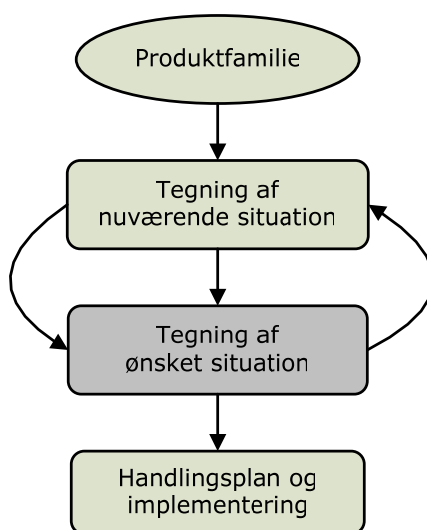
Kortlægningen er ikke et mål i sig selv – det er de efterfølgende ændringer, der gør VSM til en vigtig del af Lean-implemteringen. Når der arbejdes med VSM, beskrives først den nuværende situation og dernæst den ønskede situation, som derefter fremstår som en vision for produktionen. Der er ikke så megen fokus på tal, men mere på overblikket og de handlinger, der skal til for at ændre situationen (Rother og Shook, 1999).

Rother og Shook (1999) præsenterer fire grundlæggende trin i VSM-processen som illustreret i Figur 4.6. Første trin i kortlægningen er at vælge den produktfamilie, der skal kortlægges. En produktfamilie er en gruppe af produkter, som gennemgår stort set de samme processer i produktionen. I nogle virksomheder er disse produktfamilier allerede defineret, mens det i andre virksomheder kan være nødvendigt først at opdele produkterne i familier. En vigtig del af opstarten er at

udpege en Value Stream Manager, som er i stand til at skabe sig et overblik over hele værdistrømmen for den ene eller alle produktfamilier. Vedkommende bør referere til topledere, så personen også har magt til at gennemføre ændringer i produktionen som følge af kortlægningen.

Andet og tredje trin i VSM er at optegne de nuværende og ønskede strømme. Den nuværende situation beskrives ud fra informationer, der er indsamlet blandt medarbejderne i produktionen. Herved opnås også viden om, hvorledes den fremtidige situation bør se ud. Derfor påbegyndes beskrivelsen af denne, før beskrivelsen af den nuværende situation er afsluttet (illustreret på Figur 4.6 med de to ekstra pile). Den ønskede situation er netop den vigtigste del i kortlægningen, fordi den illustrerer det, man ønsker at opnå.

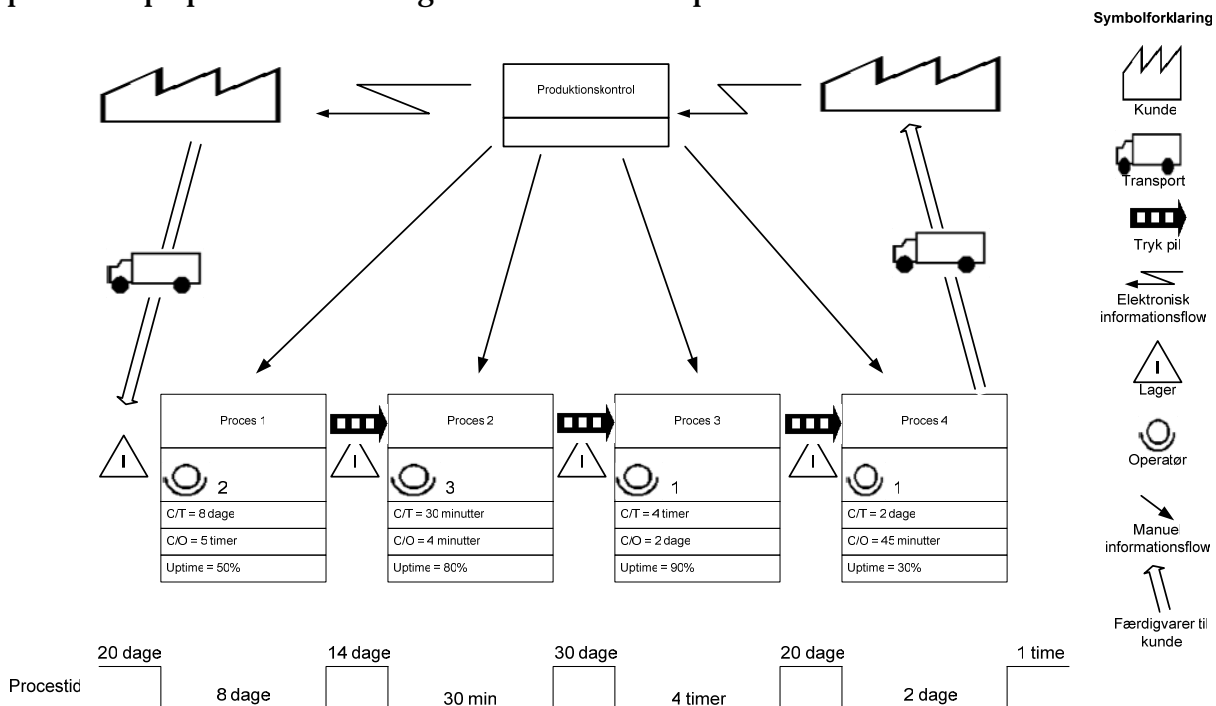
Sidste del af processen består i at udarbejde en kort plan for, hvorledes den ønskede situation opnås. Efterhånden som planen udarbejdes, dannes der et billede af, i hvilken grad den ønskede situation er opnåelig, og beskrivelsen af denne justeres herefter.



Figur 4.6. De fire trin i VSM-processen. Først identificeres produktfamilien, derefter tegnes den nuværende og ønskede situation og til sidst udarbejdes en handlingsplan og ændringerne implementeres (oversat fra Rother og Shook, 1999).

Princippet i selve tegningen af de relevante flows er simpelt. Ved hjælp af få standard-symboler for processer, lager, information mv. laves en tegning af flowet i produktionen. Rother og Shook (1999) anbefaler, at virksomheden starter med at optegne flows inden for hver enkelt produktionsvirksomhed. Derefter kan analysen

udvides til flere fabrikker inden for virksomheden og eventuelt også til andre fabrikker uden for virksomheden. Ligeledes kan man senere gå mere i detaljer og se på flowet på procesniveau. Figur 4.7 viser en simpel VSM.



Figur 4.7. Et Value Stream Map, der illustrerer produktets flow gennem produktionen. Takttiden (C/T) beskriver frekvensen, hvormed et produkt bliver færdiggjort, C/O er omstillingstiden på maskinen og Uptime beskriver, hvor stor en del af tiden maskinen kører. Procestiden beskriver, hvor længe et produkt befinder sig i de forskellige processer. Inspireret af Rother og Shook (1999).

Det endelige kort viser de enkelte processer og de links, som er mellem processer og afdelinger. Kortet kan ligeledes indeholde informationer om procestider, gennemløbstider og takttider⁵, som er med til at give et indtryk af, hvorledes produktet bevæger sig igennem produktionssystemet og i hvilken hastighed (Rewentlow og Theil, 2006).

I det videre arbejde analyseres mulighederne for forbedringer ud fra Lean-principper såsom træk-styring og de syv spildtyper. Rother og Shook (1999) peger på takttid, en såkaldt pacemaker-proces og procesforbedringer som nogle af de vigtigste elementer i en sådan analyse. Det kræver overblik over værdistrømmen og kendskab til alt fra

⁵ Takttid: Den tid, der går mellem hvert produkt forlader produktionen (og altså ideelt set den frekvens, hvormed ordrerne modtages).

kunder til processer at udarbejde den implementeringsplan, som skal skabe et øget flow i produktionen. Planen bør udføres som en slags projektplan på årligt niveau, hvor der angives opgaver (prioriterede), deadlines, ansvarsfordeling mv. Desuden skal der opstilles klare mål for implementeringen. VSM er en proces, der bør gentages, og med tiden vil kortlægningen tage kortere og kortere tid og være mere og mere præcis.

SMED

SMED er en metode, der bruges med det formål at reducere den tid, der bruges på at omstille maskiner i produktionen. SMED står for Single-digit Minute Exchange of Die, hvilket betyder, at skift af værktøjer foregår på under 10 minutter (TI, 2006). Fremgangsmåden i SMED er beskrevet i Bicheno (2004), og kan deles op i følgende steps:

1. Identificere og klassificere interne og eksterne aktiviteter (fx ved brug af video)
2. Adskille interne og eksterne aktiviteter og fjerne spildaktiviteter i form af bevægelse, afhentning af værktøj og udfyldning af formularer osv.
3. Konvertere interne aktiviteter til eksterne
4. Ændre interne aktiviteter med hjælp fra ingeniører
5. Minimere omstillingstiden for eksterne aktiviteter

Der skelnes mellem interne aktiviteter og eksterne aktiviteter. Interne aktiviteter forgår, når maskinen ikke kører, mens eksterne aktiviteter er uafhængige af, om maskinen kører (Dansk Metal, 2006). Interne aktiviteter medfører tabt produktionstid, og derfor forsøger man at ændre interne aktiviteter til eksterne eller at eliminere interne aktiviteter. Derved kan den samlede omstillingstid ifølge Dansk Metal (2006) reduceres op til 98% - heraf kan omkring 50% opnås uden investeringer. De grundlæggende elementer i SMED er holdningsændringer og småforbedringer, og kun i enkelte tilfælde er det nødvendigt med mindre investeringer (Dansk Metal, 2006).

På længere sigt skaber SMED mulighed for kortere gennemløbstider, og desuden vil man kunne opnå større tilfredshed hos medarbejderne, fordi de involveres i forbedringerne og vil opleve en mindre stresset hverdag, hvor de samtidig kan nå mere.

Total Productive Maintenance

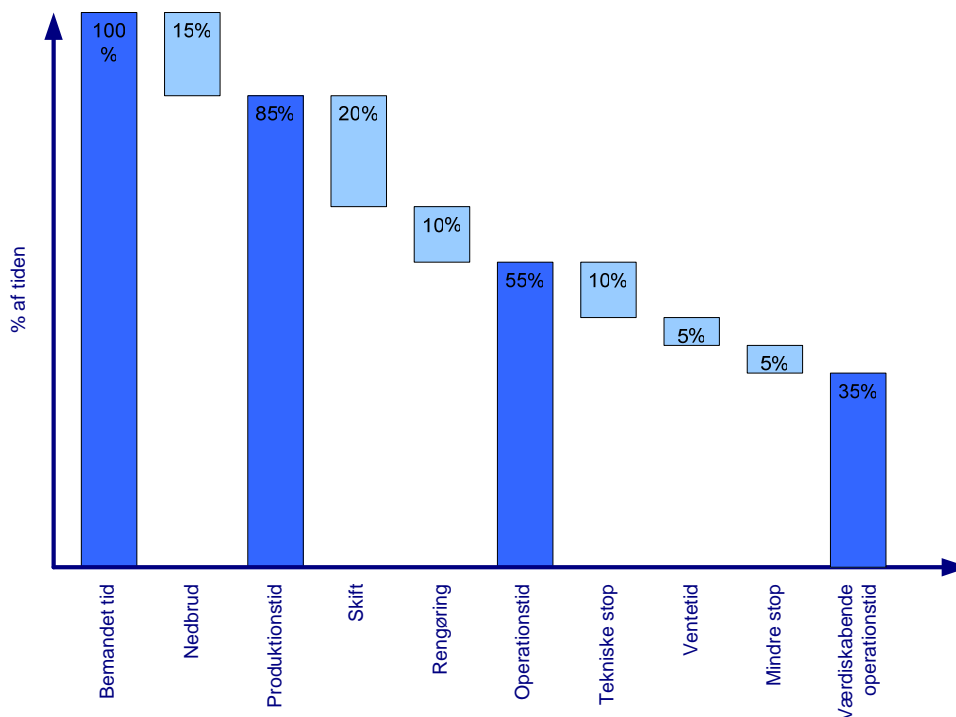
Total Productive Maintenance (TPM) fokuserer på udnyttelsen af det udstyr, som er i produktionen, og søger at mindske nedbrud og øge ydelsen ved løbende at vedligeholde udstyret (Bicheno, 2004). Nedbrud er forbundet med store omkostninger for virksomheden, fordi varen bliver forsinket. Det er specielt vigtigt, når man indfører Lean, fordi man her fjerner de lagre, der ellers fungerer som buffer i tilfælde af produktionsstop.

Løbende vedligeholdelse er billigere end store reparationer som følge af nedbrud, og via TPM søger man således at træne medarbejderne til at overvåge og vedligeholde maskinerne løbende (Russell og Taylor, 2003).

Indenfor TPM defineres ifølge Bicheno (2004) seks typer tab – nedbrudstab, omstillings- og justeringstab, mindre stop og tomgang, tab p.g.a. nedsat hastighed, defekter og opstartstab. Disse seks typer inddeles i tre kategorier – tilgængelighed, ydelse og kvalitet, som er grundlaget for arbejdet med Overall Equipment Efficiency (OEE). OEE er et mål for, hvor godt en maskine eller et anlæg udnyttes og beregnes som:

$$OEE = \text{tilgængelighed (\%)} \cdot \text{ydelse (\%)} \cdot \text{kvalitet (\%)}$$

Ved at reducere mindre stop og forkorte omstillingstiden kan OEE-procenten reduceres. Her kan andre Lean-værktøjer såsom Kaizen, 5S og SMED være en stor hjælp. Desuden kan et såkaldt vandfald bruges til at illustrere, hvilke tab der betyder mest for produktionen. Et eksempel på et vandfald er givet i Figur 4.8 nedenfor.



Figur 4.8. OEE-vandfald, der illustrerer bemanded tid, produktionstid, operationstid og værdiskabende tid samt forskellige tab (Jensen, 2006a).

Opsamling

Der er udarbejdet en oversigt over de udvalgte værktøjer, se Tabel 4.1. Oversigten indeholder, foruden indsatsniveauet, en beskrivelse af det grundlæggende princip i værktøjet, databehovet, forbedringer forårsaget af anvendelsen af værktøjet, samt hvilke aktører der er knyttet til brugen af værktøjet.

Med udgangspunkt i Figur 4.1 er det vurderet, hvilket indsatsniveau de enkelte Lean-værktøjer er rettet mod. Grundlaget i Lean-arbejdet er optimering inden for produktionen og processerne, men flere værktøjer beskæftiger sig også med leverandørerne (dvs. produktniveauet). Principperne og datakravene er meget varierende, da værktøjerne bruges på forskellige niveauer og repræsenterer forskellige måder at opnå en Lean produktion, men som beskrevet under forbedringer, kan opnås de samme resultater ved at benytte de forskellige Lean-værktøjer. Aktørerne er naturligvis primært medarbejderne i Lean-afdelingen eller de, der arbejder med Lean, men andre medarbejderne inddrages i høj grad. For flere af værktøjerne gælder det, at Lean-afdelingen kan være med i opstarten, men at de enkelte afdelinger selv skal være i stand til at fortsætte arbejdet.

Tabel 4.1. Oversigt over udvalgte Lean-værktøjer med angivelse af indsatsniveauer, principper, data, forbedringer og aktører.

Værktøj	Indsats-niveau	Princip	Data	Forbedringer	Aktører
Kaizen <i>Løbende forbedringer</i>	Produkt Produktion Proces	Medarbejderne identificerer løbende problemer. Der udarbejdes løsningsforslag i fællesskab.	Idéer fra medarbejdere.	Ændringer i produkt-, produktions- og procesforholdene fører til reduktion af spild, øget produktivitet og øget kapacitet.	Lean-afd. sætter i gang, men den enkelte afdeling fortsætter selv.
JIT <i>Just in Time Production</i>	Produkt Produktion	Producere præcis den mængde produkter, som kunden ønsker, præcis når denne ønsker det.	Leveringstider og produktionstider mv.	Trækstyring, jævnt flow (vha. mindre serier) og reduktion af spild medfører færre fejl, reduktion af lagre og ventetid, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Logistikafd./Lean-afd. og medarbejdere i produktionen.
SCM <i>Supply Chain Management</i>	Produkt Produktion	Styring af flowet i forsyningskæden for at opnå øget fleksibilitet og lavere omkostninger.	Oplysninger fra hele forsyningskæden om flowet af materialer, produkter og halvfabrikata samt gennemløbstider, ordreflgivelser, prognoser for efterspørgsel og prisvariationer.	Forbedret informationsflow giver øget fleksibilitet og effektivitet. Det medfører bedre leveringsevne og reduktion af lagre.	Tæt samarbejde med leverandører, producenter, distributører og kunder.
TQM <i>Total Quality Management</i>	Produktion	Opretholde og forbedre standarder, forbedre effektiviteten og fokusere på kundens ønske.	-	Bedre kvalitet.	Tværfagligt samarbejde.
5S <i>Sortér, Sæt i orden, Systematisk Rengøring, Standardisér og Selvdisciplin</i>	Produktion	Skabe en effektiv arbejdsplads vha. organisering, oprydning og standarder.	Idéer fra medarbejdere.	Mindre pladsbehov, mindre tidsforbrug og færre fejl.	Lean-afd. er igangsat, men medarbejderne udfører.
Kanban	Produktion	Styring af flows ud fra signaler.	Produktionsnumm er, beholdertype, kvantitet og destinationer.	Styring af ordrer sikrer trækstyring og reducerer lagre.	Logistikafd./Lean-afd. og medarbejdere i produktionen.
VSM <i>Value Stream Mapping</i>	Produktion Proces	Kortlægning af værdistrøm for at reducere fx gennemløbstid. Identificering af nuværende og ønsket flow.	Materialeflow og informationsflow, procestider, gennemløbstider og taktider mm. for de enkelte processer og lagre.	Optimering af produktion og processer samt ændrede arbejds gange medfører reduktion af spild, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Lean-afd. i samarbejde med operatører, driftsledere mv.
SMED <i>Single-digit Minute Exchange of Die</i>	Proces	Reduktion af omstillingstid ved gennemgang af omstillingsprocesser. Bygger på holdningsændringer og småforbedringer.	Identifikation af aktiviteter ved omstilling af maskiner.	Reduktion af ventetid og øget kapacitet.	Lean-afd. i samarbejde med operatører, ingeniører og smede.
TPM <i>Total Productive Maintenance</i>	Proces	Forbedre udnyttelsesgrad, mindske nedbrud ved løbende vedligeholdelse.	Tidsmæssig udnyttelse af produktionsudstyr.	Reduktion af ventetid og øget kapacitet.	Lean-afd. – og optræning af operatører.

Supply Chain Management (SCM) handler om forsyninger af råvarer, fremstilling af produktet og produktets efterfølgende rute og følger altså produktet igennem hele forsyningskæden. VSM, 5S, TQM, JIT og Kanban bruges til at regulere produktionen som helhed, fx igennem øget trækstyring og lavere gennemløbstid, og anvendes altså ved optimering på produktionsniveau. VSM er desuden koblet til processerne, idet mange forbedringsforslag vedrører optimering af konkrete processer. På procesniveau anvendes endvidere SMED og TPM til optimering af maskinerne. De forslag, der fremkommer i forbindelse med Kaizen, kan dække alle tre niveauer.

4.2 Miljøoptimering

Befolkningstallet i verden er stigende, og samtidigt øges levestandarden. Det betyder, at ressourceforbruget stiger med øgede miljøpåvirkninger til følge. Arbejdet med miljøoptimering tager udgangspunkt i bæredygtig udvikling, der ifølge Brundtland-rapporten fra 1987 er defineret som:

en udvikling, der opfylder nuværende behov uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare.

Det er umuligt at kende fremtidige generationers behov, og derfor er det i praksis en meget svær opgave at skabe en 100% bæredygtig udvikling. Det er dog muligt for de nuværende generationer at reducere de miljøpåvirkninger, som de selv forårsager, og dermed bidrage til en bæredygtig udvikling.

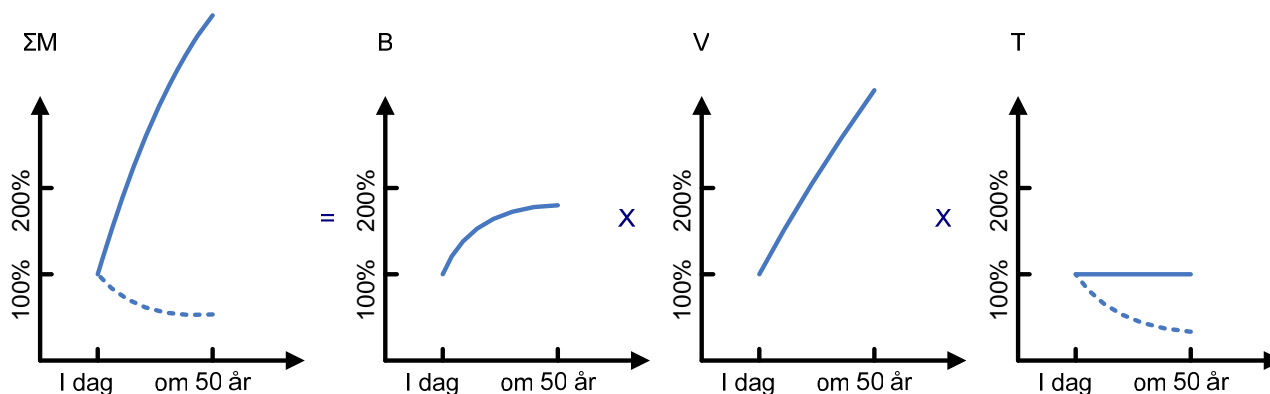
Sammenhængen mellem samfundets udvikling og de dertil knyttede miljøpåvirkninger kan opstilles i en simpel formel kaldet "the Master Equation" (Wenzel og Alting, 2004):

$$\sum M = B \cdot V \cdot T$$

I formlen er summen af en befolkningsgruppes miljøpåvirkninger M defineret som befolkningstallet B gange velstanden V (antal af forbrugte produkter/serviceydelser pr. person) gange teknologiens gennemsnitlige miljøpåvirkning T (miljøpåvirkning pr. produkt eller serviceydelse).

Formlen anvendes ikke i sig selv til at beregne egentlige miljøpåvirkninger, men fungerer som illustration af de udfordringer, som samfundet stilles overfor på vejen mod en bæredygtig udvikling. Ifølge Wenzel og Alting (2004) forventes det, at befolkningstallet vil øges med mere end 50% og velstanden i verden stige til over det

tre-dobbelte inden for de næste 50 år. Den samlede miljøpåvirkning vil derfor kunne blive 4-5 gange større end i dag, hvis det hypotetisk antages, at teknologien ikke ændres. Denne udvikling er illustreret i Figur 4.9 med de fuldt optrukne linier.



Figur 4.9. Udviklingen i verdens samlede miljøpåvirkning ved en fordobling af befolkning og velstand (fuldt optrukne linier). De stiplede linjer illustrerer effekten af en reduktion af teknologiens miljøpåvirkning med en faktor 10 (Wenzel og Alting, 2004).

Befolkningstilvæksten og velstanden er vanskelige at regulere, og derfor er reduktion af den teknologiske faktor det mest oplagte mål, når der ønskes en bæredygtig udvikling. Ved at reducere miljøpåvirkningerne pr. produceret enhed med en faktor 4-5 inden for 50 år, opnås blot en status quo i de samlede miljøpåvirkninger, som på nuværende tidspunkt i sig selv udgør et problem. Det vurderes i Wenzel og Alting (2004) at være nødvendigt med en reduktion af den teknologiske parameter på op mod en faktor 10 for at nedbringe miljøpåvirkningerne væsentligt (illustreret i Figur 4.9 med de stiplede linier). Denne reduktion vil kræve en målrettet indsats. En opgave, der i meget stor udstrækning ligger hos industrien, da den er nærmest til at påvirke teknologien i det omfang, der kræves.

Incitamentet for virksomhederne er foruden at overholde lovkrav og reguleringer, at der er mulighed for at reducere omkostninger til produktion, fordi forbrug af vand, energi mv. er forbundet med væsentlige økonomiske omkostninger.

4.2.1 Miljøoptimering i danske virksomheder

Miljøarbejdet er veludviklet i de fleste danske virksomheder og flere af virksomhederne bruger deres miljøarbejde i markedsføringen. Her spiller især miljøcertificeringer og miljømærker en stor rolle. Desuden giver miljøarbejdet virksomhederne en mulighed for at være på forkant med udviklingen – både i

lovgivningen og i forhold til konkurrenterne (Christensen et al., 1999).

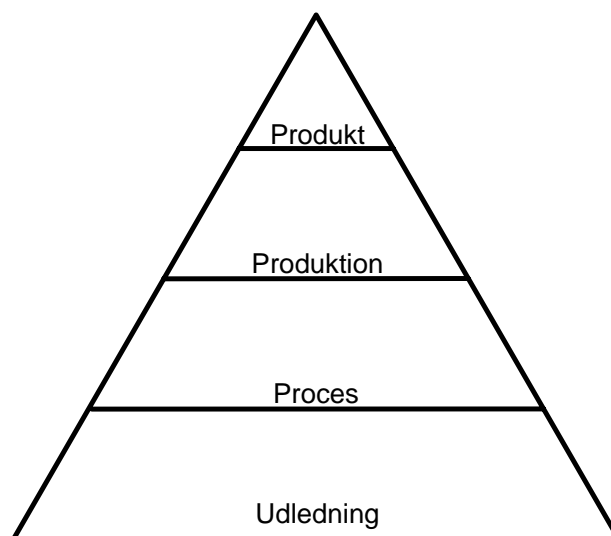
Hvor virksomhederne for et par årtier siden mest fokuserede på at begrænse udledningen og overholde grænseværdier, er miljøarbejdet nu langt mere fokuseret på at forebygge miljøproblemer. Det kræver et en række værktøjer, der kan kortlægge, identificere og styre mulighederne for miljøoptimering, fx Miljøledelse, der er meget udbredt i danske virksomheder. Mange virksomheder tager et større ansvar og ser ud over egen produktion, bl.a. stilles øgede miljømæssige krav til leverandører, og produkternes miljøforhold ansues i et livscyklusperspektiv, som også har stigende politisk bevågenhed.

Det er især de større virksomheder, der er proaktive, og som derfor anvender en række af de mere konkrete miljøværktøjer, der er til rådighed. Flere og flere virksomheder har desuden fået øjnene op for, at brugen af disse værktøjer i både det korte og det lange løb kan medføre betydelige økonomiske besparelser.

Det målrettede miljøarbejde betyder, at stadig flere danske virksomheder benytter den tredobbelte bundlinje, hvor virksomhederne frivilligt inddrager sociale og miljømæssige hensyn på linje med de økonomiske. Denne prioritering af lønsomhed, socialt ansvar og miljømæssigt bedste praksis tiltrækker ifølge Europa Kommissionen (2001) de bedste medarbejdere og giver virksomhederne et forspring i det teknologiske kapløb, hvorved konkurrenceevnen øges.

4.2.2 Værktøjer

Målet for anvendelse af værktøjer til miljøoptimering er at øge miljøeffektiviteten af virksomhedens produkter eller aktiviteter. Miljøeffektiviteten er et udtryk for forholdet mellem det funktionelle output og de miljøeffekter, som er forbundet med dette output (faktoren T i "the Master Equation"). Når virksomheder søger at opnå større miljøeffektivitet, kan dette gøres ved en indsats på fire niveauer. Disse niveauer er som vist i Figur 4.10 produkt, produktion, proces og udledning, hvoraf de tre første anses for de væsentligste i forsøget på at øge miljøeffektiviteten. På hvert niveau affødes et specifikt behov for viden, metoder og værktøjer, som bruges til kortlægning, analyse, syntese, planlægning mv. i miljøarbejdet (Wenzel, 2002).



Figur 4.10. De fire indsatsniveauer inden for miljøoptimering – produkt, produktion, proces og udledning (Wenzel, 2002).

Ved design af *produktet* anvendes værktøjer såsom Livscyklusvurdering og Eco-design til eksempelvis at reducere materialeforbruget eller tilvælge de mest miljøvenlige materialer, produktions- og konstruktionsløsninger. Andre kendte metoder og værktøjer til at støtte miljøarbejdet omfatter ledelses- og kommunikationsværktøjer, som for det produktorienterede arbejde eksempelvis drejer sig om Life Cycle Management, Miljømærker og Miljøvaredeklarationer.

På *produktionsniveau* er det muligt ved hjælp af metoder som blandt andet Procesintegration at minimere ressourceforbruget og affaldsmængder pr. produceret enhed. Også på produktionsniveauet findes metoder og værktøjer, der støtter arbejdet med forbedringer: Miljøledelse bruges som støtte til at styre miljøarbejdet i produktionen, og værktøjer som fx miljøøkonomistyring og cost/benefit-analyser bruges som prioriteringsstøtte.

På *procesniveau* tilstræbes en reduktion af miljøeffekter i enhedsprocesserne gennem Procesintensivering, hvor de tekniske muligheder for at forbedre processen med hensyn til vandforbrug, kemikalieforbrug o.lign. analyseres. På procesniveau findes ligeledes en række andre metoder/værktøjer til at støtte forbedringsarbejdet, fx metoder til benchmarking og miljøpræstationsindikatorer for processen.

Miljøforbedring på det sidste niveau, *udledning*, består i at eliminere eller reducere stofferne i udledningerne til miljøet ved at nedbryde dem eller ved at fjerne dem fra udledningen og bortskaffe dem på en mere miljømæssigt forsvarlig måde. Dette har

ikke direkte relevans i forhold til Lean-arbejdet og er derfor ikke beskrevet yderligere.

Med udgangspunkt i den struktur, som er skabt i Wenzel og Alting (2004) (se Bilag 1) er udvalgt en række miljøværktøjer, der er knyttet til de tre niveauer produkt, produktion og proces. Rammen for miljøarbejdet på de tre niveauer er begrebet Renere Teknologi, som betyder at virksomhederne søger at tilrettelægge produktionen på en måde, så affaldsmængder og forbruget af råmaterialer, vand, energi og kemikalier minimeres, bl.a. ved at anvende teknologier, der er mere miljøvenlige.

I dette projekt er der taget udgangspunkt i de konstruktive værktøjer, der medfører ændringer i produkt, produktion og proces, nemlig Eco-Design, Procesintegration, Affaldsminimering og Procesintensivering. Ved at følge fremgangsmåderne inden for disse værktøjer fremkommer potentialet for ændringer i processer mv. Derudover knytter analyseværktøjet Livscyklusvurdering sig til Eco-Design og er derfor medtaget her.

Rammerne omkring miljøoptimering skabes ved anvendelse af Miljøledelse, som er meget udbredt, og Miljøøkonomistyring, der kan supplere arbejdet med prioritering af miljøindsatsen. Der findes desuden en lang række kortlægnings-, analyse-, vurderings-, ledelses- og kommunikationsværktøjer, som alle i den sidste ende har til formål at skabe rammerne for miljøoptimeringen via de konstruktive værktøjer.

Som ledelsesværktøjer er således beskrevet Miljøledelse og Miljøøkonomistyring, mens værktøjerne Eco-Design og Livscyklusvurdering er udvalgt på produktniveau; Procesintegration, Affaldsminimering på produktionsniveau og Procesintensivering på procesniveau.

Ledelsesværktøjerne sigter bredt og reducerer således både faste og variable miljøomkostninger, mens de konstruktive værktøjer er rettet mod reduktion af variable miljøomkostninger. Miljøeffekterne i en virksomhed opgøres pr. produceret enhed og opdeles ligesom økonomiske omkostninger opdeles i faste og variable omkostninger. *Faste miljøomkostninger* er miljøpåvirkninger, der ikke varierer med produktionsstørrelsen eller aktivitetsniveauet over en given tidshorisont (fx effekter relateret til rumopvarmning og belysning eller til en vis grad fælles administration). *Variable miljøomkostninger* er derimod miljøpåvirkninger, der varierer med produktionsstørrelsen (fx ressourceforbrug og affaldsmængder relateret direkte til

produktionen), og er den type, der traditionelt set angribes med miljøarbejdet.

Miljøledelse

På ledelsesniveau anvendes Miljøledelse til at styre miljøforbedringerne, og derved sættes virksomhedens miljøarbejde i system. Der udarbejdes organisatoriske procedurer for miljøarbejdet, medarbejderne inddrages i arbejdet, og man søger at opnå løbende forbedringer (MST, 2006).

Miljøledelse anvendes i mange produktionsvirksomheder, men de senere år har også mange administrative virksomheder indført Miljøledelse. Der er i princippet ingen grænser for, hvor Miljøledelse kan anvendes, men der kan være store forskelle på, hvor stor den endelige miljømæssige gevinst er i forhold til den indsats, der bliver lagt i arbejdet. De miljømæssige konsekvenser af at anvende Miljøledelse vil således variere efter størrelsen af virksomheden, af produktionstypen og ambitionsniveauet. Det kan være meget gavnligt at få kortlagt en stor virksomheds miljøforhold, idet meget spild o.lign. vil være mere eller mindre skjult i det daglige. Omfanget af de forbedringer, som gennemføres, afhænger af ledelsens engagement i processen og af, hvor mange ressourcer der afsættes (MST, 2006).

I de første år med Miljøledelse vil det være muligt at skære ned på ressourceforbrug, affaldsmængder og udledninger ved en lille indsats, men efterhånden vil det vise sig sværere og sværere at opnå selv små forbedringer (MST, 2006). Der inddrages konstruktive værktøjer undervejs i forløbet for at opnå de ønskede forbedringer, og senere bliver det nødvendigt at gå videre ved at inddrage værktøjer med et specifikt fokus som eksempelvis Livscyklusvurdering, der også fokuserer på forhold uden for virksomhedens rammer.

Når der implementeres Miljøledelse i virksomheden, udføres først en kortlægning af miljøforholdene, hvorved der dannes et overblik over de væsentligste miljøpåvirkninger. Kortlægningen skal indeholde en afklaring af, hvilke miljøeffekter der opstår i virksomheden, og en undersøgelse af, hvad der forårsager disse miljøeffekter. Herunder kortlægges ressourceforbruget (vand, energi og råvarer) og emissioner (spildevand, CO₂ mv.). Desuden skal alle krav fra myndighederne identificeres. Ved at holde sig opdateret på lovkrav har virksomheden mulighed for at være på forkant med eventuelle stramninger i lovgivningen. Det betyder, at de i god tid kan planlægge ændringer i produktionen for at leve op til de strammere krav. Derved bliver omstillingen lettere for dem, og der kan eksperimenteres med

forskellige materialer, så man finder den miljømæssigt bedste løsning (MST, 2006 og Sheldon og Yoxon, 1999).

Efterfølgende udarbejdes en miljøpolitik, hvori det beskrives, hvad virksomheden ønsker at opnå på et generelt plan. Herudfra fastsættes en række mål for miljøforbedringer, og der udarbejdes en handlingsplan for, hvorledes disse mål skal opnås. Det er nødvendigt at identificere enkelte fokusområder og opstille konkrete mål, som er målbare og optimistiske, men ikke urealistiske. Selve arbejdet med miljøforbedringer skal integreres i dagligdagen i virksomheden, og derfor opstilles procedurer og laves ansvarsfordeling (MST, 2006). Toplederne er selv med til at formulere miljøpolitikken og er dermed fra starten engageret i processen. Desuden er en del af grundlaget i Miljøledelse, at medarbejdere på alle niveauer involveres, hvilket ofte giver en øget arbejdsglæde (MST, 2006).

Der foretages løbende evalueringer af arbejdet, så processen styres i den rigtige retning gennem måling af parametre, som indgår i målsætningen (f.eks. CO₂-udledning). Ofte præsenteres miljøpolitikken, målsætningerne og resultaterne i et grønt regnskab (som for nogle virksomheder er lovpligtigt) eller i en miljøredegørelse for at kommunikere miljøarbejdet videre til kunderne og øvrige interessenter (MST, 2006).

Mange virksomheder vælger at få certificeret deres miljøarbejde enten ved brug af ISO14001, som er den internationale miljøledelsesstandard, eller EMAS (Eco Management and Audit Scheme), som er en europæisk standard for miljøledelse. Der er enkelte forskelle på de to certifikater, men generelt gælder der krav om hhv. kortlægning og løbende miljøforbedringer. En certificering fungerer som en slags blåstempling af virksomhedernes miljøarbejde og er et effektivt kommunikationsmiddel for virksomhederne.

Det er et stort projekt at indføre Miljøledelse, og det kræver mange ressourcer. Det skal være noget, som virksomheden ønsker at satse på over en længere periode, og det kan vise sig at være hårdt arbejde at opnå miljøforbedringerne. Derfor er motivation af medarbejderne meget afgørende for succes.

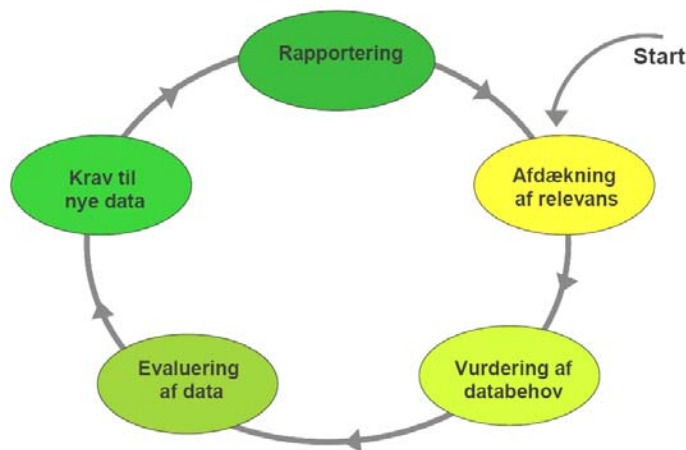
Miljøøkonomistyring

I mange tilfælde er de miljørelaterede omkostninger fordelt på virksomhedens enkelte afdelinger. Formålet med Miljøøkonomistyring (MØS) er at samle disse

oplysninger og skabe et beslutningsgrundlag for miljømæssige handlinger indenfor virksomheden. Samspillet mellem økonomi og miljø er udgangspunktet for MØS, og målet er populært sagt at få "mest miljø for pengene" (Melchiorsen og Mogensen, 2004). MØS er således først og fremmest et værktøj, der styrker de interne beslutninger i virksomheden. Metoden kan dog også bruges som et værktøj til ekstern rapportering af miljøøkonomiske oplysninger, som i stigende grad kræves i årsregnskaber og efterspørges af interessenter.

I MØS kobles økonomi og miljø sammen ved at lave en kortlægning af råvare-, energi- og affaldsstrømme i virksomheden, altså de processer, som både har økonomisk og miljømæssig betydning. MØS er således et værktøj, der kan identificere, vurdere og styre omkostningerne – specielt omkostninger forbundet med råvarespild og affaldsstrømme (Melchiorsen og Mogensen, 2004).

En systematisk tilgang til MØS kan tage udgangspunkt i den såkaldte MØS-cirke. Den beskriver punkt for punkt den proces, virksomheden bør gennemløbe, herunder hvilke tiltag og overvejelser virksomheden bør foretage før og under implementering af MØS (Melchiorsen og Mogensen, 2004). MØS-cirklen er illustreret i Figur 4.11, og aktiviteterne i de forskellige faser er beskrevet efterfølgende.



Figur 4.11. MØS-cirklen illustrerer de aktiviteter en dansk virksomhed anbefales at gennemgå ved implementering af Miljøøkonomistyring (Melchiorsen og Mogensen, 2004).

Første fase, *afdækning af relevans*, har til formål at afdække på hvilke områder, MØS har relevans for virksomheden, dvs. i hvilken forbindelse MØS kan styrke miljøarbejdet eller beslutningsprocesserne generelt. Desuden er formålet med denne fase at afgrænse og definere området, som MØS skal anvendes på. Endelig skal det

sikres, at virksomhedens overordnede strategiske, økonomiske og politiske rammer gør det muligt at agere på resultaterne.

Anden fase i MØS-cirklen er *vurdering af databehov*, hvor det undersøges, hvilke typer data der er nødvendige for at kunne belyse og evaluere det udvalgte område.

Tredje fase er *evaluering af data*, der har til formål at vurdere, hvilke data og informationer der er tilgængelige i virksomhedens systemer, og hvilke der yderligere skal indsamles. Ifølge Melchiorson og Mogensen (2004) har virksomheder, der forsøger at fremskaffe ny viden og data under arbejdet med MØS, størst udbytte af værktøjet.

Dataindsamlingen i MØS er meget afhængig af den afgrænsning, der foretages i den indledende fase. Der vælges et fokusområde, fx affald, energi eller vand, og derefter indsamles data for alle strømme inden for det givne felt. Datakrav kan således være affaldsmængder, energiforbrug fordelt på processer, vandforbrug og/eller mængden af spildevand samt de økonomiske aspekter forbundet med disse miljøforhold.

Fjerde fase, *krav til nye data*, har til formål at tage stilling til spørgsmålet: "Hvordan skal man indsamle de data, der mangler?" Desuden skal der i denne fase opstilles en kravbeskrivelse til den fremtidige indsamling af data i eksisterende og eventuelt nye systemer. Denne fase er således en kvalitetssikring af data.

Femte og sidste fase er *rapportering*. For at sikre implementeringen af MØS er det nødvendigt at bearbejde og kommunikere de opsamlede miljøøkonomiske data, så de kan bruges til at styre og træffe beslutninger efter.

Da virksomhederne ofte bliver mere opmærksomme på besparelspotentialet efterhånden, som de får kortlagt virksomhedens aktiviteter, er det som regel nødvendigt at gennemløbe alle faserne i MØS-cirklen flere gange. Dette sikrer, at ny viden og evt. ændrede målsætninger og fokusområder bliver indarbejdet, så virksomheden opnår et tilfredsstillende resultat.

Forcen ved MØS ligger i de specifikke kortlægninger, hvor virksomheden lærer at betragte produktionen ud fra et nyt perspektiv. Det giver et mere reelt billede af omkostningsstrukturen ved at allokere miljøomkostningerne til de aktiviteter og produkter, der forårsager omkostningerne. Det forbedrer desuden

beslutningsgrundlaget i forbindelse med investeringer. Succeskriteriet for MØS-metoden er, at virksomheden er indstillet på at finde ny data. Herved bliver der kortlagt nye sammenhænge, og MØS bliver ikke blot en ny måde at beskrive allerede kendt viden. MØS er en tværfaglig disciplin, som foruden miljøafdelingen også involverer økonomiafdelingen og de ansatte i produktionen.

Eco-Design

De stigende krav fra forbrugere og miljølovgivningen har ført til, at miljøhensyn allerede implementeres i produktudviklingen, hvor man har mulighed for at designe produktet under hensyntagen til miljøet. En af metoderne, der anvendes til dette, er Eco-Design eller Design for Environment og på dansk Miljørigtig Konstruktion.

Eco-Design er et værktøj, som hjælper produktudviklere til at udvikle mere miljøvenlige produkter, og anvendes derfor i virksomhedernes udviklingsafdelinger, hvor der i nogle tilfælde samarbejdes tæt med miljøafdelingen eller ansættes medarbejdere med specialviden inden for miljøområdet.

Der er adskillige muligheder for at foretage miljømæssige forbedringer af produktet. For det første kan produktets levetid øges, så der i det lange løb spares ressourcer. For det andet kan produktet designes med henblik på optimalt materialeforbrug. Det gælder dels anvendelsen af sekundære materialer, dels anvendelsen af materialer, der ved bortskaffelse af produktet kan genanvendes. Desuden kan der udpeges materialer og processer, som er mere miljøvenlige end dem, der hidtil har været anvendt (fx ved substitution af kemikalier). Der kan være en enorm gevinst ved at tænke miljøet ind i produktet, allerede inden dette er sat i produktion. Nye materialer, reduceret strømforbrug osv. kan afprøves i startfasen, og produktets design kan tilpasses de muligheder, som er miljømæssigt acceptable.

I McAloone (2002) er opstillet rammer for arbejdet med Eco-Design. Det præsenteres som en proces med fire trin – analyse, rapportering, prioritering og forbedring. Processen bygger på princippet om løbende forbedringer og er altså en cyklus. Der arbejdes ud fra de fire trin både i den strategiske del af arbejdet med Eco-Design og i den praktiske del. Her beskrives den praktiske del af processen.

I første trin, *analyse*, udføres en miljøvurdering, hvor hele produktets livscyklus er inkluderet. Til analysen er det nødvendigt at kende krav fra lovgivningen og de krav, som kunderne stiller til produktet. Desuden indsamles data til at foretage

miljøvurderingen, hvilket vil sige data for alle inputs og outputs igennem hele produktets levetid (evt. ved anvendelse af Livscyklusvurdering eller Livscykluscheck se beskrivelse i det efterfølgende afsnit). Ofte vil man foretage analysen på et relativt simpelt datagrundlag for at mindske arbejdsbyrden.

Næste trin er rapportering, hvor resultaterne af den forudgående analyse kommunikeres videre til interessenterne (designere, miljøchef, produktionschef, marketing osv.), og der indsamles feedback. Herved opnås en fælles forståelse for de identificerede miljøproblemer.

Ved prioritering opstiller designafdelingen mål for den videre udvikling af produktet. I analysen vil flere forbedringsmuligheder være identificeret, og det er vigtigt at prioritere, hvilke af disse forbedringer der satses på. Udover at opstille mål for miljøforbedringer kan designerne også i dette trin opstille dele af produktspecifikationen. Det fjerde trin er selve produktplanlægningen, hvor der udover de almindelige design-værktøjer også anvendes miljøspecifikke design-værktøjer.

Metoden giver produktudviklerne mulighed for systematisk at indarbejde miljøhensyn i udviklingen af produkter. Et grundelement er at forudsige, hvorledes produktet vil blive håndteret gennem hele dets levetid, hvilket vil give virksomheden et større indblik i, hvad der foregår uden for dens rammer. Det bliver derved muligt via produktets design at få indflydelse på, hvordan produktet håndteres, og dermed også hvilke miljøeffekter, der vil optræde i livsforløbet. Det er dog ikke nemt at anvende metoden. Det er en kunst at indarbejde miljøhensynet i produktudviklingen, hvor der i forvejen stilles krav til bl.a. kvalitet og pris.

Livscyklusvurdering

En Livscyklusvurdering (Life Cycle Assessment – LCA) er en undersøgelse af de miljøeffekter, som er forbundet med et produkt eller system i hele dets levetid, hvilket vil sige fra udvinding af råmaterialer til produktion, brug og bortskaffelse.

Virksomheder benytter LCA til at identificere, hvor i et produkts livscyklus de væsentligste miljøpåvirkninger foregår. Dermed bliver det muligt for virksomheden at fokusere på disse dele af livscyklussen og målrettet forsøge at reducere miljøpåvirkningerne. LCA bruges også til at sammenligne forskellige materialer eller muligheder inden for produktet og dermed udpege den miljømæssigt bedste løsning

allerede i designfasen (se forrige afsnit). Derved opnår virksomheden en bedre miljøprofil, og de leverer mere miljøvenlige produkter til deres kunder. Desuden er der muligheder for at reducere forbruget af råmaterialer, energi mv. i produktionen.

Potentialet for at gennemføre miljøforbedringer afhænger af, hvor stor indflydelse virksomheden har på de dele af livscyklussen, som bidrager mest til miljøeffekterne, og i hvor høj grad det er muligt at designe produktet ved brug af mere miljøvenlige materialer, anvende en mere miljøvenlig produktionsmetode eller reducere ressourceforbruget i brugsfasen. Som udgangspunkt har en virksomhed direkte indflydelse på fremstillingsprocessen, mens det kræver deciderede designændringer eller ændret holdning blandt forbrugerne for at påvirke miljøforholdene efter produktionen (Wenzel et al., 1997).

Der er tre hoveddele i en LCA – fastsættelse af mål og afgrænsning, opgørelse af inputs og outputs (inventory) samt en konsekvensvurdering (impact assessment). Et meget væsentligt element i LCA-metoden er, at analysen og vurderingen udføres iterativt, hvilket vil sige, at man arbejder i alle dele af LCA'en igennem hele processen.

I den første del opstilles formål og mål med selve LCA'en, hvilket efterfølges af en afgrænsning af det undersøgte system og en beskrivelse af de rammer, som LCA'en udføres inden for.

Datagrundlaget for selve vurderingen er en mængdeopgørelse over de inputs i form af ressourceforbrug, der er til processen, og de outputs i form af emissioner, som optræder i produktets livscyklus (Wenzel et al., 1997). Der er oprettet flere databaser, der kan lette dette arbejde, men det vil altid være nødvendigt at søge specifikke oplysninger for produktet. Dette kan gøres inden for virksomheden (materialeforbrug, elforbrug o.lign.) og hos leverandører, kunder (fx forbrugsmønstre) og myndighederne (fx affaldsbehandling).

Ressourceforbruget opgøres i konsekvensvurderingen ved at identificere sparsomme ressourcer, mens emissionerne samles i nogle få kategorier ved brug af ækvivalenter. Både ressourceforbrug og emissioner normaliseres, hvilket betyder, at data for det undersøgte produkt eller system sættes i relation til det årlige ressourceforbrug og udledning fra hver person. For at foretage den endelige vurdering af miljøeffekterne vægtes emissioner ud fra de politisk bestemte vægtningsfaktorer, og

ressourceforbruget sættes i forhold til den kendte mængde reserver. Derved opnås resultater, der udtrykker potentielle miljøeffekter og ressourceforbrug i forhold til de effekter og forbrug, som hver person kan forårsage i løbet af et år.

Desuden udføres en usikkerheds- og følsomhedsanalyse for at vurdere, hvor robust det endelige resultat er, og hvorledes usikkerheder og andre faktorer vil påvirke resultatet.

Det er et stort arbejde at udføre en LCA, men der findes dog simplificerede metoder (fx livscykluscheck efter MEKA-metoden⁶), som kan bruges til at skabe et overblik. Hvis der skal udføres en komplet LCA, kræver det grundigt kendskab til metoden samt adgang til databaser, hvorfor det ofte vil være nødvendigt for virksomheden at hyre eksperter til denne opgave.

Procesintegration

Procesintegration sigter mod at optimere på produktionsniveau ved at integrere de enkelte processer, så de udnytter hinandens spildstrømme af energi, vand mm. Derved minimeres det samlede produktionssystem forbrug af ressourcer og udledning af stoffer (Dunn og Wenzel, 2001). Procesintegration er ideelt ved ændring af processer som fx udvidelser, nybygninger eller energisyn og er iflg. Petersen (1991) specielt velegnet i produktionssystemer, hvor der indgår kogning, tørring, gæring, pasteurisering, destillation, procesvand, brugsvand, rumopvarmning og spildvarme mv.

I en produktion er der oftest en mængde forskellige varme spildstrømme, som bliver udledt direkte til rensningsanlæg på trods af, at energien i dem kan genbruges til at opvarme kolde fødestrømme, der ellers skal varmes op på anden vis. Muligheden for at overføre energien fra disse varme strømme til en kold fødestrøm gennem en varmeveksler analyseres i en energi-pinch-analyse.

I en energi-pinch analyseres det samlede system af kolde og varme strømme i

⁶ Det grundlæggende arbejde i MEKA-metoden består i at udfylde et skema, der beskriver miljøpåvirkninger indenfor Materialer, Energi, Kemikalier og Andet i produktets materialefase, produktionsfase, brugsfase, bortskaffelsesfase og transportfase. Datagrundlaget består som minimum af udvalgte materialers energiindhold, forsyningshorisonten for sparsomme ressourcer samt en liste over materialeforbrug. (se bla. Pommer et al., 2001)

produktionssystemet, og det maksimale potentiale for varmeveksling samt minimumsbehovet for ekstern varmeenergitilførsel og køling identificeres. Grundlaget for beregningerne er procesdata, herunder in- og outflow fra processerne, procestider, samtidighed samt energiindhold og temperatur af spildevand. Ud fra dette kan man ved hjælp af en række kendte parametre som temperaturdifferens, varmeovergangstal, varmekapacitet samt en række overvejelser omkring ønsket overfladeareal på varmevekslere, typen af varmevekslere mm. beregne den bedste økonomiske, tekniske og miljømæssige løsning for den enkelte virksomhed (Dunn og Wenzel, 2001).

På samme måde identificeres potentialet for vandgenbrug og systemets samlede minimale rentvandstilførsel i en vand-pinch, der primært bruges i tekstilindustrien, hvor vand af sekundær kvalitet kan genbruges i vaskeprocesser. For vand-pinch gælder dog en række væsentligt mere komplicerede beregninger, da man dels analyserer, hvad spildvandet indeholder, dels vurderer, om vandkvaliteten er tilstrækkelig god til at indgå i andre processer i virksomheden. Af kvalitetsparametre kan nævnes: vandets indhold af COD⁷, suspenderet stof, næringsstoffer salinitet, pH, restprodukter, hårdhed, turbiditet (ledningsevne), kemikalier og temperatur. Derudover er det også nødvendigt at kende vandflowet, procestiden og samtidigheden, så man har en nøjagtig viden om, hvornår og hvor meget vand der skal bruges i processen, og hvor meget genbrugeligt vand der kommer ud fra processen (Dunn og Wenzel, 2001).

Det kan i praksis være vanskeligt at genbruge vand og udforme varmevekslere og opbevaringstanke, der er passende til processerne. Det skyldes dels logistiske forhold og bundne processer, dels at processtrømmene i større procesanlæg ofte har vidt forskellige varmekapaciteter, massestrømme og ringe samtidighed (Dunn og Wenzel, 2001).

Resultatet af Procesintegration er ved energi-pinch implementering af det bedst mulige varmevekslernetværk og ved vand-pinch det bedst mulige netværk til genbrug af vand. Generelt er det økonomiske perspektiv i Procesintegration afgørende for designet af netværk. Der er store besparelspotentialer, og i mange tilfælde er investeringerne hurtigt tjent hjem, fordi der spares store summer på energi- og

⁷ Chemical Oxygen Demand – en betegnelse for, hvor meget ilt der skal til for at nedbryde det organiske materiale i spildevandet.

vandforbrug (Dunn og Wenzel, 2001). Procesintegration er et stort arbejde, og ofte hyres konsulenter til at kortlægge strømmene. Hertil har man desuden brug for hjælp fra virksomhedens medarbejdere med kendskab til strømmene.

Affaldsminimering

Affaldsminimering har til formål at minimere affaldsmængden i produktionen og søge at udnytte det affald⁸, der genereres, fx ved at lade affaldet indgå i andre processer eller produkter i virksomheden. De stigende omkostninger til affaldsbehandling og øgede lovkrav som følge af øget politisk fokus på de miljøeffekter, der er forbundet med affaldshåndtering, har gjort, at virksomhederne i højere grad fokuserer på affaldsminimering.

Affaldsminimeringen foregår i praksis på mange niveauer, da virksomheder kan forebygge og minimere affaldsmængden gennem bl.a. produktorienteret miljøpolitik, Miljøledelse og grønne regnskaber (Videncentret for Affald, 2006), men her er kun medtaget en beskrivelse på produktions- og procesniveau. Ofte er kortlægninger og vurderinger af virksomhedens affaldshåndtering et godt sted at starte, idet man derved får klarlagt, hvor i produktionen den største bidragsyder er. Miljøstyrelsen har udarbejdet en metode til affaldsminimering, der består af fire faser: *Kortlægning, analyse, forbedringsforslag og implementering* (Nedermark og Reker, 2000).

Første fase er *kortlægningen*, hvor alt affald i virksomheden opgøres i forskellige fraktioner. Yderligere klarlægges det, hvor i virksomheden affaldet opstår, og hvilke processer der forårsager det (fx administration, udpakning af råvarer og restprodukter). Der indsamles oplysninger om fast affald (emballage, dagrenovation osv.), kemisk affald, farligt affald og spildevandsstrømme. Desuden indhentes oplysninger om antallet af lejede containere, hvor tit disse afhentes eller tømmes, hvor meget affald de indeholder, og hvad der betales i afgifter. Det er ligeledes nødvendigt at kende kravene i lovgivningen, så det sikres, at virksomheden lever op til disse. For at beregne den reelle omkostning forbundet med affaldet medregnes tidsforbruget, slitage på maskiner, oparbejdet værdi, materialeprisen for affaldet og bortskaffelsesomkostningerne for den givne fraktion (Nedermark og Reker, 2000).

I næste fase, som er *analysen*, søges svar på følgende spørgsmål: Kan

⁸ Begrebet *affald* er iflg. Verdensbanken defineret som et materiale fra en produktionsproces, som ikke har nogen værdi for produktet, og som skal bortskaffes (US EPA, 1998).

affaldsproduktet helt undgås? Kan mængden reduceres? Kan mere affald afsættes til genanvendelse? Er de kommunale affaldsregulativer overholdt?

Ud fra analysen udarbejdes *forbedringsforslag*, og det klarlægges, hvilke rammer og forudsætninger der ligger til grund for, at forslagene kan implementeres. Forslagene vurderes ud fra et teknisk, økonomisk og miljømæssig synspunkt, og robustheden vurderes. Slutteligt *implementeres* forslagene i det daglige arbejde, og der udarbejdes en handlingsplan. Affaldsmængderne i virksomheden vil typisk ændre sig med tiden, hvorfor man årligt bør gennemgå hele systemet for at identificere eventuelle ændrede procedurer og vurdere, om affaldsbehandlingen her er uhensigtsmæssig (Nedermark og Reker, 2000).

Det er miljøafdelingen, der står for projektet. Selve kortlægningen kræver et indblik i produktionssystemet, hvilket kan opnås gennem inddragelse af medarbejderne, der har viden om, hvor de enkelte affaldsfraktioner opstår, og hvorledes de håndteres.

Resultaterne ved anvendelse af Affaldsminimering kan, afhængigt af fokus og muligheder, være en mere hensigtsmæssig håndtering af affald samt en reduktion i forbruget af råvarer og den genererede affaldsmængde. Det fører til reducerede udgifter til indkøb af råvarer og til bortskaffelse af affald.

Procesintensivering

Procesintensivering (også kaldet procesoptimering) er et design-værktøj, der er rettet mod at reducere produktionens størrelse ved at optimere på procesniveau. Procesintensivering kræver større ændringer af produktionsprocesserne for derved at øge bl.a. energieffektiviteten gennem brug af varmevekslere (EU, 2006).

Procesintensivering anvendes primært inden for den kemiske industri, hvor udbyttet i høj grad er afhængigt af effektiviteten i reaktorerne, mens der inden for produktionsindustrien arbejdes mere med destillationskolonner og varmevekslere. Med udviklingen af mindre og samtidigt mere effektive teknologier inden for reaktorer, kolonner og varmevekslere er mulighederne for at arbejde med Procesintensivering forbedret. Den miljømæssige gevinst ved Procesintensivering opstår, fordi energiforbruget reduceres, og effektiviteten forøges (Costello, 2002).

En del af grundlaget for at arbejde med Procesintensivering er overvågning af enhedsprocesserne. Datakravet kan således være fx pH, temperatur og indhold af

næringsstoffer. Desuden kræver metoden indgående kendskab til de processer, virksomheden anvender, samt et indblik i alternative løsninger.

Det er ændringerne i teknologien, der skaber forbedringerne. Afhængigt af virksomhedens produktion undersøges de kemiske, fysiske eller biologiske forhold, og forbedringsmuligheder opstilles. For de kemiske processer gælder, at reaktioner forsøges intensiveret ved eksempelvis at ændre reaktanternes fysiske forhold, således at reaktionshastigheden øges. Brugen eller optimering af katalysatorer kan også være en del af arbejdet med Procesintensivering. Biologiske processer søges optimeret gennem videreudvikling af GMO'er, så en organisme fx kan producere mere af det ønskede stof, før den kasseres.

Ved at styre processerne kan der også opnås forbedringer. Det kan dels dreje sig om at sikre, at processerne forløber, som de skal (fx ved konstant temperatur og pH), dels at starte og stoppe processerne på det mest optimale tidspunkt. Der kan også laves fysiske ændringer i maskinen, som reducerer forbruget af vand og kemikalier, eksempelvis at placere en "dummy" i en tank ved rengøring (Wenzel og Alting, 2004).

Som metode er Procesintensivering nem at gå til, fordi den bygger på nogle simple principper. Desuden kobles miljøarbejdet direkte til produktivitet, idet Procesintensivering ifølge PINetwork (2006) medfører bedre produktkvalitet og bidrager positivt til at skabe Just in Time Production.

Opsamling

Rammen for miljøarbejdet i danske virksomheder bygger på Miljøledelse og MØS. Til at understøtte disse findes en række værktøjer, der for størstedelen fokuserer på produktionen og til dels processerne, da virksomhedens mere formelle miljøansvar primært er knyttet til miljøeffekterne i denne. På produktniveau anvendes værktøjerne Eco-Design og LCA, der dels kan identificere, hvor i et produkts livscyklus de største miljøeffekter optræder, dels kan klarlægge forbedringspotentialer. Derigennem har virksomhederne mulighed for at reducere forbruget af materiale og vælge de mest miljøvenlige materialer, processer og konstruktionsløsninger, inden produktion af produktet igangsættes.

De produktionsrelaterede og konstruktive værktøjer Affaldsminimering og Procesintegration anvendes til at kortlægge, optimere og styre miljøforholdene i produktionen. Målet er at minimere ressourceforbruget og affaldsmængder (inkl.

spildevand) pr. produceret enhed. På procesniveau tilstræbes en reduktion af miljøeffekter i enhedsprocesserne gennem Procesintensivering (også kaldet procesoptimering), hvor de tekniske muligheder for at forbedre processen med hensyn til vandforbrug, energiforbrug og kemikalieforbrug analyseres.

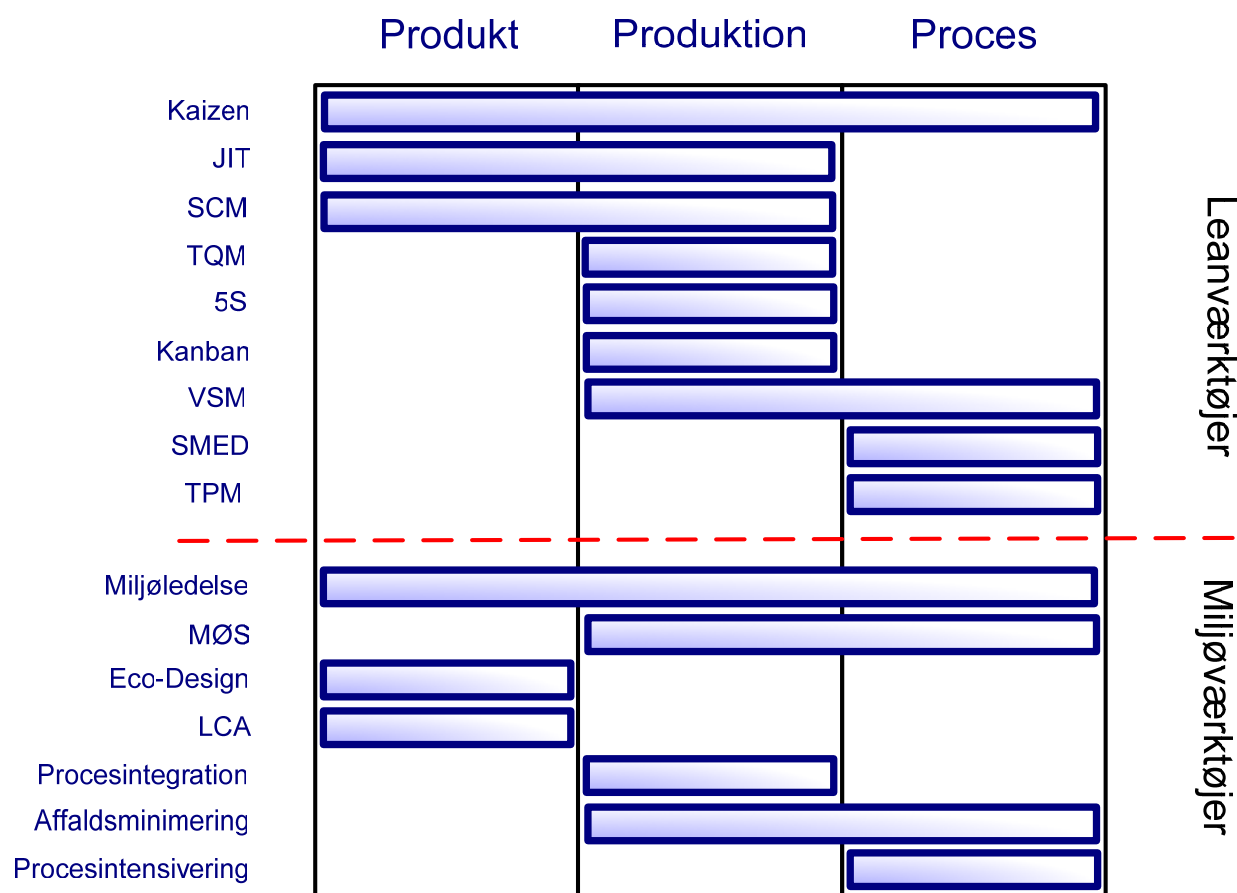
I Tabel 4.2 er vist en oversigt over indsatsniveau, princip, data, forudsætninger og aktører der er knyttet til de beskrevne værktøjer. Hovedaktøren er miljøafdelingen, som dog i høj grad er afhængig af medarbejdernes viden om processerne. Derudover kan der være behov for at inddrage konsulenter.

Tabel 4.2. Oversigt over udvalgte miljøværktøjer med angivelse af indsatsniveauer, principper, data, forbedringer og aktører.

Værktøj	Indsats-niveau	Princip	Data	Forbedringer	Aktører
Miljøledelse	(Produkt) Produktion Proces	Ledelsesværktøj til organisering og standardisering af miljøarbejdet.	Miljøeffekter og deres årsag, herunder ressourceforbrug (vand, energi og råvarer) og emissioner (spildevand, CO ₂ mv.). Desuden lovkraft.	Løbende forbedringer i forhold til de opsatte mål, dvs. reduktion af miljøeffekter.	Miljøafd. koordinerer, men er afhængig af opbakning fra ledelse og medarbejdere.
MØS <i>Miljøøkonomi-styring</i>	Produktion Proces	Beslutningsværktøj med udgangspunkt i kortlægning af miljørelaterede strømme og omkostninger forbundet hermed.	Data for processer med miljømæssig og økonomisk betydning, dvs. forbrug af råvarer, energi og vand samt affaldsgenerering. Mængder, priser og afgifter.	Økonomisk rentable miljøtiltag – reduktion af råvare-, vand- og energiforbrug samt affald.	Miljøafd., økonomiafd. og medarbejdere.
Eco-Design	Produkt	Indarbejde miljøhensyn i produktudvikling og derved skabe produkter, der forårsager færre miljøeffekter i dets levetid.	Inputs (råmaterialer, vand, energi mv.) og outputs (affald, emissioner til jord, vand og luft) fra udvinding af råmaterialer, produktion, brug, bortskaffelse og transport samt forbrugernes ønsker.	Forlængelse af produktets levetid, mindre ressourceforbrug i hele livscyklussen og substitution af kemikalier.	Udviklingsafd. med hjælp fra miljøafd. eller intern miljømedarbejder.
LCA <i>Livscyklus-vurdering</i>	Produkt	Vurdering af et produkts eller et systems miljøeffekter (ressourceforbrug og emissioner) fra vugge til grav.	Inputs (råmaterialer, vand, energi mv.) og outputs (affald, emissioner til jord, vand og luft) fra udvinding af råmaterialer, produktion, brug, bortskaffelse og transport.	Reduktion i brug af sparsomme ressourcer, substitution af kemikalier, reduceret forbrug af vand og energi samt færre emissioner.	En fuld LCA skal udføres af eksperter.
Proces-integration	Produktion	Kortlægning af spildstrømme og vurdering af de tekniske muligheder for genbrug og genvinding af vand og energi mellem processer.	Flow og variation i flow for hver enkelt delstrøm fra processerne samt data for fysiske, kemiske og evt. biologiske parametre knyttet til flowet, fx: pH, temperatur og indhold af forskellige stoffer.	Reduktion af energiforbrug og vandforbrug (inkl. reduktion af spildevandsmængder).	Miljøafd. evt. med hjælp fra konsulent og medarbejdere.
Affalds-minimering	Produktion Proces	Kortlægning af affaldsstrømme og efterfølgende teknisk, økonomisk og miljømæssig analyse.	Fast affald (emballage, dagrenovation osv.), kemisk affald, farligt affald og spildevandsstrømme (inkl. oparbejdet værdi, materialeprisen og bortskaffelsesomkostningerne) samt lovkraft.	Mere hensigtsmæssig håndtering af affald (undgå, reducere og genanvende) samt en reduktion i forbruget af råvarer og den genererede affaldsmængde.	Miljøafd. og medarbejdere.
Proces-intensivering	Proces	Optimering af de fysiske, kemiske og biologiske forhold i processer og maskiner med henblik på at øge effektiviteten.	Procestid, kemiske og biologiske reaktioner, fysiske forhold og effektivitet. Overvågning af og indsigt i processer og stor indsigt i processer.	Optimale procesbetingelser (fx temp. eller pH) samt timing af opstart og nedluk sikrer øget udbytte. Medfører primært reduktion af råvare-, vand- og energiforbrug.	Miljøafd. samt teknikere/ingeniører med kendskab til processerne.

5 Teoretisk afklaring af synergier og antagonier

Dette kapitel beskriver den teoretiske analyse af samspillet mellem Lean og miljø. For at systematisere arbejdet med Lean- og miljøværktøjer i dette projekt er de inddelt efter, hvilke niveauer virksomheden kan arbejde med dem på. I Figur 5.1 er niveauerne illustreret for at overskueliggøre sammenhængene mellem Lean- og miljøværktøjerne og derved give en fornemmelse af, hvilke værktøjer der kan have relevans, når virksomheden optimerer på produkt-, produktions- eller procesniveau.



Figur 5.1. Fordeling af Lean- og miljøværktøjer på de forskellige niveauer i forsyningskæden – produkt, produktion og proces.

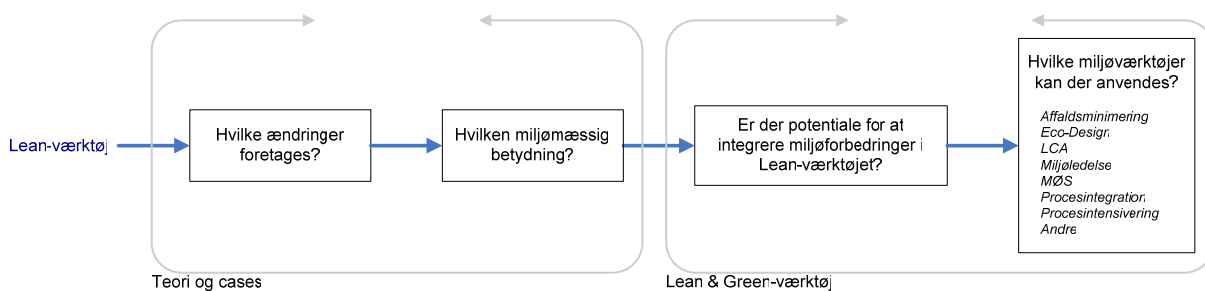
Den teoretiske analyse tager udgangspunkt i teorien beskrevet i kapitel 4 og består af fire hovedelementer:

- Fællestræk inden for Lean- og miljøværktøjerne på produkt-, produktions- og procesniveau
- Et litteraturstudie, hvor viden fra tidligere undersøgelser af samspillet mellem Lean og miljø er indsamlet.
- Identifikation af nøgleaspekter for samspillet mellem Lean og miljø, herunder:

- Den miljømæssige betydning af øget produktivitet og øget kapacitet
- Lean-spildtypernes miljømæssige betydning
- Systematisk gennemgang af Lean-værktøjernes miljømæssige betydning ud fra en analysemodel udviklet i nærværende projekt.

Analysemodellen til vurdering af Lean-værktøjers relation til miljø og muligheden for at integrere miljøaspekter i Lean er præsenteret i Figur 5.2. Med udgangspunkt i hvert Lean-værktøj, vurderes det, hvilke ændringer det forårsager (opgjort i Tabel 4.1 i afsnit 4.1.3), og hvilken miljømæssig betydning det har set i et helhedsperspektiv (se afsnit 5.4). Dette søges eftervist i en række cases (se kapitel 6).

Efterfølgende undersøges potentialet for at integrere miljøforbedringer i Lean-værktøjet, og endeligt undersøges, hvilke miljøværktøjer der vil kunne bidrage til miljøforbedringerne. Dette er udgangspunktet for udviklingen af Lean & Green-værktøjet (se kapitel 8).



Figur 5.2. Model til analyse af Lean-værktøjers samspil med miljø. Med udgangspunkt i Lean-værktøjet vurderes, hvilken produktionsmæssig og miljømæssig betydning dette har. Efterfølgende analyseres potentialet for at integrere miljø i Lean-værktøjet, og hvilke miljøværktøjer der i givet fald kan inddrages.

5.1.1 Fællestræk inden for Lean- og miljøværktøjer på produkt-, produktions- og procesniveau

På baggrund af inddelingen af værktøjerne på de tre indsatsniveauer produkt, produktion og proces og den teoretiske beskrivelse af Lean- og miljøværktøjerne er der lavet en systematisk samstilling af disse værktøjer. Der er taget udgangspunkt i de to opsamlende tabeller i afsnit 4.1.3 og 4.2.2, og herfra er der hentet oplysninger om data, forbedringer og aktører for hvert af værktøjerne. Formålet er at identificere, hvor synergier og antagonier kan opstå, fx i form af sammenfald i databehov.

Værktøjer på produktniveau

Værktøjerne, der anvendes på produktniveau, er opstillet i Tabel 5.1. Datagrundlaget på Lean-siden handler mest om flowet af varer gennem forsyningskæden, mens det for miljøværktøjerne drejer sig om informationer relateret til de inputs og outputs af materialer m.v., der er knyttet til de processer, der forekommer i forsyningskæden. Forbedringerne er for Lean-værktøjernes vedkommende relateret til bedre kommunikation og ændringer i styringen af flowet, hvilket medfører en mere effektiv forsyningskæde. Miljøværktøjerne er mere rettet mod at designe produktet, så der opstår færrest mulige miljøeffekter i livsforløbet. Det kan være nødvendigt ved anvendelse af både Lean- og miljøværktøjerne at inddrage aktører uden for virksomheden, fordi de besidder viden om processer og kan være dem, der skal implementere forbedringerne.

Tabel 5.1. Lean- og miljøværktøjerne på produktniveau. Data, forbedringer og aktører er ligeledes angivet.

Værktøj	Data	Forbedringer	Aktører
Kaizen <i>Løbende forbedringer</i>	Idéer fra medarbejdere.	Ændringer i produkt-, produktions- og procesforholdene fører til reduktion af spild, øget produktivitet og øget kapacitet.	Lean-afd. sætter i gang, men den enkelte afdeling fortsætter selv.
JIT <i>Just in Time Production</i>	Leveringstider og produktionstider mv.	Trækstyring, jævnt flow (vha. mindre serier) og reduktion af spild medfører færre fejl, reduktion af lagre og ventetid, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Logistikafd./Lean-afd. og medarbejdere i produktionen.
SCM <i>Supply Chain Management</i>	Oplysninger fra hele forsyningskæden om flowet af materialer, produkter og halvfabrikata samt gennemløbstider, ordreafgivelse, prognoser for efterspørgsel og prisvariationer.	Forbedret informationsflow giver øget fleksibilitet og effektivitet. Det medfører bedre leveringsevne og reduktion af lagre.	Tæt samarbejde med leverandører, producenter, distributører og kunder.
Miljøledelse	Miljøeffekter og deres årsag, herunder ressourceforbrug (vand, energi og råvarer) og emissioner (spildevand, CO ₂ mv.). Desuden lovkrav.	Løbende forbedringer i forhold til de opsatte mål, dvs. reduktion af miljøeffekter.	Miljøafd. koordinerer, men er afhængig af opbakning fra ledelse og medarbejdere.
Eco-Design	Inputs (råmaterialer, vand, energi mv.) og outputs (affald, emissioner til jord, vand og luft) fra udvinding af råmaterialer, produktion, brug, bortskaffelse og transport samt forbrugernes ønsker.	Forlængelse af produktets levetid, mindre ressourceforbrug i hele livscyklussen og substitution af kemikalier.	Udviklingsafd. med hjælp fra miljøafd. eller intern miljømedarbejder.
LCA <i>Livscyklusvurdering</i>	Inputs (råmaterialer, vand, energi mv.) og outputs (affald, emissioner til jord, vand og luft) fra udvinding af råmaterialer, produktion, brug, bortskaffelse og transport.	Reduktion i brug af sparsomme ressourcer, substitution af kemikalier, reduceret forbrug af vand og energi samt færre emissioner.	En fuld LCA skal udføres af eksperter.

Værktøjer på produktionsniveau

I Tabel 5.2 er Lean- og miljøværktøjerne på produktionsniveau præsenteret. Værktøjerne, der bruges på dette niveau, skaber overblik og identificerer forbedringsmuligheder i produktionen og mellem processerne. I Lean-værktøjerne er der ikke mange datakrav, men der arbejdes efter de overordnede Lean-principper om værdi, værdistrøm (inkl. eliminering af spild), flow, træk og perfektion (som beskrevet i afsnit 4.1.3). Det gælder også SCM og VSM, men her stilles mere specifikke datakrav i forbindelse med styring af flows i forsyningskæden og kortlægningen af produktionen, hvilket også gør sig gældende for miljøværktøjerne.

Forbedringerne er både for Lean og miljø relateret til ændringer i produktionen i form af den måde, produkter håndteres og bearbejdes. Aktørerne er primært Lean-afdelingen og miljøafdelingen.

Tabel 5.2. Lean- og miljøværktøjerne på produktionsniveau. Data, forbedringer og aktører er ligeledes angivet.

Værktøj	Data	Forbedringer	Aktører
Kaizen <i>Løbende forbedringer</i>	Idéer fra medarbejdere.	Ændringer i produkt-, produktions- og procesforholdene fører til reduktion af spild, øget produktivitet og øget kapacitet.	Lean-afd. sætter i gang, men den enkelte afdeling fortsætter selv.
JIT <i>Just in Time Production</i>	Leveringstider og produktionstider mv.	Trækstyring, jævnt flow (vha. mindre serier) og reduktion af spild medfører færre fejl, reduktion af lagre og ventetid, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Logistikafd./Lean-afd. og medarbejdere i produktionen.
SCM <i>Supply Chain Management</i>	Oplysninger fra hele forsyningskæden om flowet af materialer, produkter og halvfabrikata samt gennemløbstider, ordreafgivelser, prognoser for efterspørgsel og prisvariationer.	Forbedret informationsflow giver øget fleksibilitet og effektivitet. Det medfører bedre leveringsevne og reduktion af lagre.	Tæt samarbejde med leverandører, producenter, distributører og kunder.
TQM <i>Total Quality Management</i>	-	Bedre kvalitet.	Tværfagligt samarbejde.
5S <i>Sortér, Sæt i orden, Systematisk Rengøring, Standardisér og Selvdisciplin</i>	Idéer fra medarbejdere.	Mindre pladsbehov, mindre tidsforbrug og færre fejl.	Lean-afd. er igangsætter, men medarbejderne udfører.
Kanban	Produktionsnummer, beholdertype, kvantitet og destinationer.	Styring af ordrer sikrer trækstyring og reducerer lagre.	Logistikafd./Lean-afd. og medarbejdere i produktionen.
VSM <i>Value Stream Mapping</i>	Materialeflow og informationsflow, procestider, gennemløbstider og takttider mm. for de enkelte processer og lagre.	Optimering af produktion og processer samt ændrede arbejdsgange medfører reduktion af spild, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Lean-afd. i samarbejde med operatører, driftsledere mv.
Miljøledelse	Miljøeffekter og deres årsag, herunder ressourceforbrug (vand, energi og råvarer) og emissioner (spildevand, CO ₂ mv.). Desuden lovkrav.	Løbende forbedringer i forhold til de opsatte mål, dvs. reduktion af miljøeffekter.	Miljøafd. koordinerer, men er afhængig af opbakning fra ledelse og medarbejdere.
MØS <i>Miljøøkonomistyring</i>	Data for processer med miljømæssig og økonomisk betydning, dvs. forbrug af råvarer, energi og vand samt affaldsgenerering. Mængder, priser og afgifter.	Økonomisk rentable miljøtiltag – reduktion af råvare-, vand- og energiforbrug samt affald.	Miljøafd., økonomiafd. og medarbejdere.
Procesintegration	Flow og variation i flow for hver enkelt delstrøm fra processerne samt data for fysiske, kemiske og evt. biologiske parametre knyttet til flowet, fx: pH, temperatur og indhold af forskellige stoffer.	Reduktion af energiforbrug og vandforbrug (inkl. reduktion af spildevands-mængder).	Miljøafd. evt. med hjælp fra konsulent og medarbejdere.
Affaldsminimering	Fast affald (emballage, dagrenovation osv.), kemisk affald, farligt affald og spildevandsstrømme (inkl. oparbejdet værdi, materialeprisen og bortskaffelses-omkostningerne) samt lovkrav.	Mere hensigtsmæssig håndtering af affald (undgå, reducere og genanvende) samt en reduktion i forbruget af råvarer og den genererede affaldsmængde.	Miljøafd. og medarbejdere.

Værktøjer på procesniveau

Ændringerne på procesniveau foregår ved hjælp af de værktøjer, der er præsenteret i Tabel 5.3. Datakravene er her mere specifikke for både Lean- og miljøværktøjerne, idet der kræves en god indsigt i processerne, og hvorledes de fungerer. De forbedringer, der foretages på procesniveau, er rettet mod den måde, hvorpå maskiner og processer anvendes, og målet er at øge produktiviteten og kapaciteten på Lean-siden og sikre de bedst mulige miljømæssige forhold omkring disse.

Tabel 5.3. Lean- og miljøværktøjerne på procesniveau. Data, forbedringer og aktører er ligeledes angivet.

Værktøj	Data	Forbedringer	Aktører
Kaizen <i>Løbende forbedringer</i>	Idéer fra medarbejdere.	Ændringer i produkt-, produktions- og procesforholdene fører til reduktion af spild, øget produktivitet og øget kapacitet.	Lean-afd. sætter i gang, men den enkelte afdeling fortsætter selv.
VSM <i>Value Stream Mapping</i>	Materialeflow og informationsflow, procestider, gennemløbstider og takttider mm. for de enkelte processer og lagre.	Optimering af produktion og processer samt ændrede arbejds gange medfører reduktion af spild, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Lean-afd. i samarbejde med operatører, driftsledere mv.
SMED <i>Single-digit Minute Exchange of Die</i>	Identifikation af aktiviteter ved omstilling af maskiner.	Reduktion af ventetid og øget kapacitet.	Lean-afd. i samarbejde med operatører, ingeniører og smede.
TPM <i>Total Productive Maintenance</i>	Tidsmæssig udnyttelse af produktionsudstyr.	Reduktion af ventetid og øget kapacitet.	Lean-afd. – og optræning af operatører.
Miljøledelse	Miljøeffekter og deres årsag, herunder ressourceforbrug (vand, energi og råvarer) og emissioner (spildevand, CO ₂ mv.). Desuden lovkraft.	Løbende forbedringer i forhold til de opsatte mål, dvs. reduktion af miljøeffekter.	Miljøafd. koordinerer, men er afhængig af opbakning fra ledelse og medarbejdere.
MØS <i>Miljøøkonomistyring</i>	Data for processer med miljømæssig og økonomisk betydning, dvs. forbrug af råvarer, energi og vand samt affaldsgenerering. Mængder, priser og afgifter.	Økonomisk rentable miljøtiltag – reduktion af råvare-, vand- og energiforbrug samt affald.	Miljøafd., økonomiafd. og medarbejdere.
Affaldsminimering	Fast affald (emballage, dagrenovation osv.), kemisk affald, farligt affald og spildevandsstrømme (inkl. oparbejdet værdi, materialeprisen og bortskaffelses-omkostningerne) samt lovkraft.	Mere hensigtsmæssig håndtering af affald (undgå, reducere og genanvende) samt en reduktion i forbruget af råvarer og den genererede affaldsmængde.	Miljøafd. og medarbejdere.
Procesintensivering	Procestid, kemiske og biologiske reaktioner, fysiske forhold og effektivitet. Overvågning af og indsigt i processer og stor indsigt i processer.	Optimale procesbetingelser (fx temp. eller pH) samt timing af opstart og nedluk sikrer øget udbytte. Medfører primært reduktion af råvare-, vand- og energiforbrug.	Miljøafd. samt teknikere/ingeniører med kendskab til processerne.

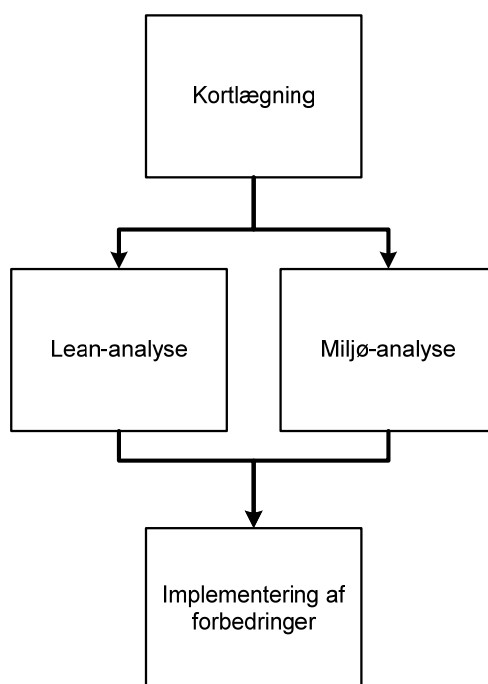
Opsamling

På de tre indsatsniveauer er identificeret en række sammenfald, men der er også en del punkter, hvor Lean og miljø ikke spiller sammen. Der stilles ikke samme datakrav, men der vil alligevel være en del sammenfald i arbejdet med indsamlings af

Lean-data og miljødata på alle tre indsatsniveauer. Ofte foregår dataindsamling ved at lave udtræk fra virksomhedens styringsystem (fx SAP) eller ved at tale med en række medarbejdere med indblik i produktionen.

Forbedringerne har forskellig karakter, men handler både for Lean- og miljøværktøjerne om håndtering af produktet, flowet i produktionen og ændringer af maskiner og processer. I implementeringen af forbedringerne kan således opstå såvel synergier som antagonier.

Figur 5.3 viser flowet fra kortlægning, over analyse og til sidst implementering af forbedringer. I kortlægning og implementering af forbedringer er identificeret mulighed for både synergier og antagonier. Analyser og vurderinger kræver indsigt i værktøjerne og udføres af specialister eller medarbejdere, der besidder kompetencerne til det. Dette arbejde foregår i de respektive afdelinger, og der er ikke som udgangspunkt synergier eller antagonier mellem de to typer af analyser.



Figur 5.3. Skematisk præsentation af, hvor synergier og antagonier mellem Lean- og miljøafdelingernes opgaver opstår. Ved kortlægning og implementering af projekter arbejdes på de samme områder i produktionen, og herved kan opstå synergier og antagonier.

5.2 Lean & Green i litteraturen

Flere forskere har beskæftiget sig med spørgsmålet "Is Lean Green?". Resultaterne af deres undersøgelser er beskrevet i en række artikler. Forfatterne fokuserer på den nuværende situation og forsøger at afklare, hvorvidt indførelsen af Lean også medfører miljøforbedringer.

Hepler et al. (1997) giver flere eksempler på, at amerikanske virksomheder inden for bilindustrien formår at opnå øget effektivitet og samtidigt mindske miljøbelastningerne. Der peges på, at den del af Lean-tankegangen, som beskæftiger sig med at skabe et overblik og systematisk søge at forbedre effektiviteten, også kan gøre virksomhederne bedre til at identificere potentialet for miljøforbedringer.

Produkt, produktion og proces

Ifølge Hepler et al. (1997), King og Lenox (2001) samt Corbett og Klassen (2006) er der i flere af de virksomheder, der har indført Lean og kvalitetsstyringssystemer, sket en ændring af fokus i miljøarbejdet fra *behandling* (reduktion af udledninger) til *forebyggelse*. Derved bevæger virksomhederne sig mod miljøoptimering inden for produkt, produktion og proces, som også er udgangspunktet for de beskrevne miljøværktøjer (se afsnit 4.2.2).

Et eksempel på, hvorledes Lean og miljø spiller sammen på produktniveau gives i Corbett og Klassen (2006). De har undersøgt, hvorledes miljøaspekter kan inddrages i TQM og SCM, som ved indførelse i virksomheder har krævet store ændringer i hele produktionstankegangen. Inden for SCM skal rammerne for produktkæden udvides fra at slutte ved forbrugeren til også at omfatte bortskaffelse af produktet, og der skabes flows i mere end én retning. Det gør arbejdet med SCM mere kompliceret, og derfor bliver afgrænsningen af forsyningskæden en vigtig faktor.

Ifølge Pil og Rothenberg (2003) og Klassen (2000) har fokus på forebyggelse frem for behandling på miljøområdet haft en positiv indflydelse på JIT og bidrager dermed til at forbedre virksomhedens leveringsevne.

Kvalitet og miljø

Kvalitetsforbedringer er ifølge Russell og Taylor (2003) tæt knyttet til produktivitetsforbedringer, idet færre fejl vil øge outputtet og reducere inputtet af materialer.

Der er i flere tilfælde identificeret en sammenhæng mellem kvalitet og miljø. Dels er ISO-standarderne for kvalitet (9001) og miljø (14001) bygget op omkring samme skabelon, dels har arbejdet med kvalitet positiv indflydelse på miljøet og omvendt.

Pil og Rothenberg (2003) påviser, at produktionsændringer, som har til formål at forbedre kvaliteten, er gavnlige for virksomhedens miljøforhold. Derudover undersøges hypotesen, at miljøforbedringer også påvirker kvaliteten positivt, og via interviews fremkommer flere eksempler på, at dette er tilfældet. Alene det, at miljømedarbejdere stiller spørgsmålstejn ved de normer, der arbejdes efter i produktionen, kan føre til nytænkning, og i flere tilfælde kan en revurdering af en fremgangsmåde føre til både miljø- og kvalitetsforbedringer. Desuden peges på sammenhængen mellem indsamling af data til styring af kvalitet og miljø. Der er forskellige parametre, der er interessante for hvert af de to områder, men i visse tilfælde kan problemer med kvaliteten identificeres via miljødata og omvendt.

Ifølge Pil og Rothenberg (2003) er tværfagligt samarbejde derfor nøglen til bedre kvalitet og miljøoptimering. Samme pointe fremhæves af Klassen (2000), der viser, at samarbejdet mellem kvalitetsafdelingen og miljøafdelingen er meget vigtigt for at opnå forbedringer på begge områder, og at en fælles indsigt i arbejdet med kvalitet og miljø kan give en større samlet gevinst.

Kvantificering af miljøfordele

Ved indførelse af Lean i amerikanske virksomheder inddrages miljøoptimering sjældent (US EPA, 2003). De miljøforbedringer, der følger af Lean, er ikke relevante i et økonomisk perspektiv og bliver derfor sjældent kvantificeret eller rapporteret. Der er ifølge US EPA (2003) yderligere tre årsager til, at dette ikke sker. For det første er de miljømæssige resultater af implementeringen ikke interessante for virksomhederne, idet kun få offentliggør deres miljøforhold (fx i form af grønne regnskaber). For det andet bruges miljøforbedringer ikke som argument for at investere i Lean, og for det tredje er hverken miljøafdelingerne eller Lean-afdelingerne opmærksomme på sammenhængen mellem Lean- og miljøarbejdet.

I de tilfælde, hvor virksomheden kvantificerer de miljømæssige fordele, der er opnået gennem Lean, er der en tilbøjelighed til kun at inddrage de direkte fordele som for eksempel et mindre forbrug af ressourcer, vand og energi. Andre "indirekte" fordele såsom reduceret efterspørgsel efter sparsomme ressourcer, øget levetid for produktet eller evt. øget salg som følge af bedre miljøperformance fremgår sjældent (US EPA,

2003).

5.3 Nøgleaspekter for samspil mellem Lean og miljø

Som opsamlingen på Lean-værktøjerne i afsnit 4.1.3 viser, er øget produktivitet, øget kapacitet, minimering af spild samt kvalitetsforbedringer de primære konsekvenser af anvendelse af Lean-værktøjer. I dette afsnit beskrives den miljømæssige betydning af øget produktivitet og kapacitet samt spildtypernes miljømæssige relationer. Sammenhængen mellem kvalitetsforbedringer og miljøforhold er beskrevet i litteraturstudiet i forrige afsnit.

5.3.1 Produktivitet og kapacitet

Produktivitet er defineret som output i forhold til input, og kapacitet er et udtryk for, hvor effektivt maskinerne udnyttes tidsmæssigt (se definitioner i afsnit 4.1.2). Den miljømæssige betydning af at øge disse belyses ved at inddrage definitionen af faste og variable miljøomkostninger. Som beskrevet i afsnit 4.2.2, er faste miljøomkostninger de miljøpåvirkninger, der ikke varierer med produktionsstørrelsen, og er derfor knyttet til eksempelvis rumopvarmning og belysning, mens variable miljøomkostninger varierer med produktionsstørrelsen og dækker eksempelvis forbruget af råmaterialer.

Når kapaciteten øges, produceres flere produkter inden for given tidsperiode, og derved fordeles de faste miljøomkostninger på flere produkter, hvilket betyder, at miljøeffekten pr. produceret enhed reduceres. De variable miljøomkostninger er derimod knyttet til produktiviteten, da disse varierer med produktionsstørrelsen. Ved at øge produktiviteten kan man eksempelvis reducere ressourceforbrug, og derved reduceres miljøeffekter pr. produceret enhed.

5.3.2 Lean-spildtypernes miljømæssige betydning

Lean arbejder, som beskrevet i afsnit 4.1.3 med syv overordnede spildtyper, som ifølge US EPA (2003) også har miljømæssig betydning. I Tabel 5.4 er de forskellige spildtyper og deres betydning for produktionen og miljøet beskrevet. Som det ses, har de fleste spildtyper også en væsentlig miljømæssig betydning – primært i form af øget energi- og vandforbrug samt større affaldsmængder. Tabellen illustrerer hermed, at Lean kan være miljøvenligt, idet Lean søger at eliminere spild – og dermed også de miljøeffekter, der er knyttet til spildet. Der er især miljøgevinster at hente ved at reducere produktionen af emner, der kasseres, og ved reduktion af produkt på lager og opbevaringstiden.

Tabel 5.4. De forskellige spildtypers betydning for produktionen og miljøet. Det ses, at der er knyttet en miljømæssig betydning til næsten alle typer af spild. Spildtyperne er eksemplificeret i tabellen (mindre tekst i kursiv). Tabellen er inspireret af US EPA (2003) og udbygget med oplysninger om produktionsmæssig betydning fra Bicheno (2004).

Spildtype	Produktionsmæssig Betydning	Miljømæssig betydning
Overproduktion <i>Produktspild: Produkter, som ikke kan afsættes. Medfører reduktion i produktivitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Modvirker jævnt flow • Forhindrer træk-styring • Højere gennemløbstid • Længere lagertid og flere lagre mellem processerne • Kvalitetsproblemer (fejl bliver opdaget for sent) 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen Variable miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Større forbrug af råmaterialer, energi og vand • Mere affald i form af ikke solgte produkter
Ventetider <i>Tidsspild: Hente produkter fra lager, forsinkelser, produktionsstop, flaskehalse. Medfører reduktion i produktivitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Forhindrer jævnt flow • Uudnyttet arbejdskraft • Kvalitetsproblemer (manglende flow) 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Spild af energi til opvarmning, køling og lys under produktionsstop og ved tomgang Variable omkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Større forbrug af råmaterialer til erstatning af beskadigede varer • Skader på produkter forårsager mere affald
Transport <i>Unødvendig transport af varer fra proces til proces eller mellem leverandører, producent og kunde. Medfører reduktion i produktivitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kvalitetsproblemer (skader på varer) • Spild af tid 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Øget lys-, varme- og kølebehov samt energiforbrug Variable miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Øget energiforbrug og emissioner ved transport • Øget emballageforbrug til beskyttelse af produkter under transport • Skader på produkter forårsager mere affald
Unødvendige el. u hensigtsmæssige processer <i>Kvalitetskontrol, rengøring og bearbejdning. Medfører reduktion i produktivitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Spild af tid og arbejdskraft • Kvalitetsproblemer (flere fejl) • Øget gennemløbstid 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen Variable miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Øget forbrug af energi, vand og/eller kemikalier
Lagre <i>Råvarelager, lagre under produktionsprocessen eller lagre med færdigvarer. Medfører reduktion i produktivitet og kapacitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Højere gennemløbstid • Øget pladsbehov • Skjuler problemer (fx flaskehalse) • Modvirker jævnt flow • Kvalitetsproblemer (holdbarhed) 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Større energiforbrug til varme eller køling og lys i lager Variable miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Større emballageforbrug ved opbevaring • Skader på varer, overskridelse af holdbarhedsdato og ikke tidssvarende varer forårsager mere affald • Større forbrug af råmaterialer til erstatning af beskadigede varer
Unødvendig bevægelse <i>Menneskelig bevægelse, der er unødvendig eller fysisk belastende. Medfører reduktion i produktivitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nedslidning af ansatte • Spild af tid 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen Variable miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen

Spildtype	Produktionsmæssig Betydning	Miljømæssig betydning
Produktion af fejlemner/defekt <i>Scrap, reproduktion, udskiftning og inspektion.</i> <i>Medfører reduktion i produktivitet og kapacitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kvalitetsproblemer • Spild af tid og arbejdskraft på fejlretning 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Større pladsbehov til reproduktion og reparation • Øger energiforbruget til varme eller køling og lys Variable miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Større forbrug af råmaterialer • Mere affald i form af defekte produkter

I afsnit 4.1.3 identificeres yderligere nogle spildtyper, der er relateret til spild af ressourcer i form af vand, energi og materialer. Disse kan samlet betegnes som "miljøspild", og således kan listen over spildtyper udvides med denne spildtype, som vist i Tabel 5.5. Miljøspild er således et supplement til Lean-systematikken og opstår ved udstansning, hvor råmateriale går tabt, brug af overflødig emballage, indkørsel af maskiner, manglende nyttiggørelse af vand, energi og hjælpestoffer i processer og ved rengøring.

Ingen af disse former for spild tilfører produktet værdi, men udgør tværtimod en stadig stigende udgift for virksomheden, idet bl.a. bortskaffelse af affald samt vand- og energiforbrug er pålagt miljøafgifter. Det er netop den type spild, der reduceres ved brug af miljøværktøjer.

Miljøspild medfører ifølge Bicheno (2004) en reduktion af kvaliteten. Den primære årsag til spildet er ringe proceseffektivitet, hvilket medfører et øget forbrug af råmaterialer, halvfabrikata, hjælpestoffer, energi og vand samt større affaldsmængder. Trods identifikationen af miljøspild i Lean-litteraturen anvendes en sådan spildtype ikke i case-virksomhederne.

Tabel 5.5. Miljøspilds betydning for produktionen og miljøet.

Spildtype	Produktionsmæssig Betydning	Miljømæssig betydning
Miljøspild <i>Unødvendig brug af energi, vand, kemikalier og råmaterialer.</i> <i>Medfører reduktion af kvalitet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ringe proceseffektivitet grundet mere eller mindre effektivt design af processen • Modvirker jævnt flow • Kvalitetsproblemer 	Faste miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Ingen Variable miljøomkostninger: <ul style="list-style-type: none"> • Øget forbrug af råmaterialer • Øget forbrug af halvfabrikata • Øget forbrug af hjælpestoffer • Øget forbrug af energi og vand • Mere affald

5.4 Anvendelse af analysemodel på baggrund af nøgleaspekter

Med udgangspunkt i de første spørgsmål i analysemodellen er den teoretiske analyse af, hvilke ændringer der foretages i virksomheden med Lean-værktøjet, og hvilke miljømæssige betydninger dette medfører, opsummeret i Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Teoretisk analyse i henhold til analysemodel. Med udgangspunkt i teori om Lean vurderes, hvilke ændringer der forekommer ved anvendelse af Lean-værktøjerne og hvilken miljømæssig betydning de har.

Lean-værktøj	Hvilke ændringer foretages?	Hvilken miljømæssig betydning?
Kaizen	Ændringer i produkt-, produktions- og procesforholdene fører til reduktion af spild, øget produktivitet og øget kapacitet.	Reduktion af spild har betydning for både faste og variable miljøomkostninger. Produktivitet reducerer de variable miljøomkostninger. Øget kapacitet reducerer de faste miljøomkostninger.
JIT	Trækstyring, jævnt flow (vha. mindre serier) og reduktion af spild medfører færre fejl, reduktion af lagre og ventetid, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Reduktion af lager reducerer både de faste og variable miljøomkostninger. Kvalitetsforbedringer reducerer både de faste og variable miljøomkostninger. Øget produktivitet reducerer de variable miljøomkostninger. Øget kapacitet reducerer de faste miljøomkostninger.
SCM	Forbedret informationsflow giver øget fleksibilitet og effektivitet. Det medfører bedre leveringsevne og reduktion af lagre.	Reduktion af lager reducerer både de faste og variable miljøomkostninger.
TQM	Bedre kvalitet.	Kvalitetsforbedringer reducerer både de faste og variable miljøomkostninger.
5S	Mindre pladsbehov, mindre tidsforbrug og færre fejl.	-
Kanban	Styring af ordrer sikrer trækstyring og reducerer lagre.	Reduktion af lager reducerer både de faste og variable miljøomkostninger.
VSM	Optimering af produktion og processer samt ændrede arbejdsgange medfører reduktion af spild, bedre kvalitet, øget produktivitet og øget kapacitet.	Reduktion af spild har betydning for både faste og variable miljøomkostninger. Kvalitetsforbedringer reducerer både de faste og variable miljøomkostninger. Øget produktivitet reducerer de variable miljøomkostninger. Øget kapacitet reducerer de faste miljøomkostninger.
SMED	Reduktion af ventetid og øget kapacitet.	Reduktion af ventetiden reducerer de faste miljøomkostninger. Øget kapacitet reducerer de faste miljøomkostninger.
TPM	Reduktion af ventetid og øget kapacitet.	Reduktion af ventetiden reducerer de faste miljøomkostninger. Øget kapacitet reducerer de faste miljøomkostninger.

Der er stor forskel på de forslag der stilles i Kaizen-regi, men forslagene har ofte betydning for både de faste og variable miljøomkostninger, idet der er fokus på at mindske spild, og som det fremgår af afsnit 5.3.1, vil dette resultere i miljøforbedringer inden for en række områder, som påvirker både produktiviteten og kapaciteten. JIT medvirker, som beskrevet i afsnit 4.1.3, bl.a. til en reduktion af lagre, øget produktivitet og øget kapacitet ved at skabe det rigtige produktflow, og derved opnås en reduktion i både faste og variable miljøomkostninger. SCM er et værktøj, der søger at styre et flow af varer, penge og information, og da flowet styres bedre, reduceres lagre som beskrevet i afsnit 4.1.3, og der opnås således en reduktion i faste og variable miljøomkostninger. TQM omhandler kvalitetsforbedringer, og disse er direkte relateret til de faste og variable miljøomkostninger som beskrevet i afsnit 5.1.1. 5S har ikke i sig selv nævneværdig miljømæssig betydning på trods af, at værktøjet primært bruges til at effektivisere arbejdspladsen som beskrevet i afsnit 4.1.3. 5S er et værktøj, der ofte bruges sammen med andre Lean-værktøjer til at optimere produktion og proces, som det eksempelvis er tilfældet ved omstillingstider på maskiner. Det primære værktøj er SMED, men 5S spiller en væsentlig rolle og skaber rammerne for SMED og andre Lean-værktøjer. Til trods for det, er det vanskeligt at definere de konkrete miljømæssige konsekvenser ved brugen af 5S.

Kanban bruges, som beskrevet i afsnit 4.1.3, til at strukturere ordrer og trækstyring, hvorved der opnås en reduktion af lagre, der medfører reduktioner af både de faste og variable miljøomkostninger. I VSM er der forbedringer relateret til spild samt optimering af produktivitet, kapacitet og kvalitet, hvilket overvejende vil have en positiv effekt på de faste og variable miljøomkostninger som beskrevet i afsnit 4.1.3 og 4.2.2. For SMED og TPM er der, som beskrevet i afsnit 4.1.3, en lille miljømæssig gevinst, idet kapaciteten vil øges, hvorved de faste miljøomkostninger reduceres.

Som det ses i Tabel 5.6 kan langt de fleste ændringer i virksomheden således relateres til forbedret kvalitet, øget produktivitet og kapacitet samt reduktion af spild. Det er i de forudgående afsnit bevist, at disse forbedringer overvejende medfører miljøforbedringer, og ud fra et teoretisk synspunkt vil Lean således bidrage til en positiv udvikling på miljøområdet, hvilket søges eftervist i praksis.

6 Cases

De identificerede sammenhænge på teoretisk niveau er søgt eftervist i en række cases, hvor de miljømæssige aspekter af den praktiske anvendelse af Lean-værktøjer er identificeret og analyseret. Casestudierne er foretaget i samarbejde med 3 virksomheder – Novo Nordisk A/S, der er mest kendt for deres produktion af insulin, Chr. Hansen A/S, der producerer fødevaringredienser, og H. Lundbeck A/S, der producerer farmaceutiske produkter. Virksomhederne og deres arbejde med Lean og miljø er beskrevet i Bilag 2, 3 og 4.

De beskrevne cases fungerer primært som en illustration af sammenhængen mellem Lean og miljøforholdene, og det er endvidere vurderet, hvad brugen af miljøværktøjer på samme indsatsniveau ville have betydet.

Der er desuden indsamlet generelle erfaringer med anvendelse af Lean i de tre case-virksomheder. Det drejer sig blandt andet om ledelsen og medarbejdernes rolle i processen. Der er desuden beskrevet to konkrete eksempler, hvor Lean og miljø er integreret.

Erfaringerne er opnået ved at følge Lean-processerne i insulinproduktionen hos Novo Nordisk i Kalundborg, i farveproduktionen hos Chr. Hansen i Avedøre, og i den farmaceutiske produktion hos Lundbeck⁹ i Valby (og til dels den kemiske produktion i Seal Sands, UK). Chr. Hansen og Lundbeck har startet implementeringen af Lean inden for det seneste år, og der er en effektiv arbejdsgang, som allerede har skabt resultater. I Lundbeck fokuseres meget på miljø- og arbejdsmiljøledelse samt energistyring, og der er etableret en velfungerende HSE¹⁰-organisation. Miljøarbejdet i Chr. Hansen er ligeledes baseret på Miljøledelse og inddragelse af medarbejderne. Novo Nordisk har været i gang med Lean-arbejdet i et par år, og der er etableret en Lean-organisation og derigennem opnået gode resultater. På miljøområdet arbejder de primært med Miljøledelse og optimering af energiforbrug og har i den afdeling, der har været kontakt til, allerede fokus på miljøaspekterne af Lean.

Der er opnået mange forbedringer i virksomhederne, og der er i det efterfølgende udvalgt seks cases, hvor brugen af Lean-værktøjer har haft en umiddelbar miljømæssig betydning. Den første case omhandler anvendelsen af VSM hos Novo

⁹ Lundbeck implementerer Lean i deres kemiske produktion i 2. halvår af 2006.

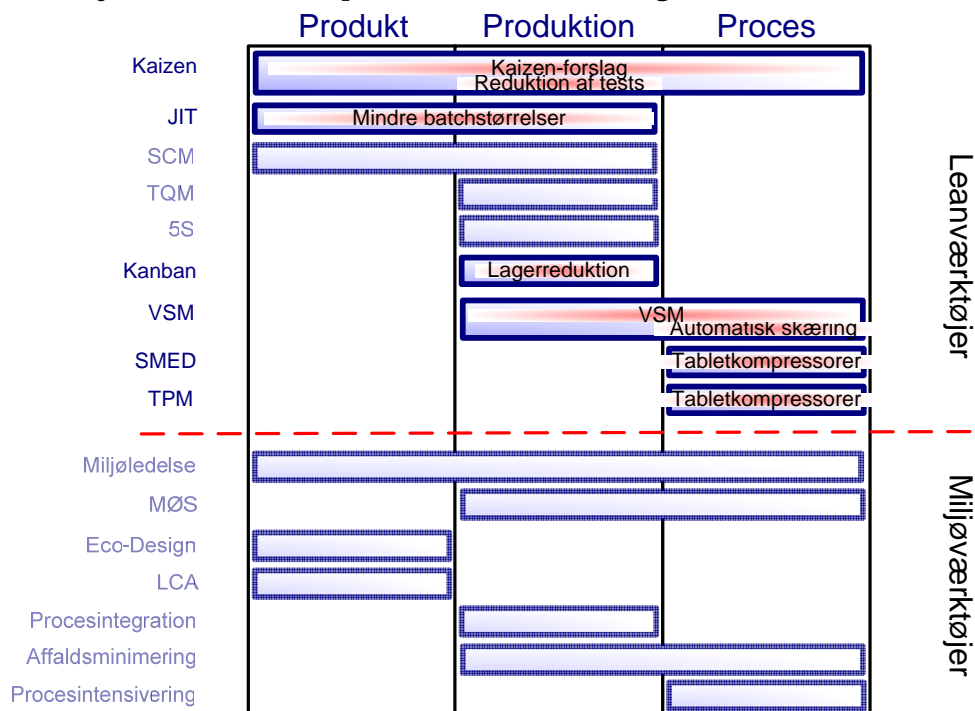
¹⁰ HSE = Health, Safety and Environment

Nordisk, og her er udpeget et specifikt projekt ("automatisk skæring"), der gennemgås mere detaljeret. Der er også medtaget en case fra Novo Nordisk, som beskriver et Kaizen-forslag, og i Chr. Hansen danner listen over Kaizen-forslag grundlaget for en case. Brugen af JIT er illustreret i en case om mindre batchstørrelser hos Chr. Hansen, og tilsvarende er der hos Lundbeck en case, hvor Kanban er anvendt til at reducere lagre. Endelig er anvendelsen af SMED og TPM eksemplificeret i en case fra tabletproduktionen hos Lundbeck. Tabel 6.1 viser en oversigt over disse cases.

Tabel 6.1. Virksomhederne og de beskrevne cases.

Virksomhed	Cases
Novo Nordisk	VSM (inkl. automatisk skæring)
	Reduktion af tests ved brug af Kaizen
Chr. Hansen	Kaizen-forslag i farveproduktionen
	Mindre batchstørrelser som følge af JIT
Lundbeck	Reduktion af lager ved brug af Kanban
	SMED og TPM på tabletkompressorer

I Figur 6.1 er de udvalgte cases præsenteret efter det niveau i forsyningskæden, som de tilhører. Som det ses, er der ingen cases udelukkende på produktniveau, og der er enkelte værktøjer, der ikke er repræsenteret i de udvalgte cases.



Figur 6.1. Oversigt over relationen mellem Lean-værktøjer og cases på produkt-, produktions- og procesniveau.

Hos Novo Nordisk er den primære udfordring i Lean-processen at fjerne spild og flaskehalse. Ved anvendelse af VSM har man bl.a. identificeret optimeringspotentiale i en af processerne ved at indføre automatisering. Af Figur 6.1 fremgår det, at VSM har betydning på produktions- og procesniveau, og at casen om automatisk skæring er på procesniveau. Desuden er der ved brug af Kaizen identificeret besparelsesmuligheder inden for kvalitetskontrol i produktionen – kaldet ”reduktion af tests”.

Chr. Hansen har valgt at satse på Kaizen som et grundlæggende element til at opnå produktivitetsforbedringer i såvel produkt, produktion og proces. Desuden fokuseres på at reducere lagrene og producere efter JIT-princippet for at skabe et øget flow og frigive kapital fra lagrene. Dette opnås bl.a. ved at reducere batchstørrelserne. Som det ses af Figur 6.1, har reduktionen af batchstørrelserne betydning på produkt- og produktionsniveau.

Hos Lundbeck er der fokus på at skabe et trækstyret flow af tabletter ved hjælp af Kanban for at reducere lageret og omkostningerne forbundet med håndteringen af produkt. Som det ses af Figur 6.1 har disse ændringer betydning på produktionsniveau, da det udelukkende er de processer, der ligger inden for virksomheden, der påvirkes.

De to eksempler på integration af Lean- og miljøarbejdet er fra Novo Nordisk og Lundbeck i Seal Sands. Novo Nordisk har brugt VSM til at optimere vand- og energiforbrug, mens Lundbeck har brugt Kaizen til at reducere energiforbrug og affaldsmængder.

6.1 Dataindsamling

Identifikation af cases og indsamling af informationer til beskrivelsen af disse er foregået gennem flere end 20 møder med Lean- og miljømedarbejdere samt deltagelse i workshops og events i case-virksomhederne, og herigennem er indhentet erfaringer med brugen af Lean i praksis, og disse erfaringer ligger til grund for beskrivelsen af cases.

De miljømæssige konsekvenser er så vidt muligt beskrevet ud fra en helhedsbetragtning, således at også ændringer opstrøms eller nedstrøms i selve Lean-tiltaget er beskrevet. Selvom et værktøj anvendes på produktionsniveau, kan der meget vel være konsekvenser andetsteds, fx for leverandører. At klarlægge disse

konsekvenser kræver god indsigt i produktets livscyklus, og den viden har i de fleste tilfælde været vanskelig at indhente. Desuden kræves et særligt kendskab til processerne i et givent led i forsyningskæden, og denne viden er fordelt på mange medarbejdere.

Det viste sig vanskeligt at kvantificere de miljøaspekter, der er knyttet til de enkelte Lean-tiltag, fordi der hverken eksisterer specifikke data for produktionsforbedringerne eller miljøforbedringerne. Det skyldes for det første, at det er vanskeligt at opgøre, hvor stor en del af forbedringerne der skyldes det enkelte Lean-tiltag, og for det andet, at de eksisterende nøgletal ikke er detaljerede nok.

Af fortrolighedsmæssige årsager er detaljeringensniveauet og dataindholdet meget overordnet for de fleste cases. Data, der ligger til grund for beregninger, og andre følsomme oplysninger er fjernet fra rapporten med henblik på, at både rapport og bilagsrapport skal være offentligt tilgængelig.

6.2 VSM hos Novo Nordisk

En af de første VSM'er, der blev udført i insulinproduktionen i Kalundborg, var i finrensningen af analog insulin (dvs. langsomt- eller hurtigtvirkende insulin), kaldet PIA – Purification Insuline Analogue. Der blev optimeret på produktionen af Determir, som er den langsomtvirkende insulin. Projektet blev startet i foråret 2005, og implementeringen af forslagene foregik i løbet af sommeren og efteråret 2005. Målet var en kapacitetsforøgelse på 50%, og resultatet blev en forøgelse på 40%.

De gennemførte tiltag er blevet gennemgået sammen med Helle Nayberg og Anders Arnum Jensen fra hhv. miljøafdelingen og Lean-afdelingen med henblik på at vurdere, hvorvidt VSM'en som helhed har påvirket miljøforholdene positivt eller negativt. Desuden er udpeget et tiltag med tydeligt miljømæssig betydning, og dette undersøges nærmere med henblik på at kvantificere miljøgevinsten.

Nogle af projekterne har åbenlys betydning for miljøet, mens andre indirekte påvirker miljøet. Derfor dækker gennemgangen af VSM-tiltagene dels en vurdering af, om der er en direkte miljømæssig effekt i form af ændring i forbruget af el, vand, varme og råmaterialer eller en ændring i affaldsmængder, dels en vurdering af, om det har påvirket kapaciteten og/eller produktiviteten. Kun væsentlige ændringer er medtaget.

Der er i alt blevet gennemført 37 forslag, og fordelingen af disse i forhold til deres betydning for produktivitet, kapacitet og direkte miljøeffekter (fx reduktion af vandforbrug eller emballage) fremgår af Tabel 6.2. Syv af forslagene har bidraget væsentligt til øget produktivitet, 24 har bidraget væsentlig til øget kapacitet (som var hovedsigtet for VSM'en), mens 12 har direkte betydning for miljøet. Fem forslag har ikke haft signifikant betydning for nogle af disse parametre.

Tabel 6.2. Fordelingen af forslag i forhold til relevansen for produktivitet, kapacitet og miljø. Krydserne i tabellen indikerer om forslagene primært berører hhv. kapacitet, produktivitet og/eller miljø.

Produktivitet	Kapacitet	Miljø	Antal	Andel i %
	X		16	43
X			2	5
		X	4	11
X	X		2	5
	X	X	5	14
X		X	2	5
X	X	X	1	3
			5	14
I alt			37	

Kun et enkelt ud af de 37 forslag vurderes at have en negativ effekt på miljøforholdene, idet der er tale om ekstra opvarmning af en gas. 5 projekter har meget stor direkte miljøgevinst, og disse er knyttet til mindre køling, større batchstørrelser, mindre kemikalieforbrug, mindre affaldsmængder og mindre rengøring (CIP¹¹). Forbedringsforslagene til CIP er specielt interessante, da det er en tidskrævende proces, og derfor er reduktion af CIP et oplagt forslag, når der optimeres på kapaciteten. Samtidigt er CIP i Novo Nordisk forbundet med stort vandforbrug, kemikalieforbrug og energiforbrug til opvarmning, da rengøring af tankene foregår ved at skylle systemet med vand, derefter opvarmet base, vand igen, syre og til sidst vand.

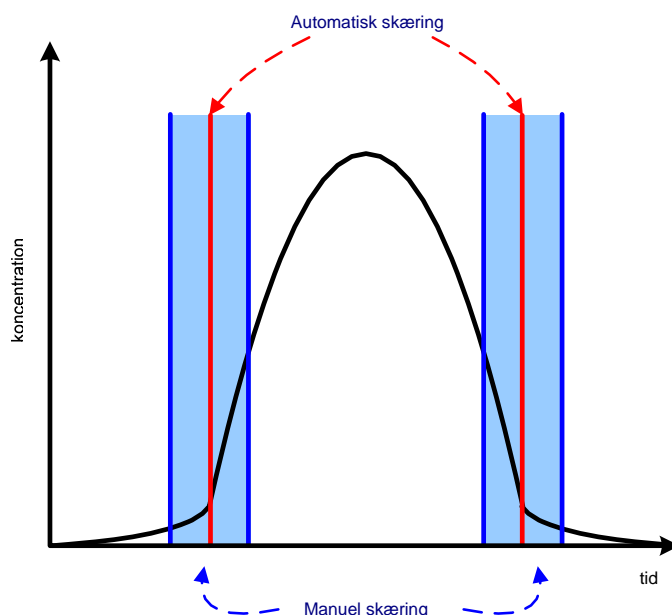
Det kan således konkluderes, at VSM'en som helhed har bidraget meget positivt til miljøforbedringer. Der er udvalgt en specifik forbedring, som repræsenterer øget produktivitet, og som er interessant såvel i dette projekt som for Novo Nordisk selv,

¹¹ CIP = Cleaning in Place

idet de ikke tidligere har udført lignende beregninger. Det er ønsket med denne case at vise, hvorledes en øget produktivitet giver bedre miljøeffektivitet, og hvorledes forbedringer i produktionen har betydning opstrøms processen. En beskrivelse af miljøkonsekvenserne ved reduktion af CIP har ikke været mulig, men ville også give et indblik i, hvordan et typisk Lean-tiltag påvirker miljøforholdene.

6.2.1 Øget produktivitet ved automatisk skæring

"Automatisk skæring" dækker over en automatisering af den proces, som er forbundet med opstart og afslutning af en batch i den del af finrensningsanlægget, hvor der produceres Determir¹². Skæringen foretages på løbet¹³ fra batchen, hvor den første og sidste mængde produkt ikke har tilstrækkelig høj koncentration, og derfor ledes væk. Dette er skitseret i Figur 6.2. Tidligere har det været op til operatøren at beslutte, hvornår der "skæres" (blå felter i figuren), og det bliver ikke altid på det optimale tidspunkt. Ved at automatisere skæringen (røde linjer i figuren) minimeres spild af produkt, og variationen reduceres, uden at produktrenheden ændres. I visse tilfælde vil gevinsten være endnu større, idet fejl fra operatørernes side kan medføre, at der slet ikke opsamles produkt, og således går et helt løb tabt. Samlet set medfører forbedringen øget produktivitet og en reduktion i affalds- og spildevandsmængden.



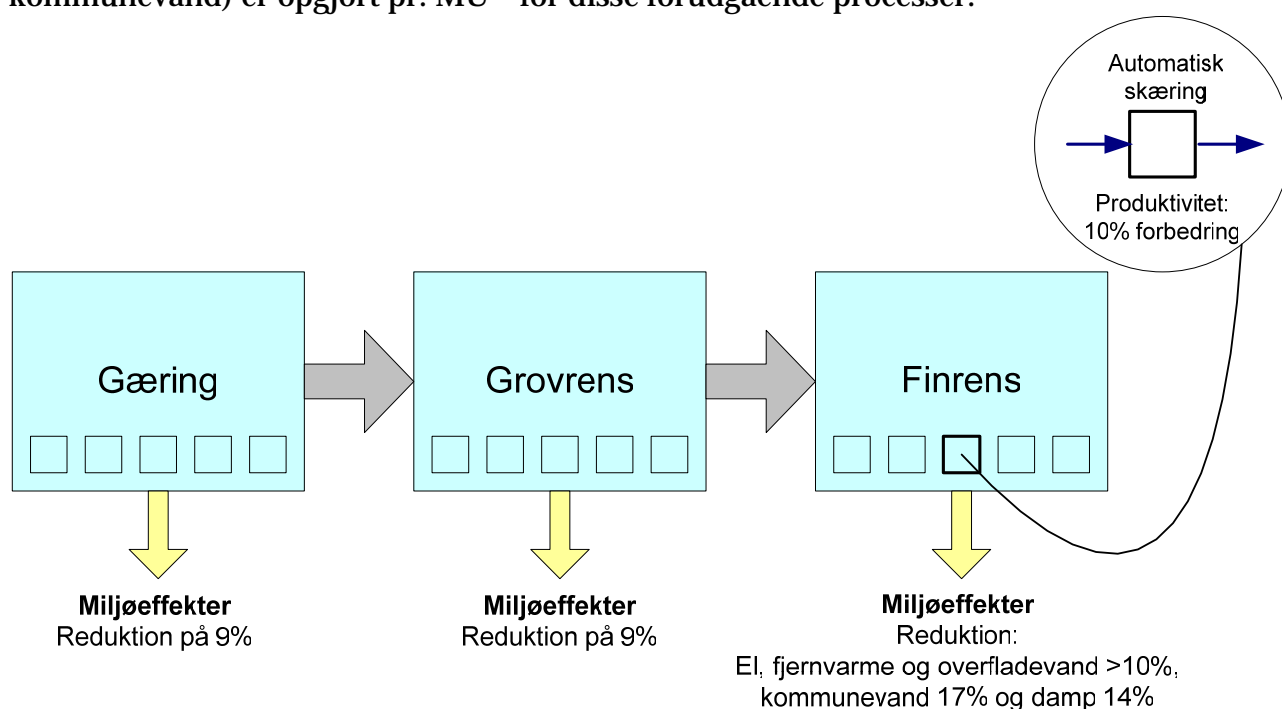
Figur 6.2. Koncentrationen i løbet som funktion af tiden. Ved manuel skæring (blå) er stor variation, mens der ved automatisk skæring (rød) altid opnås ensartet skæring.

¹² Determir er langsomtvirkende insulin.

¹³ Et løb betegner flowet af produkt fra en batch.

For at kvantificere den miljømæssige betydning af den øgede produktivitet er det nødvendigt at kende miljøeffekterne forbundet med produktet opstrøms skæringen. Dette er beregnet i samarbejde med Novo Nordisk, men beskrivelsen her er meget overordnet pga. fortrolighedshensyn. Som eksempel er regnet med en procentvis stigning i produktivitet på 10%. Det svarer omtrent til den opnåede forbedring i projektet.

Som illustreret i Figur 6.3 er de forudgående produktionstrin gæring og grovrens samt en række processer i finrens (se evt. kort produktionsbeskrivelse i Bilag 2). Energiforbrug (el, damp og fjernvarme) og vandforbrug (overfladevand og kommunevand) er opgjort pr. MU¹⁴ for disse forudgående processer.



Figur 6.3. Produktionssystemets tre hovedtrin og skæringens placering i dette. Alle procestrin er forbundet med miljøeffekter, og besparelserne som følge af projektet er angivet.

Idet der skal bruges mindre produkt fra grovrens (og dermed også fra gæring) for at fremstille Determir, spares miljøeffekter forbundet med de forudgående trin. Desuden bliver miljøeffekterne reduceret i finrens, hvor der produceres flere produkter med uændret ressourceforbrug. Reduktionen i input svarer til 9%, hvilket betyder, at de miljøeffekter, der er forbundet med gæring og grovrens, reduceres

¹⁴ MU = Megaunit (enhed, der beskriver en mængde virksomt stof)

tilsvarende med 9% pr. produceret mængde Determir. I finrens er besparelsen i forbruget vurderet til at være min. 10% for el, fjernvarme og overfladevand¹⁵, mens den for damp er ca. 14% og for kommunevand ca. 17%.

Den samlede besparelse for hele produktionslinjen er 9,4% for energiforbrug og 13% for vandforbrug. Novo Nordisk omregner sparet energi til CO₂-besparelser, idet en del af deres målsætninger på miljøområdet er fastsat som sparet udledning af CO₂. I forhold til den samlede årlige CO₂-udledning fra Novo Nordisk i Kalundborg er der opnået en besparelse på ca. 800 tons CO₂ svarende til 0,7%, på årsbasis. Dermed bidrager den øgede produktivitet altså til målet om at reducere CO₂-udledningen med 10% fra 2004 til 2014 (se Bilag 2). Vandforbruget reduceres med 20.000 m³, hvilket svarer til en reduktion på 1% i forhold til det samlede vandforbrug på Novo Nordisk i Kalundborg.

Beregningen er lavet, så den kan bruges som udgangspunkt for kvantificering af lignende forbedringer i produktionen. Novo Nordisk har primært arbejdet med at opgøre miljøforholdene i de enkelte dele af fabrikken. Her tages i stedet udgangspunkt i produktet, som følges gennem de enkelte produktionstrin. Det er med til at give et helhedsbillede, og derved synliggøres, at der ved at lave besparelser i det sidste produktionstrin (finrens) også indirekte følger forbedringer med i de forudgående trin.

Automatisk skæring er som sådan et godt eksempel på en løsning, der kunne være fremkommet ved Procesintensivering. Processen kunne have været fokus i et miljørelateret projekt, da de miljømæssige effekter er væsentlige set i forhold til både energi- og vandforbruget. Dertil kommer en væsentlig økonomisk gevinst. Indgangsvinklen til optimering af processen vil altså være forskellig, men resultatet ville være det samme.

6.3 Reduktion af tests ved brug af Kaizen hos Novo Nordisk

Ved implementering af Kaizen i Novo Nordisk er etableret et system, hvor medarbejderne løbende kan foreslå forbedringer. Et af disse forslag har ført til en kraftig reduktion i antallet af tests, og forslaget kom fra en medarbejder, der havde undret sig over, hvorfor der blev udført så mange ens tests. Medarbejderen havde

¹⁵ Det har ikke været muligt at opgøre forbrug før og efter projektet pga. stor sæsonafhængighed

undret sig længe, men idéen til reduktionen kom først kommet frem i forbindelse med opbygningen af et system til at foreslå og opsamle løbende forbedringer i Lean-regi. Casen er dermed også et fint eksempel på, at medarbejderne generer idéer, som først kommer frem, når de rigtige rammer er der.

Selve forbedringen omhandler UV-prøver og HPLC¹⁶-prøver, som foretages af kvalitetslaboratoriet. Da produktionen var ny, valgte man af sikkerhedshensyn at lave 4 prøver pr. batch, men efter forbedringen er implementeret, er antallet er nu skåret ned til 1 prøve pr. batch. Derved spares 2403 UV-prøver og 279 HPLC-prøver årligt. Det har dels frigivet arbejdsressourcer i kvalitetslaboratoriet, dels betydet en reduktion i anvendelsen af et kemikalie, der er opført på EU's liste over farlige stoffer. Novo Nordisk sender derfor en mindre mængde kemikalieaffald til Kommunekemi. Desuden er sparet en mængde produkt, men det vurderes at være af mindre betydning.

Afhængigt af, hvor meget disse tests udgør af den samlede mængde kemikalieaffald i afdelingen, kunne der ligeledes være sat fokus på testproceduren ved brug af Affaldsminimering. Hvis de specifikke tests endvidere har en væsentlig økonomisk betydning (evt. i forbindelse med bortskaffelse), kunne MØS være et udgangspunkt for optimering. Om løsningen med at reducere antallet af tests ville være fremkommet ved miljøoptimering er dog uvist, idet denne løsning kræver et kendskab til kvalitetsprocedurer mv.

6.4 Mindre batchstørrelser som følge af JIT hos Chr. Hansen

Hos Chr. Hansen har man valgt at ændre produktionsstrategi fra forecast (dvs. baseret på prognoser) til JIT. For at opnå en JIT-produktion har Chr. Hansen valgt at reducere størrelsen af deres farvebatches, og har derved fordoblet antallet af batches i farveproduktionen (Kamber, 2006). JIT er rettet mod produkt- og produktionsniveauet, men som det illustreres i denne case, har det også betydning for de enkelte processer.

Den markante ændring i produktionsmønsteret medfører en række forskellige konsekvenser, som er identificeret ved samtaler med ansatte i Chr. Hansen. Ændringerne forekommer inden for følgende områder:

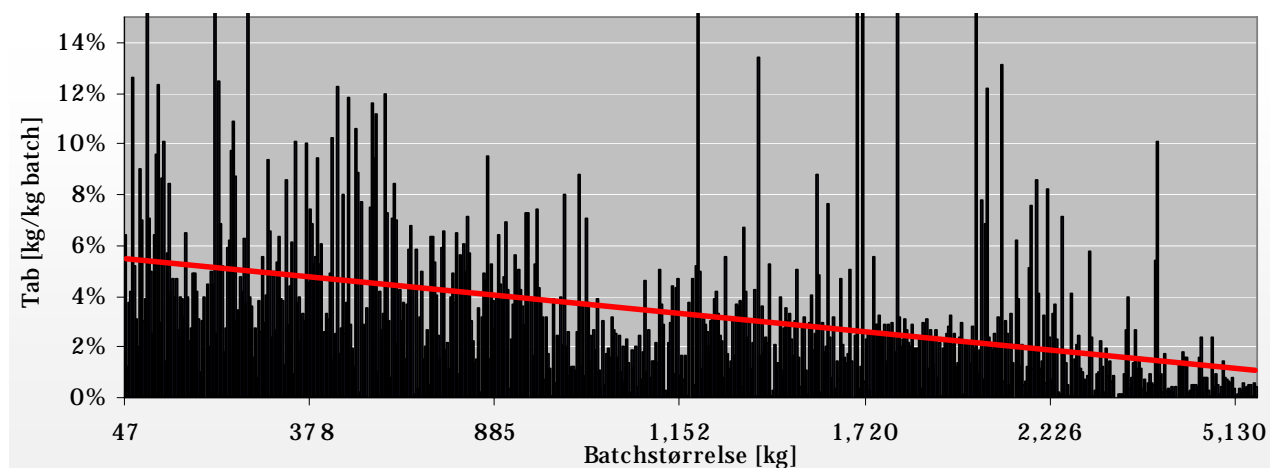
¹⁶ HPLC er en standard analysemetode

- Produkttab
- Udnyttelse af produktionsudstyr
- Rengøring
- Reduktion af lagre
- Transport
- Indkøb/håndtering af råvarer
- Kvalitetssikring

De områder, der har umiddelbar relevans fra et miljøsynspunkt er produkttab, udnyttelse af produktionsudstyr, rengøring, reduktion af lagre og transport, og der er derfor indhentet yderligere oplysninger om, hvilken indflydelse JIT har haft på disse områder. Der er inddraget aspekter fra kulturproduktionen, da Chr. Hansen er ved at indføre JIT i denne.

De første beregninger fra Chr. Hansen indikerer, at produktionen af små batches giver et øget totalt energiforbrug på 12% fordelt på 5% fjernvarme og 20% gas, mens vandforbruget er steget med 33%. Grundlaget for beregningerne er 1 måneds produktion og dækker hele produktionen fra processer til pakning. Beregningerne ligger desuden til grund for energibudgetteringen i farveproduktionen (Jensen, 2006b).

Det var iflg. Kamber (2006) forventet, at JIT-strategien ville reducere produkttab pr. batch. Figur 6.4 viser sammenhængen mellem batchstørrelser og tab af produkt i farveproduktionen inden for det seneste år, og det fremgår af tendenslinjen, at det procentvise tab af produkt er større, jo mindre batches er. Produkttabet i maskinerne må derfor forventes at være steget efter indførelse af mindre batchstørrelser. Den miljømæssige betydning af dette er dels et øget ressourceforbrug, da der tabes mere produkt, og produktionskapaciteten ikke udnyttes optimalt, dels et øget COD-indhold i spildevandet.

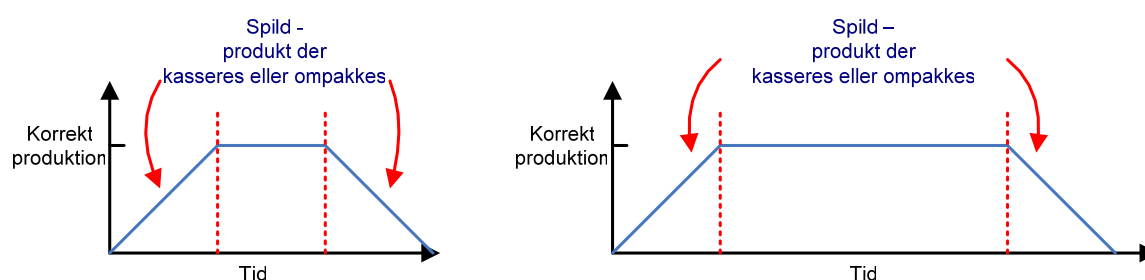


Figur 6.4. Tabet af produkt (i kg/kg batch) som funktion af batchstørrelsen. Grafens røde tendenslinje viser, at der procentvis tabes mere produkt ved små batches. Data, der ligger til grund for grafen, er en opgørelse over samtlige farvebatches fra uge 36 i 2005 til uge 18 i 2006.

Generelt køres der meget korte kampagner i farveproduktionen, og derfor har rengøringen stor betydning, da der skal rengøres mellem hver batch (Jensen, 2006b). Dette ses bl.a. af det øgede vandforbrug, der primært skyldes den øgede rengøring. Allerede før indførelsen af små batches var omkostningerne til rengøring en væsentlig økonomisk post, og således anbefaler Nielsen (2005) i sin gennemgang af vand- og energiforbrug i farveproduktionen, at Chr. Hansen gennem bedre husholdning eller ny teknologi reducerer omkostningerne til rengøring af tanke og udstyr (CIP) samt rumrengøring, der udgør en væsentlig andel af procesomkostningerne i forbindelse med farveproduktionen. Rengøringen er den væsentligste årsag til det øgede vandforbrug på 33%.

De små produktionsmængder betyder, at kapaciteten på produktionsmaskinerne ikke udnyttes maksimalt, da disse er dimensionerede til store batchstørrelser. Det er iflg. Jensen (2006b) vanskeligt at tilpasse maskinerne til de mindre batches, og da maskinernes energiforbrug ofte er uafhængigt af produktmængden, stiger energiforbruget pr. produceret enhed. Eksempelvis har frysetørreeren i kulturproduktionen en procestid på 30-32 timer uafhængigt af, om fyldningsgraden er 500 kg eller 2 tons (Poulsen, 2006). Derfor er det reelle energiforbrug, når det opgøres pr. produceret enhed, steget med mere end 12%, da der i samme periode er produceret mindre (Jensen, 2006b).

Der er også konsekvenser af JIT i pakkeriet. Som illustreret i Figur 6.5 er der et øget produktspild i pakkemaskinen, da maskinen bruger tid på at starte op og lukke ned. Alt det produkt, der løber gennem maskinen i disse tidsrum, bliver enten kasseret eller ompakket. Da tidsintervallet er det samme for store og små pakkeordre, er spildet iflg. Layborn (2006) procentvis større på en lille batch. Af andre væsentlige effekter i pakkeriet nævner Layborn (2006) omstillingstiden. Der bruges mellem 30 og 45 minutter på at klargøre pakkemaskinen, og ved mindre batches skal denne omstilling udføres ca. dobbelt så mange gange. Kapaciteten på maskinen reduceres derfor, og som det fremgår af afsnit 5.3.1, leder dette til større miljøeffekter.



Figur 6.5 Spild ved opstart og afslutning af pakkemaskine. Der går et stykke tid, før der opnås korrekt produktion, og produktet herfra går til spilde eller skal ompakkes. Når maskinen kører i længere tid, vil dette spild udgøre en mindre del af den samlede produktmængde.

Ved at reducere færdigvarelageret kan der som beskrevet i Tabel 5.4 i afsnit 5.3.2 spares betydelige mængder energi, da produkterne holdes nedkølet i kortere perioder. Besparelsen afhænger naturligvis af de krav, der stilles til lagrene, og om de fysiske forhold kan ændres i takt med den nye produktionsstrategi, eksempelvis ved at flytte vægge mm. Det vurderes ikke umiddelbart, at besparelspotentialt på farvelagrene er specielt stort, da farverne "svales" ved 7-10 °C. Derimod er besparelspotentialt væsentligt højere, når det gælder kulturen, der opbevares ved henholdsvis -22 °C og -55 °C, men da indfrysningen af kulturen ikke foregår i de store kølelagre, vurderes det, at besparelspotentialt på kølingen ikke er signifikant (Chr. Hansen, 2006b).

Ifølge Rønnow (2006) betyder de mindre batches og Lean-strategien, at der er færre produkter på lagrene rundt om i verden. Derved mindskes den økonomiske risiko, da kassationen af færdigvarer forårsaget af overskredne holdbarhedsdatoer begrænses. Yderligere vurderer Rønnow (2006), at kvaliteten af de små batches vil være bedre, og derved vil der automatisk blive kasseret mindre produkt fra lagrene. Der vil også

være mindre produkt, der skal kvalitetstjekkes, hjemkaldes og reprocesses. Ved reproces genbruges det gamle produkt i nyt, og derved bruges endnu mere energi på produktet.

Rønnow (2006) vurderer, at der ikke er væsentlige miljømæssige ændringer forbundet med transporten af produkter rundt i verden. På råvaresiden vil der være en øget mængde transport, da der skal købes mindre mængder af gangen. Transporten vurderes dog ikke at spille en væsentlig rolle. I afsnit 5.3.2 er de potentielle miljøeffekter opstillet.

Denne case illustrerer en umiddelbar negativ sammenhæng mellem JIT og miljø, hvor et øget forbrug af vand og energi samt større tab af produkt i produktionen og pakkeriet bidrager til en øget miljømæssig belastning. Når der ses på produktionen, er mindre batches altså miljømæssigt en dårlig løsning, men ud fra en helhedsbetragtning synes der dog at være nogle positive miljøeffekter i form af bl.a. bedre produktkvalitet og lagerreduktion. Hvis kvaliteten øges tilstrækkeligt, og reduktionen af lager sikres, er det ikke usandsynligt, at de positive miljøeffekter kan opveje de negative.

Casen illustrerer således, at der vil være mulighed for en række positive miljøeffekter, som det er beskrevet i afsnit 5.3.2, men også, at forsøget på at skabe en JIT-produktion kan aflede en række negative miljøeffekter, hvorfor man bør gennemtænke hele produktionen, før man indfører denne strategi. Casen viser, at virksomheder og maskiner, der er dimensioneret til stordrift og ikke omstilles til JIT, kan give væsentlige miljømæssige problemer.

Umiddelbart er det ikke sandsynligt, at størrelsen af batches vil indgå som en parameter i miljøoptimering, men både Affaldsminimering og MØS er værktøjer, der vil fremhæve problemerne med kassation af produkt fra lagre mm. Således blev det i Aggerbeck et. al. (2006) efter anvendelse af MØS hos Chr. Hansen konkluderet, at kassation udgjorde størstedelen af omkostningerne forbundet med affald og derfor burde reduceres.

6.5 Kaizen-forslag i farveproduktionen hos Chr. Hansen

Kaizen har været et af de værktøjer, Chr. Hansen først tog fat på, og det har været en succes med knap 200 gennemførte forslag (fremgangsmåden er beskrevet i Bilag 3). Disse forslag er blevet gennemgået i samarbejde med produktionskemiker Martin

Kamber og miljøkoordinator Steen Olesen for at identificere projekter, der også har haft miljømæssig betydning. Det viste sig, at op mod hvert 10. projekt umiddelbart havde miljømæssig betydning. Det drejer sig primært om positive miljøeffekter, men der er dog også enkelte projekter, der vurderes at kunne have en negativ miljøeffekt.

Gennem Kaizen-forslag er der opnået besparelser ved bl.a. at minimere spildet af produkt – eksempelvis ved at ændre rørføringerne og anvende trykluft til at få produktresterne ud af rørene. Desuden har man reduceret antallet af skylninger, således at tanke og rør kun skoldes efter kritiske produkter (Chr. Hansen, 2006c).

Den miljømæssige betydning er ikke opgjort, men iflg. Tabel 5.4 i afsnit 5.3.2 vil en reduktion af kasseret produkt medføre et mindre materialeforbrug og mindre mængder affald. Derudover vil man spare energi, vand og evt. kemikalier ved at reducere tankskoldninger, som på baggrund af samme tabel kan betragtes som en unødvendig proces.

De miljørelaterede forslag ville i de fleste tilfælde nok også fremkomme ved anvendelse af miljøværktøjer, men miljøværktøjerne ville finde langt flere forbedringsmuligheder, end Kaizen i sig selv giver.

6.6 Reduktion af lager ved brug af Kanban hos Lundbeck

Emnet for en række Lean-events hos Lundbeck har været at reducere mængden af tabletter i bulk-lageret i Valby med 50%. Fokus har været på at ændre flowet gennem produktionen ved at indføre et "supermarked"¹⁷, hvor tabletterne trækkes af de respektive afdelinger, for derved at skabe et konstant flow uden unødvendig transport.

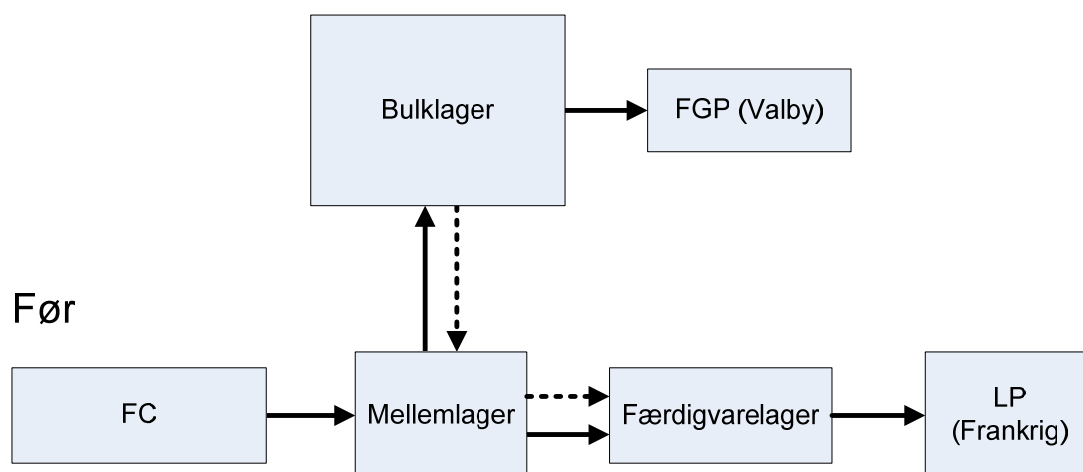
Ved at reducere lageret frigøres kapital, og mængden af produkt, der skal kasseres pga. overskredet salgsdato, reduceres. Iflg. Wiberg-Jørgensen (2006) udgør holdbarheden af produkterne ikke noget problem på lageret i Valby, men overskredne holdbarhedsdatoer er en generel udfordring for Lundbeck. Yderligere understreges det, at kvaliteten af råvarer og produkter reduceres, når de opbevares som bulk på lager. Wiberg-Jørgensen (2006) vurderer, at kassation pga. overskredne holdbarhedsdatoer er et område, der vil komme fokus på i fremtiden. Den stigende mængde kopimedicin på markedet udgør i den henseende et problem for Lundbeck,

¹⁷ Lagerstyring.

da et lager, der indeholder produkt til 2 mdr., let kan komme til at indeholde produkt til 10 mdr., hvis et kopiproduct introduceres og vinder markedsandele.

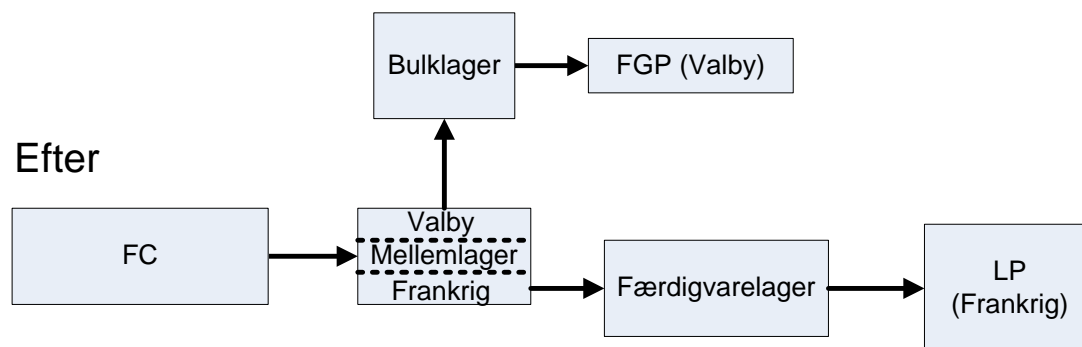
Ved at reducere lageret og køre mindre kampagner undgår Lundbeck at skulle kassere store mængder produkter eller have store værdier bundet i lagre, da man altid producerer svarende til det træk/salg, der forekommer. Ligeledes minimeres betydningen af lovændringer, hvor eksempelvis ændrede mærkningsregler kan betyde, at alt produkt skal hjemkaldes og ompakkes.

På Figur 6.6 ses det oprindelige flow, hvor produktet blev transporteret fra film coating (FC) af tabletter til mellemlageret, for derfra at blive transporteret til enten bulklageret og videre til Finished Goods Production (FGP) eller til færdigvarelageret og videre til en lønproducent (LP) i Frankrig. Derudover var der også et flow af produkt fra bulklageret tilbage til mellemlageret, og derfra videre til færdigvarelageret.



Figur 6.6. Flowet, som det så ud før Lean. Varer flyttes frem og tilbage mellem bulklager, mellemlager og færdigvarelager. FGP = Finished Goods Production, FC = Film Coating og LP = Lønproducent (Wiberg-Jørgensen, 2006).

Ved hjælp af bl.a. Kanban har man skabt et flow uden tilbageløb og reduceret mængden af tabletter i bulklageret med 53% og samtidigt sparet arbejdstid. På Figur 6.7 ses det nye flow, hvor mellemlageret er blevet delt i to – ét, som bulklageret trækker fra, og ét, som færdigvarelageret trækker fra.



Figur 6.7. Flowet efter indførelse af Kanban. Mellemlageret er delt op og varer flyttes direkte fra mellemlager (supermarked) til hhv. bulklager og færdigvarelager. FGP = Finished Goods Production, FC = Film Coating og LP = Lønproducent (Wiberg-Jørgensen, 2006).

Miljømæssigt set er det specielt kassationen af produkt, der har betydning. Dette skyldes ikke miljøproblemer i forbindelse med bortskaffelse af produktet, men at der gennem hele produktionen, fra kemisk produktion til kassationstrinnet, pålægges en mængde miljøeffekter, som bør medregnes. Derfor vil en reduktion af lagre og en reduktion af kassationer have en positiv miljøeffekt, som dog er vanskelig at kvantificere, hvis man ikke har nøgletal, der beskriver hvert trin i produktionen.

Det nye flow betyder, at der spares lidt intern transport, men da lageret hverken køles, opvarmes eller ventileres væsentligt, og da kassation af produkt ikke udgør et problem på dette lager, har den store lagerreduktion ingen reel miljømæssig betydning. Generelt har Lundbeck problemer med kassation, men casen illustrerer, at Kanban kan reducere behovet for store lagre og således bidrage til færre miljøeffekter.

Som det gælder i casen om batchstørrelser fra Chr. Hansen er det ikke sandsynligt, at lagerstørrelse vil indgå som en parameter i miljøoptimering, medmindre der er store miljømæssige omkostninger fx ved frostlagre. Affaldsminimering og MØS ville dog sætte fokus på kassation af produkt fra lagre mm., og som tidligere nævnt viste Aggerbeck et. al. (2006) ved anvendelse af MØS, at kassation udgjorde størstedelen af omkostningerne forbundet med affald.

6.7 SMED og TPM på tabletkompressorer hos Lundbeck

Som beskrevet i Bilag 4 er reduktion af gennemløbstider og lagre et væsentligt element i Lundbecks Lean-arbejde. Der er i 2006 gennemført flere Lean-events med det mål at reducere omstillingstiden på udvalgte maskiner, og her er anvendt en

række Lean-værktøjer som eksempelvis Kanban, SMED, 6S¹⁸ og TPM. Reduktion af omstillingstiden giver en mindre gennemløbstid, idet kapaciteten øges, og derved muliggøres en reduktion af lagre i forsyningskæden og en reduktion af kampagnestørrelserne¹⁹, som er målet på sigt. Lundbeck har valgt at bruge den øgede kapacitet til at hjemtage produktion, der har været outsourcet til bl.a. Frankrig (Wiberg-Jørgensen, 2006).

En del af den Lean-event, Lundbeck gennemførte i maj 2006, gik ud på at optimere kapaciteten på tabletkompressorer i pillepakkeriet, da disse udgør en flaskehals. Opgaven var et led i at forbedre gennemløbstiden med 50%. Med udgangspunkt i SMED og TPM blev udarbejdet standarder for omstilling, hvilket førte til en reduktion på 70% i omstillingstid og 30% i mandetimer. Derved forøges kapaciteten på tabletkompressorerne signifikant. Den miljømæssige betydning er iflg. afsnit 5.3.1, at forbruget af energi til lys, ventilation mm. reduceres, da bl.a. tomgangsforbruget fordeles på flere produktenheder. Derudover kan fjernelsen af flaskehalse afføde positive miljøgevinster op- og nedstrøms processen, da der skabes et bedre flow i produktionen og behovet for lagre reduceres.

Dertil kommer en umiddelbar miljømæssig besparelse i form af transport til og fra de lande, produktionen har været outsourcet til. Det er dog vanskeligt at estimere besparelsen, da produkter, der pakkes i udlandet, enten sendes retur til Valby for derefter at blive distribueret, eller distribueres direkte til kunderne fra udlandet. Af afsnit 5.3.2 fremgår det, hvilke miljømæssige effekter unødvendig transport kan medføre.

Det er ikke sandsynligt, at nogle af miljøværktøjerne ville have opnået de samme forbedringer. Miljøarbejdet fokuserer som nævnt i afsnit 4.2.2 primært på at reducere de variable miljøomkostninger, dvs. de miljøeffekter, der er knyttet til produktionsmængden. Kun Miljøledelse og MØS er rettet mod faste miljøomkostninger, men optimeringer på dette område vil være knyttet til mere overordnede systemer såsom lys og ventilation og ikke til ændringer i selve processerne.

¹⁸ Lundbeck har tilføjet "sikkerhed" som et sjette element i 5S.

¹⁹ En kampagne består af en række batches af det samme produkt. Når kampagnestørrelsen mindskes, reduceres antallet af batches, men ikke størrelsen af batches.

6.8 VSM med fokus på vand og energi hos Novo Nordisk

Der er på nuværende tidspunkt et projekt hos Novo Nordisk, der er et praktisk eksempel på, at Lean og miljø kan spille sammen. Novo Nordisk har nemlig valgt at anvende VSM-metoden til at reducere vand- og energiforbrug. Indgangsvinklen er altså at bruge et Lean-værktøj til at opnå miljøforbedringer. Egentlig er det mest rammerne omkring VSM-metoden, som anvendes, og projektet kan i princippet bedre betegnes som en Kaizen-event. Ved en current state workshop identificeres spild, og ved en future state workshop prioriteres de fremkomne forslag (se Bilag 2 for nærmere detaljer omkring forløbet). Gennem deltagelse i disse workshops er indsamlet en række erfaringer om arbejdet med miljø inden for rammerne af Lean.

Til de nævnte workshops var samlet en række medarbejdere fra Lean-, miljø- og energiområderne samt operatører mv. fra produktionen. Det tværfaglige samarbejde lykkedes i allerhøjeste grad – Lean-medarbejderne kender VSM-metoden, produktionsfolkene har stor indsigt i produktionen, og medarbejderne fra miljø- og energiområdet er i besiddelse af data og viden, der understøtter arbejdet. Workshoppen viste nødvendigheden af at benytte produktionsfolk med kendskab til alle detaljer i processerne og vigtigheden af at have udvalgte nøglepersoner i grupperne med tilstrækkelig indsigt til at stille de rigtige spørgsmål.

Alle deltagere gik til opgaven med stor motivation. Det kan delvist tilskrives ambitiøse mål kombineret med baggrundsdata, hvor de økonomiske aspekter af vand- og energiforbruget er præsenteret. Desuden er det effektivt at flytte folk ud af deres vanlige rammer og give dem mulighed for at fordybe sig i en enkelt opgave. Det lykkedes endvidere at få deltagerne til at føle et ejerskab overfor projekterne, hvorfor det må forventes, at der fortsat vil blive arbejdet og ikke mindst tænkt i miljøbesparelser i produktionen.

Der blev identificeret flere hundrede forbedringsmuligheder, hvoraf mange også ville have positiv betydning for produktionen i form af fx større kapacitet. Således blev miljøtiltagene altså ikke opfattet som noget negativt, der ville forstyrre produktionen.

En stor del af forslagene omhandler CIP, driftsstyring, køling og brugen af damp. De fremkomne forslag er i flere tilfælde af mere generel karakter og kunne således også give besparelser i andre dele af produktionen. Ligeledes kan der andre steder være indført forbedringer, der også er relevante i dette tilfælde. Erfaringsudveksling kan altså være en vigtig del af optimeringen.

Det gælder eksempelvis CIP, der gennemføres mellem hver batch og i forbindelse med vedligehold. Det kræver store mængder vand, kemikalier og ikke mindst energi til opvarmning, og det er i nogle produktionsområder allerede lykkedes at skære ned på antallet af CIP. Dette har også stor betydning for kapaciteten, idet der ikke kan produceres, så længe der foregår CIP.

VSM'en på vand og energi giver en masse miljøforbedringer, som dog i mange tilfælde også kunne være fundet ved at bruge de traditionelle miljøværktøjer. Forskellen er her, at man har samlet en række medarbejdere, der er i stand til at identificere problemer og samtidigt fremkomme med konkrete løsningsforslag. Hvis optimeringen ikke var foregået i Lean-regi, ville medarbejderne ikke på samme måde have været involveret. Desuden ville projekterne ikke indgå i samme prioriteringspulje som de projekter, der er opstået i de andre VSM'er, men være en del af budgettet i miljøafdelingen.

Ved at tage udgangspunkt i miljøarbejdet og miljøværktøjerne ville tilgangen til opgaven måske være mere præget af en kortlægning af vandstrømmene eller energiforbruget og derefter en systematisk gennemgang for at identificere besparelses- og genbrugspotentialer, fx ved hjælp af Procesintegration. Det ville have givet et andet billede af vand- og energiforbruget, og resultatet ville gå mere i retning af genanvendelse af vand i stedet for reduktion af forbrug.

6.9 Kaizen med fokus på affald og energi hos Lundbeck

I Lundbecks produktion i Seal Sands (UK) har der været problemer med at leve op til målsætningen i ISO14001-certificeringen. Dette skyldes iflg. Colvin (2006) dels manglende økonomiske ressourcer, dels manglende involvering af medarbejdere. Colvin fremhæver at det specielt er den manglende medarbejderinvolvering, der er afgørende. Derfor forsøger han via Lean at opnå en reduktion af energiforbruget og affald, som er de væsentligste miljøproblemer i Seal Sands.

Inden for affald har man valgt at lave en Kaizen-workshop med deltagelse af operatører, miljøfolk og ingeniører. Miljøfolkene har forud for disse Kaizen-møder stået for dataindsamling, mens selve analysen af affaldsstrømmen foretages i samarbejde med de øvrige faggrupper. Analysen viste, at 60% af det, Lundbeck indkøber, forsvinder i systemet som affald, og at der bruges over 3 mio. kr. på affald om året, hvoraf 60% er spildevandsafgifter, der primært kommer fra én proces.

Lundbecks Kaizen-workshops har på nuværende tidspunkt løst nogle af de affaldsproblemer, der er identificeret, og har dermed reduceret omkostningerne forbundet med disse. Som eksempel kan nævnes en besparelse på 2,5 mio. kr./år, der er opnået ved at optimere på produktionsrecepterne. Tidligere var mængderne i recepterne angivet inden for et interval, nu benyttes den laveste værdi. Et andet eksempel er fyldningsgraden i affaldsbeholdere. Under Kaizen-workshoppen fandt man ud af, at affaldsbeholdere blev tømt, før de var fyldt op. Et tredje eksempel er recirkulering af solvent. Data fra affaldstankene klargjorde, at destillationen i dele af processen ikke var effektiv nok, da der blev tabt solvent i forbindelse med rengøringen. Besparelsen på de forskellige tiltag er ikke kvantificeret, men de har alle bidraget til en reduktion i omkostningerne forbundet med affaldshåndteringen.

Inden for energi har der i forskellige Kaizen-workshops været fokuseret på lys, pumper, ventilation mv. Colvin (2006) nævnte ikke umiddelbart noget eksempel på, hvor meget der var sparet, men betragter Kaizen-workshops med en miljørelateret indgangsvinkel som en stor succes, da der er opnået rigtig mange gode resultater, og da det skabte den motivation blandt medarbejderne, der skulle til for at opnå miljømålene. Kaizen-workshops med fokus på miljø vil derfor fortsat blive anvendt i Lundbeck i Seal Sands.

Kaizen med fokus på affald og energi giver en masse miljøforbedringer, som dog formentligt også kunne være opnået ved brug af traditionelle miljøværktøjer som MØS og Affaldsminimering. Specielt ville en systematisk gennemgang af affaldsforholdene og den dertil knyttede økonomi give et overblik over, hvilke strømme i virksomheden der har størst økonomisk betydning. Ud fra disse kortlægninger målrettes og prioriteres indsatsen mod de væsentligste strømme. Indsatsen kræver inddragelse af medarbejdere, som besidder afgørende viden, og Colvin (2006) nævner netop manglende inddragelse af medarbejdere som årsag til, at der ikke er opnået samme resultater ved anvendelse af Miljøledelse.

6.10 Generelle erfaringer fra virksomhederne

I forbindelse med deltagelse i events, workshops og møder i virksomhederne er opnået nogle generelle erfaringer med, hvorledes Lean- og miljøarbejdet foregår. I praksis er der stor forskel på, hvilke værktøjer der anvendes, og hvordan Lean-arbejdet foregår, men studierne har dog givet en masse generelle erfaringer, som andre virksomheder kan have gavn af. Disse erfaringer er derfor indarbejdet i Lean &

Green-værktøjet i kapitel 8.

Den generelle erfaring fra virksomhederne er, at der ikke er noget samarbejde mellem Lean- og miljøafdelingerne. Medarbejderne i de respektive afdelinger har således ikke kendskab til de konkrete arbejdsmetoder og værktøjer, der anvendes uden for deres egne arbejdsområder, idet der ikke foregår kommunikationen mellem afdelingerne. Miljøafdelingen er således sjældent opmærksom på, hvilke idéer og tiltag der indføres i Lean-regi, og hvilken betydning det har miljømæssigt set. Det kom både hos Lundbeck og Chr. Hansen til udtryk ved, at Lean- og miljømedarbejderen efter et kort introduktionsmøde identificerede en række områder, hvor der er et overlap mellem deres arbejde.

Den manglende kommunikation har blandt andet resulteret i, at miljøaspekter af Lean-tiltag ikke bliver kvantificeret, som det blev postuleret i litteraturstudiet i afsnit 5.2. På lignende vis bekræfter undersøgelser ved Novo Nordisk, som ellers i insulinproduktionen har etableret et samarbejde om Lean og miljø, at forbedringerne ikke ses i et helhedsperspektiv, hvorfor indirekte miljøfordele overses.

Det mest essentielle for Lean-arbejdet, og det væsentligste succeskriterium i case-virksomhederne er at bryde med den traditionelle virksomhedskultur og få skabt en Lean-kultur, hvor specielt medarbejderinddragelse og løbende forbedringer er altoverskyggende. Her spiller ledelsen en åbenlys rolle, da ledelsens opbakning er af stor betydning for både medarbejdernes motivation og de opnåede resultater. Således blev der i de tilfælde, hvor der var afsat flere dage til kun at arbejde med Lean, opnået de bedste resultater. Det blev dog også klart, at resten af organisationen nødvendigvis må bakke op om de medarbejdere, der er blevet udpeget til at deltage i Lean-arrangementerne. Derfor skal de øvrige medarbejdere i virksomheden være informeret om arrangementerne og indstillet på at bidrage med viden, som deltagerne ikke selv har, og i andre tilfælde at overtage arbejdsopgaver, så produktionen ikke går i stå.

Der blev generelt udvist et stort engagement fra medarbejdernes side, og det er tydeligt, at produktionsfolkene besidder en meget stor og afgørende indsigt i produktionsforholdene. Under deltagelse i VSM-workshop på vand og energi hos Novo Nordisk blev det demonstreret, at produktionsfolkene sagtens kan identificere miljøbesparelser, hvis blot rammerne for det er til stede. Der blev i samtlige virksomheder opstillet ambitiøse mål for Lean-arbejdet, hvilket ind imellem førte til

frustrationer, men i sidste ende blev de involverede motiverede til at opnå imponerende resultater. Medarbejderne førte efterfølgende succesoplevelserne videre med sig i nye Lean-projekter og ud til deres kolleger. Netop medarbejderinddragelsen i Lean har Lundbeck i Seal Sands ifølge Colvin (2006) haft succes med at udnytte til at få gennemført miljøforbedringer som beskrevet i forrige afsnit. Medarbejderinddragelse spiller således en central rolle for både Lean og miljøoptimering, men Lean er bedst til at etablere og udnytte denne.

Både VSM-workshoppen hos Novo Nordisk og Kaizen-eventen hos Lundbeck illustrerede, at kortlægninger, nøgletal og dataindsamling er lige så nødvendige for et succesfuldt Lean-event, som det er for miljøarbejdet. Kortlægninger giver virksomheden en mulighed for at klarlægge, hvor i produktionen det væsentligste spild opstår. For at identificere omfanget af problemet anvendes nøgletal, som er knyttet til en grundig dataindsamling forud for arrangementet.

Metodemæssigt var oplevelsen, at virksomhederne i høj grad havde tilpasset Lean-værktøjerne, så de fik størst udbytte af dem. Flere af Lean-værktøjerne overlapper hinanden og blev ofte brugt inden for de samme projekter. 5S er for eksempel et meget bredt værktøj og det omfatter mange forskellige tiltag. SMED kan bruges til at løse konkrete problemstillinger inden for 5S, mens 5S omvendt kan indgå som en del af Kaizen. Det ses hos Chr. Hansen, hvor Kaizen-forslagene indeholder 5S-relaterede forbedringer som eksempelvis oprydning på et bestemt område. Der er ligeledes en sammenhæng mellem VSM og Kaizen, og disse kan ofte flyde sammen i praksis, som det ses hos Lundbeck, hvor deres Lean-events indeholder elementer af VSM (kortlægning, current state og future state), men samtidigt kunne opfattes som egentlige Kaizen-events, hvor man samler en række personer og skaber idéer i fællesskab.

Det er i samarbejdet med virksomhederne også blevet klart, hvilke miljøforhold der gør sig gældende i biotek-industrien. Miljøarbejdet er koncentreret om at reducere vandforbrug, råvareforbrug, brug af kemikalier, solventer, hjælpestoffer, spildevand og energiforbrug. Vand, spildevand, råstoffer (især næringsmidler) og solventer er knyttet til gæring og rensningsprocesser, mens kemikalieforbruget (syre og base mm.) primært er relateret til rengøring. Energiforbruget går til maskiner, omrørere, pumper, ventilation mv. Det gælder desuden for de fleste biotek-virksomheder, at der er mange kvalitetskrav, idet lovgivningen inden for fødevarer og medicin er relativt streng (Lif, 2006).

7 Delkonklusion

I gennemgangen af eksisterende litteratur om samspillet mellem Lean og miljø blev det klart, at der er en overvejende positiv sammenhæng mellem indførelsen af Lean og de deraf afledte miljøkonsekvenser. For det første kan Lean være med til at flytte fokus fra reduktion af udledninger til forebyggelse, hvilket passer godt til udviklingen inden for miljøoptimering i industrien. For det andet er det i flere tilfælde bevist, at kvalitetsforbedringer også medfører miljøforbedringer, blandt andet fordi færre fejl er ensbetydende med, at færre produkter kasseres. Miljøbesparelserne forbundet med Lean-tiltagene bliver dog generelt ikke kvantificeret – primært fordi virksomhederne ikke er opmærksomme på denne sammenhæng.

Ved en teoretisk samstilling af Lean- og miljøværktøjerne på de tre indsatsniveauer produkt, produktion og proces er identificeret en række sammenfald i den måde, hvorpå værktøjerne anvendes. Fælles for Lean og miljøoptimering er, at de respektive afdelinger indsamler data, analyserer og implementerer. Der kan opstå synergier og antagonier i kortlægning og implementering af forbedringer, fordi Lean- og miljøafdelingen beskæftiger sig med de samme processer.

Det er i den teoretiske analyse endvidere klarlagt, at typiske Lean-forbedringer såsom øget produktivitet og kapacitet har en positiv miljømæssig konsekvens. En stigning i produktivitet betyder, at der går mindre produkt til spilde, og dermed reduceres de variable miljøomkostninger, der er forbundet med produktet frem til den givne proces. Når kapaciteten i en virksomhed øges, kan der produceres flere produkter på samme tid, og dermed bliver de faste miljøomkostninger reduceret, da eksempelvis tomgangsforbruget og overhead fordeles på flere produkter. Det er i analysen også demonstreret, at der er klare miljømæssige fordele forbundet med eliminering af spild, som er en central del af Lean-filosofien.

Da Lean-værktøjerne generelt søger at øge produktivitet og kapacitet samt reducere spild, vil Lean-værktøjer bidrage positivt til miljøarbejdet. Det gælder især Kaizen, JIT og VSM, da disse favner bredt og skaber mange Lean-forbedringer, mens SCM, TQM, 5S, Kanban, SMED og TPM kun bidrager i ringe grad.

Det er i en række cases udført i samarbejde med Chr. Hansen A/S, Novo Nordisk A/S og H. Lundbeck A/S illustreret, hvorledes nogle af Lean-værktøjerne i praksis har betydning for miljøforholdene i virksomhederne. I Tabel 7.1 er en kort opsamling af de overordnede miljømæssige konsekvenser og en vurdering af, hvad et miljøværktøj

på samme indsatsniveau ville have opnået.

Tabel 7.1. For hver case er beskrevet, hvilke forbedringer der er fortaget, hvilke miljømæssige konsekvenser det har haft, og hvad miljøværktøjer på samme indsatsniveau ville have opnået.

Case	Forbedringer	Miljømæssige konsekvenser	Hvad ville miljøværktøjer have opnået?
VSM hos Novo Nordisk - Automatisk skæring	Øget produktivitet bl.a. ved optimering af skæring (besparelse i input af produkt til proces).	Reduktion af variable miljøomkostninger (forbrug af el, fjernvarme, damp og vand).	Procesintensivering ville formentligt opnå det samme.
Reduktion af tests (Kaizen)	75% reduktion af tests.	Reduktion af variable miljøomkostninger (kemikalieforbrug og farligt affald).	Hvis miljøomkostningerne er væsentlige, vil Affaldsminimering eller MØS identificere problemet, men ikke nødvendigvis komme frem til samme løsning.
Mindre batchstørrelser (JIT)	Lagerreduktion, kvalitetsforbedringer og øget produktpild.	Reduktion af faste og variable miljøomkostninger (energiforbrug og affald). Øgede variable miljøomkostninger (pga. større produktpild og øget energiforbrug). Øgede faste miljøomkostninger (pga. dårlig udnyttelse af kapacitet).	Ved brug af Affaldsminimering eller MØS ville problemerne ang. kassation af produkt blive synliggjort, men ikke løst.
Kaizen-forslag	Løbende forbedringer.	Reduktion af faste og variable miljøomkostninger.	Enkelte forbedringer kunne opnås ved miljøoptimering.
Reduktion af lager (Kanban)	Reduktion af lager og transport.	Reduktion af faste og variable miljøomkostninger (energiforbrug og affald).	Ved brug af Affaldsminimering eller MØS ville problemerne ang. kassation af produkt blive synliggjort, men ikke løst.
Tabletkompressorer (SMED og TPM)	Øget kapacitet ved at afhjælpe en flaskehals (hurtigere omstillingstid). Reduktion af transport ved at hjemtage produktion.	Reduktion af faste miljøomkostninger (elforbrug mv.). Reduktion af variable miljøomkostninger (energiforbrug til transport).	Forbedringer ville ikke være fremkommet ved brug af miljøværktøjer.
VSM med fokus på vand og energi	Reduktion af vand- og energiforbrug.	Reduktion af faste og variable miljøomkostninger (vand- og energiforbrug).	Ved brug af Procesintegration ville resultatet i højere grad være genanvendelse af vand i stedet for reduktion af forbrug.
Kaizen med fokus på affald og energi	Reduktion af affaldsmængder og energiforbrug.	Reduktion af faste og variable miljøomkostninger (råmaterialer, affald, energiforbrug og kemikalier).	Affaldsminimering og MØS ville have identificeret lignende besparelser.

Som det fremgår af tabellen, er der en overvejende positiv sammenhæng mellem anvendelsen af Lean-værktøjerne VSM, Kaizen, Kanban, SMED samt TPM og miljøforbedringer. Den eneste negative sammenhæng opstår i anvendelsen af JIT, hvor der indføres mindre batchstørrelser, hvor den manglende tilpasning af maskinernes kapacitet og øget rengøring bevirker, at både faste og variable miljøomkostninger øges. Dermed adskiller den praktiske erfaring med JIT sig fra teorien, hvor der er identificeret en positiv sammenhæng som følge af lagerreduktion og kvalitetsforbedringer. Casen beskæftiger sig udelukkende med produktionsrelaterede forhold, og det er nødvendigt for virksomheder, der indfører JIT, at identificere potentielle "trade-offs" i hele forsyningskæden.

Ved anvendelse af miljøværktøjer ville problemerne i de fleste tilfælde blive

identificeret, men løsningerne vil være mere fokuserede på miljøforholdene end produktionsforholdene. Derfor giver miljøværktøjerne sjældent resultater, som Lean-værktøjerne ikke ville have fundet. Omvendt vil systematikken i miljøværktøjerne kunne identificere problemer, som Lean-værktøjerne ikke umiddelbart opfanger. Der er således et overlap mellem de forbedringer, som Lean- og miljøværktøjerne forårsager.

Der er set et par eksempler på integration af Lean og miljø i to af case-virksomhederne. Novo Nordisk har inden for rammerne af en VSM søgt at nedbringe vand- og energiforbrug. Projektet er ikke afsluttet, men der er indtil videre skabt gode resultater, og der er fremkommet mange gode forslag til forbedringer, der både medvirker til at reducere vand- og energiforbrug og giver produktionsforbedringer. I Lundbecks produktion i England har miljøafdelingen med stor succes reduceret affaldsmængder og energiforbrug ved brug af Kaizen-events. Således har Novo Nordisk og Lundbeck allerede demonstreret, at der er et stort potentiale i at integrere Lean- og miljøtankegangen.

Der er ud over brugen af de konkrete Lean-værktøjer indsamlet en lang række generelle erfaringer med virksomhedernes Lean- og miljøarbejde. Når det gælder de enkelte værktøjer, er de i høj grad blevet tilpasset case-virksomhedernes egen Lean-strategi, og værktøjerne supplerer ofte hinanden. Desuden er de vigtigste miljøforhold i virksomhederne identificeret, og fokus er primært på vand, kemikalier og energi. Overordnet set har ledelsens og medarbejdernes engagement haft stor betydning for processen og resultaterne, og medarbejdernes motivation er i høj grad afhængig af, at ledelsen stiller ambitiøse mål og bakker op om events og workshops.

8 Lean & Green-værktøj

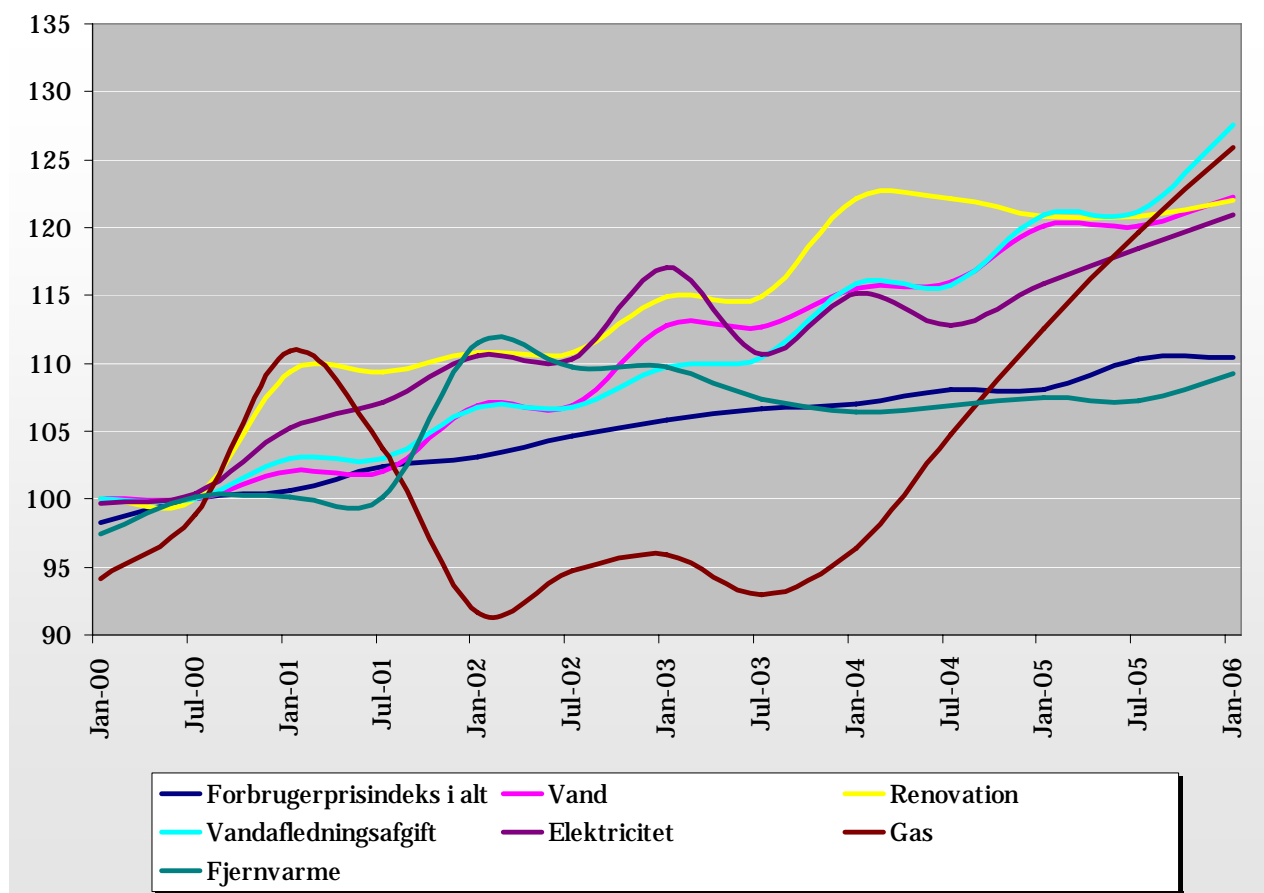
Med baggrund i teoretiske og praktiske erfaringer inden for Lean og miljøoptimering præsenteres her et værktøj, der kan anvendes af virksomheder, der ønsker at integrere miljø i Lean-arbejdet for derigennem at rationalisere arbejdsgangene.

Først er foretaget en interessentanalyse for at kunne målrette beskrivelsen af værktøjet til de, der har størst interesse i det. Derefter præsenteres værktøjet, der er tænkt som en guideline til virksomhederne, og består af en række forslag til, hvordan der konkret kan arbejdes med at integrere Lean og miljø. Værktøjet kan således tilpasses den enkelte virksomhed, enten som udgangspunkt for et veldefineret samarbejde eller i første omgang til at synliggøre synergier og antagonier mellem Lean- og miljøarbejdet.

Kapitlet afsluttes med en beskrivelse af virksomhedens udbytte af at anvende Lean & Green-værktøjet, en validering baseret på feedback fra case-virksomhederne og en rapport fra US EPA samt en række spørgsmål, der kan hjælpe virksomheden i gang med arbejdet.

Formålet er ikke at skabe et nyt værktøj til miljøoptimering, men nærmere at skabe et nyt fundament for miljøarbejdet i virksomhederne ved at integrere miljø i de allerede eksisterende Lean-værktøjer og tankegange. Det kan blandt andet tænkes, at værktøjet åbner nye døre for miljømedarbejderne ude i virksomhederne, da miljøarbejdet ved integration i Lean-arbejdet i højere grad vil blive opfattet som et positivt bidrag til reduktionen af omkostninger forbundet med produktionen.

Inden for de seneste 6 år har prisen for vand, renovation, fjernvarme, gas og elektricitet, der alle bidrager til de miljøeffekter, der er forbundet med produktionen, været støt stigende. Da miljøværktøjerne, som beskrevet i afsnit 4.2.2, netop søger at reducere brugen af disse kan der både på kort og lang sigt opnås væsentlige besparelser ved at skærpe fokus på miljøet. Et øget fokus på reduktion af miljøeffekter kan være med til at sikre en forbedring af konkurrenceevnen, og dette vil være et væsentligt incitament for virksomhederne til at indføre Lean & Green-værktøjet. På Figur 8.1 ses den indekserede prisudvikling fra 2000 til 2006 for vand, renovation, elektricitet, gas og fjernvarme. Derudover er forbrugerprisindekset også afbilledet (DST, 2006).



Figur 8.1. Den indekserede prisudvikling for afledningsafgiften for vand, vand, renovation, elektricitet, gas, fjernvarme og forbrugerprisindekset. Priserne er indekseret efter 2000 = 100 (DST, 2006).

8.1 Interessentanalyse

Der er flere parter, der har interesse i Lean & Green-værktøjet, og der er derfor foretaget en analyse for at kunne målrette beskrivelsen af værktøjet til de interessenter, som skal anvende, udvikle og udbrede kendskabet til værktøjet. I virksomhederne er det topledelsen, miljøafdelingen, Lean-afdelingen, produktionsafdelingen og de ansatte i produktionen, der er de væsentlige interessenter. I selve udbredelsen af værktøjet spiller markedsføringsafdelingen, virksomhedsnetværk, pressen og myndighederne en rolle. Derudover kan aktionærer, kunder og leverandører spille en mindre rolle, men har ikke direkte indflydelse på anvendelse og udbredelse af værktøjet.

Værktøjet er udviklet i samarbejde med biotek-virksomheder, men kan tilpasses andre industrier. Proaktive virksomheder er en oplagt målgruppe for værktøjet, idet

der her er en vilje til at lave forbedringer, der går længere end lovkravene, og hvor der tør satses på miljø – ofte med store økonomiske besparelser og forbedret image til følge. I reaktive virksomheder er en tendens til at opfatte miljøarbejdet som en tvungen opgave, der kræver tid og ressourcer, men i disse tilfælde vil integration af Lean og miljø netop kunne ændre opfattelsen af miljøarbejdet.

I Tabel 8.1 er interessenternes interesse i, forventning til og indflydelse på anvendelse, udvikling og udbredelse af værktøjet beskrevet. Interesserne er de umiddelbare mål for de enkelte interessenter, mens forventningerne dækker over, hvad interessenterne forventer at få ud af, at de selv eller andre anvender værktøjet. Indflydelsen har relation til deres rolle i anvendelse og udvikling af værktøjet samt i udbredelsen af den tankegang, som værktøjet repræsenterer, og de resultater, virksomheden har opnået.

Tabel 8.1. Interessenternes interesse i, forventning til og indflydelse på anvendelse, udvikling og udbredelse af Lean & Green-værktøj.

Interessent	Interesse	Forventning	Indflydelse
Topledelse	Økonomi, image, fremtidssikring af virksomheden, en effektiv organisation	Større økonomisk overskud	Afgør, om værktøjet skal bruges
Miljøafdeling	Yderligere reduktion af miljøeffekter, opfyldelse af mål og lovkrav	Øget fokus på miljøet, miljøgevinster, ny indgangsvinkel til miljøarbejdet, indflydelse på Lean-proces	Tilpasse, udvikle og anvende værktøjet, levere miljødata
Lean-afdeling ²⁰	Øget produktivitet, succes med implementering af Lean, inddragelse af ansatte i produktionen	Øget produktivitet og besparelser via øget fokus på miljø	Tilpasse, udvikle og styre anvendelsen af værktøjet
Produktionsafdeling	Øget produktivitet, inddragelse af ansatte i produktionen	Ændrede arbejdsgange og processer	Bidrage til anvendelsen og udvikling af værktøjet
Ansatte i produktionen	Bevare jobbet, bedre arbejdsvilkår, nye kompetencer	Mulighed for at bidrage til forbedringer inden for Lean og miljø, øget indflydelse	Inddrages i anvendelse af værktøjet, afgørende for succes
Markedsføringsafdeling	Forbedre virksomhedens image	Succes inden for Lean- og miljøarbejdet og bedre image	Udbredelse af tankegangen vha. succeshistorier
Miljønetværk/-fora	Udveksling af erfaringer inden for miljøarbejdet i virksomheder.	Inspiration til fornyelse inden for miljøarbejdet	Udbredelse af tankegangen vha. foredrag mv.

²⁰ I nogle virksomheder vil de ansatte, der arbejder med Lean, være en del af produktionsafdelingen, men i Novo Nordisk, Chr. Hansen og Lundbeck er Lean-medarbejderne placeret i en projektgruppe.

Interessent	Interesse	Forventning	Indflydelse
Pressen	Gode historier	Ingen	Udbredelse af tankegangen vha. succeshistorier
Myndigheder	Reduktion af miljøeffekter gennem overholdelse af lovkrav	Bedre miljøperformance	Udbredelse af tankegangen – opfordre til at bruge værktøjet, videreudvikling af værktøj

De centrale interessenter er ledelsen, miljøafdelingen og Lean-afdelingen, men også produktionsafdelingen og de ansatte i produktionen har betydning for værktøjets anvendelse og succes. Ledelsens rolle er at afgøre, hvorvidt værktøjet skal anvendes og sikre, at de nødvendige ressourcer bliver afsat. Lean-afdelingen har ansvaret for udvikling og implementering af værktøjet, men skal samarbejde med miljøafdelingen, produktionsafdelingen og de ansatte i produktionen om dette.

Succeshistorier knyttet til anvendelsen af værktøjet kan bruges i den interne kommunikation for at motivere medarbejderne og til ekstern kommunikation for at forbedre firmaets image. Sidstnævnte udgør markedsføringsafdelingens interesse i projektet. Da succeshistorierne kunne være interessante for andre virksomheder, har også miljønetværk/-fora interesse i værktøjet (fx IDAmiljø, Foreningen for Energi og Miljø eller inden for brancheorganisationen Dansk Industri). På samme måde kunne den del af pressen, der har været optaget af Lean (fx Ingeniøren og Børsen), være interesseret i miljø som det nye aspekt i Lean.

Myndighederne har primært en interesse i, at virksomhederne overholder de gældende lovkrav, og det kan værktøjet bidrage til. Desuden kan eksempelvis Miljøstyrelsen være med til at videreudvikle værktøjet og udbrede tankegangen i flere brancher.

Præsentationen af værktøjet er rettet mod virksomhederne og deres Lean- og miljøafdelinger, da disse vurderes at være de primære interessenter. De har et grundlæggende kendskab til arbejdet med Lean og miljø og de dertil knyttede værktøjer, som derfor ikke er beskrevet i detaljer i selve værktøjet (men kan læses i kapitel 4).

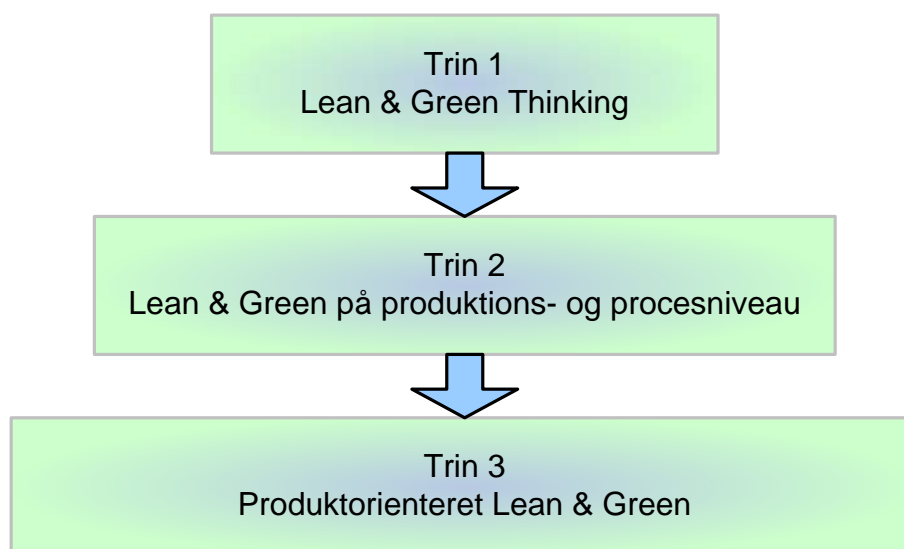
Erfaringerne fra præsentationerne i case-virksomhederne viser, at miljøafdelingen er meget positivt indstillet over for værktøjet, mens Lean-medarbejderne synes, det lyder interessant, men enkelte forholder sig lidt skeptiske (Novo Nordisk, 2006c; Chr.

Hansen, 2006b og Lundbeck, 2006c). Indgangsvinklen til at få udbredt kendskabet til værktøjet i virksomheder har i case-studiet være miljøafdelingen, og det vil det også blive for Lean & Green-værktøjet. Det er dog nødvendigt at lægge vægt på de argumenter, som skal overbevise Lean-afdelingen om, at der er mange synergier at høste ved at anvende værktøjet.

8.2 Metode

Med udgangspunkt i teori om Lean og miljøoptimering, den teoretiske analyse og de praktiske erfaringer fra case-virksomhederne præsenteres her et "Lean & Green"-værktøj, der indeholder en række forslag til, hvorledes virksomhederne kan integrere miljøarbejdet i Lean. Det er vigtigt at understrege, at Lean ses som en løbende proces, og på samme måde skal Lean & Green ses som en proces, der tager udgangspunkt i de anbefalinger, som er indeholdt i dette værktøj.

Lean & Green-processen er opdelt i 3 trin, som virksomhederne kan vælge at gennemføre i et tempo og omfang, som passer til dem. Disse tre trin er vist i Figur 8.2.



Figur 8.2. De tre trin i Lean & Green-værktøjet. Trin 1 kaldes Lean & Green Thinking, trin 2 kaldes Lean & Green på produktions- og procesniveau og trin 3 kaldes Produktorienteret Lean & Green.

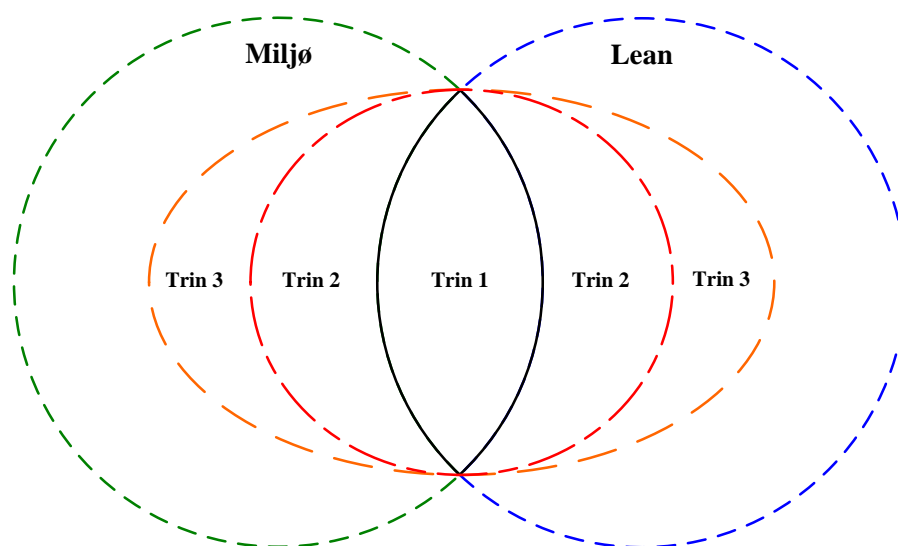
Trin 1 – Lean & Green Thinking drejer sig om at bygge videre på begrebet Lean Thinking. Der skal etableres en base for integration af miljø og Lean og skabes en fælles strategi, bl.a. ved at etablere et samarbejde mellem Lean-afdelingen og

miljøafdelingen og klarlægge afdelingernes mål og interesser.

I *trin 2 – Lean & Green på produktions- og procesniveau* anbefales en ændring i anvendelsen af Lean-værktøjerne på produktions- og procesniveau. Her implementeres miljøtankegange og konkrete miljøværktøjer i de Lean-værktøjer, som virksomhederne er vant til at anvende for at optimere i henhold til Lean.

Når virksomheden har etableret et solidt fundament for et integreret arbejde med Lean og miljø, kan der arbejdes med *trin 3 – Produktorienteret Lean & Green*. Her integreres de produktorienterede værktøjer (fx SCM og LCA), som samtidigt er mere omfattende end de værktøjer, der anvendes i trin 2.

Til at anskueliggøre opbygningen af de forskellige trin i værktøjet er Figur 8.3 opstillet. Som det ses, er trin 1 det umiddelbare overlap mellem Lean- og miljøarbejdet, altså de målsætninger, arbejdsgange, datakrav, og prioriteringer, der indgår i det daglige arbejde med Lean og miljø. Trin 2 og trin 3 inddrager en stadig større andel af Lean- og miljøværktøjerne og en tilsvarende større andel af forsyningskæden. Således ses på produktions- og procesniveauet i trin 2, mens produktniveauet behandles i trin 3.

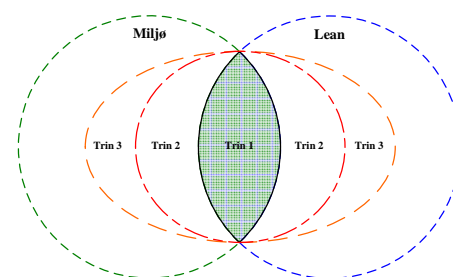


Figur 8.3 Illustration af Lean- og miljøarbejdet og de 3 trin i Lean & Green-værktøjet. Den grønne cirkel repræsenterer miljøarbejdet, mens den blå repræsenterer Lean-arbejdet. Trin 1 er det umiddelbare overlap mellem Lean- og miljøarbejdet, mens trin 2 og trin 3 inddrager en stadig større andel af både Lean- og miljøværktøjer.

De dele af Lean- og miljøcirklerne, der ikke omfattes af de 3 trin, illustrerer de arbejdsgange og værktøjer, hvor der ikke umiddelbart opnås en større gevinst ved at integrere Lean og miljø. Inden for miljø arbejder man bl.a. med håndtering af udledninger, renseteknikker mm., mens der inden for Lean findes en række værktøjer, hvor der ikke umiddelbart er noget at hente ved at integrere miljø. Derudover findes en række værktøjer, som ikke er medtaget i denne opgave – især er listen over Lean-værktøjer meget lang. Hvorvidt disse Lean-værktøjer kan kobles til miljøarbejdet eller ej, kan virksomhederne med udgangspunkt i den udviklede analysemodel (se kapitel 5) selv analysere sig frem til.

8.2.1 Trin 1 – Lean and Green Thinking

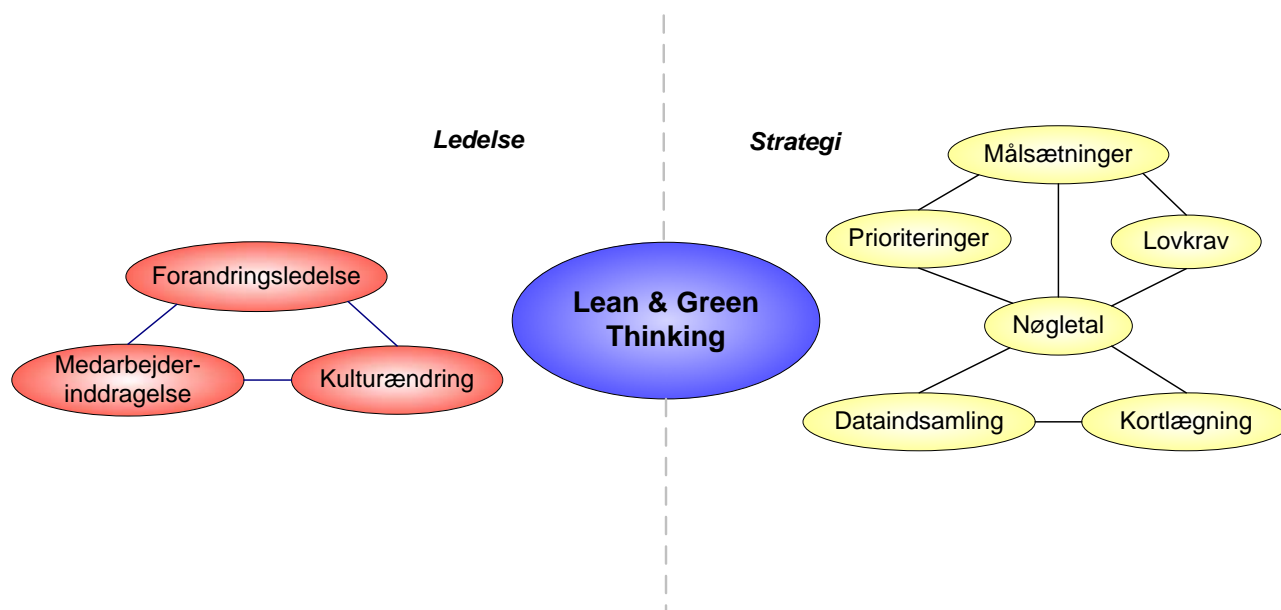
Det står klart ud fra de teoretiske og praktiske erfaringer (se kapitel 5 og 6), at Lean og miljø ikke blot handler om at anvende en række værktøjer, men i høj grad også om at skabe de rigtige rammer for dette arbejde. Den teoretiske baggrund for dette projekt er primært de mere tekniske aspekter af arbejdet med Lean- og miljøværktøjerne, og derfor bygger dette afsnit på



samtaler, observationer og "common sense"-betragtninger, der efterfølgende er bekræftet dels ved præsentationer i case-virksomhederne, dels ved samtale med miljøkonsulent Preben Buhl. På den måde håndteres nogle af de elementer, som ikke er omfattet af analysemodellen, idet denne fokuserer på de konkrete værktøjer.

Der er identificeret nogle fællestræk inden for de rammer, som er nødvendige for hhv. Lean- og miljøarbejdet. Det gælder dels nogle ledelsesorienterede træk, dels nogle strategiske træk. Med udgangspunkt i disse fællestræk er det beskrevet, hvorledes virksomheden kan etablere et fundament for arbejdet med Lean & Green.

Ledelsens opgave er at etablere det *ledelsesmæssige* fundament for Lean & Green-arbejdet i form af en kulturændring blandt medarbejderne, mens Lean- og miljøafdelingen står for at etablere det *strategiske* fundament, der klarlægger retningslinierne for arbejdet med værktøjet. Figur 8.4 viser de to elementer, som tilsammen udgør "Lean & Green Thinking", og de er forklaret nærmere i de efterfølgende afsnit.



Figur 8.4. Elementerne i Lean & Green Thinking og deres indbyrdes relationer. De røde er ledelsesorienterede, og de gule er strategiske.

Ledelse

Medarbejderinddragelse er (som beskrevet i afsnit 4.1.3 og 4.2.2) et essentielt element inden for både Lean- og miljøarbejdet. Derfor er et succeskriterium for såvel Lean som miljøoptimering i en virksomhed, at dette arbejde forankres i hele organisationen, så alle ansatte kender de opsatte mål og deres egen rolle i forbindelse med opfyldelse af disse mål. Medarbejderinddragelse er en nødvendighed i en række Lean-værktøjer (fx VSM, Kaizen og 5S), og det spiller også en stor rolle i Miljøledelse, da medarbejderne kan bidrage til forbedringsforslag, og deres ekspertise anvendes, når der indsamles data i produktionen.

Det bedste grundlag for samarbejde med de ansatte opnås ved at inddrage forandringsledelse som et væsentligt aspekt ved implementering af nye strategier eller metoder. Derfor anbefales det, at virksomhederne ved implementering af Lean & Green arbejder aktivt med forandringsledelse og derved søger at opnå den kulturændring, som er påkrævet for at engagere medarbejderne. Formålet med at indføre Lean & Green skal kommunikeres klart til medarbejderne, og de skal forstå, hvilken rolle de spiller, og hvilke resultater der vil komme ud af det – også for dem selv.

Her spiller ledelsens opbakning også en stor rolle. DI (2005) beskriver det som en nødvendig forudsætning for at gennemføre Lean-projekter, og de generelle erfaringer

fra case-virksomhederne (se afsnit 6.10) viser, at der opnås bedre resultater, hvis ledelsen bakker op om Lean-arrangementer. På samme måde bliver miljøoptimering en succes, hvis der er opbakning og vilje til at lave forbedringer – især når virksomhederne bevæger sig udover myndighedernes krav. Miljøarbejdet kan således kun forankres i virksomheden, hvis ledelsen viser vilje til at satse på miljøoptimering (Buhl, 2006).

Kulturændringen i Lean er som tidligere nævnt et vigtigt element i Lean, og mange virksomheder har haft succes med at få motiveret og involveret medarbejderne. Både Colvin (2006) og Buhl (2006) fortæller, at virksomhederne har vanskeligt ved at få etableret den samme inddragelse af medarbejderne, når der arbejdes med miljø. Derfor kan virksomheden ved at inddrage miljøhensyn i Lean, som det gøres ved anvendelse af Lean & Green-værktøjet, høste en af de synergier, der er mellem Lean og miljø. Derved skabes en bevidsthed blandt medarbejderne om, at Lean og miljø spiller sammen, at virksomheden arbejder målrettet med begge, og at medarbejderen er en vigtig brik i det spil.

Strategi

På det strategiske plan er der identificeret seks områder, som både Lean- og miljøafdelingen arbejder med - målsætninger, prioritering, lovkrav, nøgletal, dataindsamling og kortlægning. Hvis arbejdet med Lean & Green skal blive en succes, er det nødvendigt at klarlægge, hvordan det overordnede arbejde med Lean og miljø foregår.

En helt grundlæggende forudsætning for integration af Lean og miljø er et solidt samarbejde mellem Lean- og miljøafdelingerne. Som beskrevet i afsnit 5.1.1 opstår synergier og antagonier i forbindelse med kortlægning og implementering af forbedringerne. Derfor kan en del af det indledende arbejde være at strukturere og koordinere disse processer, så synergier udnyttes og antagonier modvirkes.

Der skal skabes en fælles forståelse for brugen af Lean & Green-værktøjet, således at kompetencerne inden for begge afdelinger udnyttes fuldt ud. For at skabe størst synergi mellem Lean og miljø skal det være klart for alle, at de gevinster, der opnås ved brug af værktøjet, er resultatet af en fælles indsats, og derfor kan begge afdelinger drage nytte af disse. Det anbefales på den baggrund at kvantificere og synliggøre såvel de produktionsmæssige som de miljømæssige gevinster i den konkrete anvendelse af værktøjet.

Til at starte med klarlægges, hvilke *målsætninger* Lean- og miljøafdelingen har sat op, og hvordan målene påvirker hinanden indbyrdes. At øge produktiviteten er et typisk mål for Lean-arbejdet, og det kan bidrage til en reduktion af miljøeffekter, som det eksempelvis ses i casen om automatisk skæring fra Novo Nordisk (se afsnit 6.2.1). Miljøafdelingens mål er at reducere miljøeffekter, og derfor vil de være interesserede i at støtte arbejdet med at øge produktiviteten. Derved kan et Lean-mål for øget produktivitet blive et middel til at opnå miljøforbedringer. Omvendt vil miljømål omhandlende eksempelvis vand og energi, som det ses i casen hos Novo Nordisk (se afsnit 6.8), kunne bidrage til en øget produktivitet. Ydermere kan fx affaldsminimering bidrage til en reduktion af produktionsomkostninger.

Fordelene ved at klarlægge disse sammenhænge er først og fremmest, at afdelingerne bliver opmærksomme på, at de kan hjælpe hinanden til at opnå deres mål. Derved opstår en mulighed for, at begge kan drage nytte af de resultater, der opnås, og der skabes en grobund for fælles projekter. I sidste ende sparer virksomheden ressourcer, fordi afdelingerne ved at samarbejde optimerer deres indsats for at opnå målene, og desuden skabes værdifulde relationer på tværs af organisationen. Dette bekræftes i litteraturstudiet (afsnit 5.2), idet flere forfattere pointerer, at tværfagligt samarbejde om optimering inden for kvalitet og miljø kan give en større samlet gevinst, og der opstår altså en synergieffekt.

Heri ligger også en udfordring, idet de *prioriteringer*, der skal foretages, bør tage hensyn til udbyttet for begge afdelinger. Således kan projekter vurderes ud fra gevinsten dels på miljøside, dels på Lean-side, hvor man tidligere kun har fokuseret på det ene. Det vil unægtelig føre til, at afdelingerne må gå på kompromis, fordi den – for dem – mest optimale løsning ikke nødvendigvis giver den største gevinst samlet set. Det gælder altså for ledelsen om så vidt muligt at skabe en kultur, hvor medarbejderne arbejder sammen om at opnå mål, der ikke er begrænsede til deres egen afdeling. Det kan blandt andet foregå ved at synliggøre den samlede gevinst – og sørge for at begge afdelinger får anerkendelse for det.

Lean forbindes ofte med øget produktivitet, men handler i bund og grund om at sænke omkostningerne forbundet med produktion af produkt, så virksomheden opnår større profit og er konkurrencedygtig. Der gælder en række lovkrav på miljøområdet, og disse danner udgangspunktet for miljøarbejdet, men miljø er også tæt knyttet til økonomi. Der er omkostninger forbundet med brug af energi, vand og

råmaterialer, og virksomhederne har væsentlige udgifter til rensning af spildevand og bortskaffelse af affald. Derfor vil økonomiske betragtninger danne grundlaget for en fælles prioritering af projekter.

For virksomheder inden for medicin- og fødevarerindustrien gælder desuden skrappe kvalitetskrav, som der skal tages hensyn til både ved implementering af Lean-projekter og miljøprojekter. Lægemidler skal følge en række GMP²¹-krav, hvilket betyder, at der er specifikke krav om bl.a. kvalitetssikring og forskrifter for fremstillingsprocesser (Lif, 2006). Således kan der ifølge Lif (2006) være begrænsninger eller forsinkelser på projekter, når de har indflydelse på kvalitet og processer.

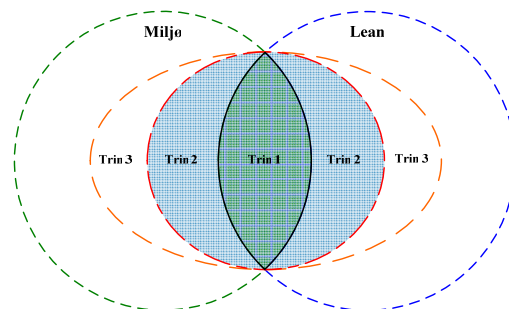
Det er ikke muligt at lave målsætninger, prioritering og opfylde lovkrav uden at have et datagrundlag. Erfaringerne fra case-virksomhederne (se kapitel 6) indikerer, at gode *nøgletal* er en nødvendighed for at kunne målrette og kvantificere gevinsten af Lean-projekter. Da de produktionsrelaterede nøgletal ligeledes indgår, når der regnes på miljøforhold (effekter pr. produceret enhed), er nøgletallene et centralt element inden for både Lean- og miljørelaterede optimeringer. Nøgletallene var i mange tilfælde så mangelfulde eller overordnede, at de i praksis hverken kunne bruges til at styre specifikke produktioner efter, til at kortlægge strømme ud fra eller vurdere præcis, hvor i produktionen der opstår problemer. I andre tilfælde var det ganske enkelt ikke muligt at indsamle data, fordi det er spredt ud over alle afdelingerne.

Som udgangspunkt bør Lean- og miljøafdelingen derfor etablere et samarbejde om at få klarlagt, hvilke nøgletal der er nødvendige, og hvorledes disse kan indsamles. Da de data, der ligger til grund for nøgletallene, ofte skal indsamles de samme steder i produktionen, vil det være en åbenlys fordel at indsamle dem samtidigt. For både Lean og miljø handler *dataindsamlingen og kortlægningen* om at indsamle viden om de enkelte maskiner og processer for at skabe et overblik over flowet i virksomheden. Som erfaringerne fra case-virksomhederne viser (se afsnit 6.10), kan produktionsmedarbejdere, der guides af en miljømedarbejder, ofte bidrage til at klarlægge og vurdere miljøaspekterne i de forskellige procestrin.

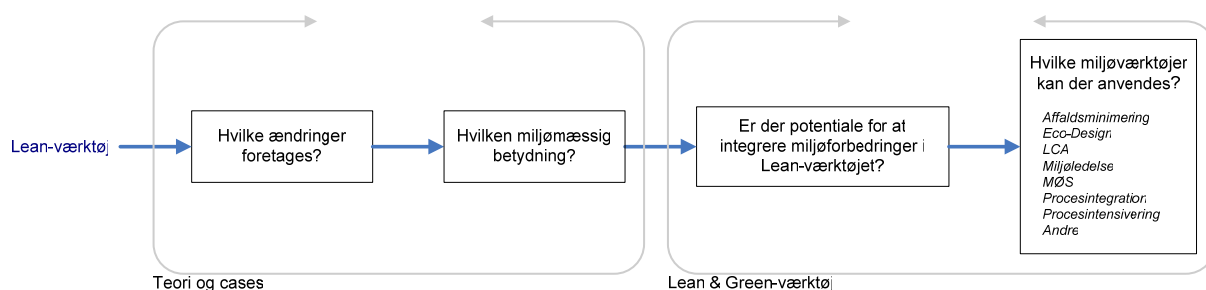
²¹ GMP = Good Manufacturing Practice

8.2.2 Trin 2 – Lean & Green på produktions- og procesniveau

Efter at have etableret et samarbejde mellem miljø- og Lean-afdelingerne er der mulighed for at gå mere i dybden med Lean & Green-arbejdet. Potentialet til at integrere miljøforbedringer i Lean-værktøjerne og knytte specifikke miljøværktøjer til dem er vurderet med udgangspunkt i analysemodellen i Figur 8.5



og det kendskab til Lean-værktøjerne og deres anvendelse i case-virksomhederne, der er opnået i projektforsløbet.



Figur 8.5. Model for anvendt metode til analyse af Lean-værktøjs samspil med miljø. Lean & Green-værktøjets trin 2 og 3 beskæftiger sig med potentialt for at integrere miljø i Lean-værktøjet, og hvilke miljøværktøjer der i givet fald kunne være interessante at inddrage.

Integration af miljøforbedringer i Lean-værktøjet sker ved at inddrage miljødata, miljøtankegange og miljømedarbejdernes viden om miljøforhold, og mulighederne for at inddrage miljøværktøjer sker på baggrund af inddelingen af Lean- og miljøværktøjer på de tre indsatsniveauer produkt, produktion og proces, se Figur 5.1.

Det mest oplagte mål for integration af Lean og miljø er på produktions- og procesniveau, da det grundlæggende er de samme processer, der kigges på, og interessen for flowet i produktionen er fælles. Integration på produktniveau inkluderer værktøjerne SCM, Eco-Design og LCA og er beskrevet i Trin 3.

Generelt set har case-virksomhederne haft stor succes med at samle medarbejdere til workshops/events, og det har givet gode resultater, når Novo Nordisk og Lundbeck har anvendt disse metoder til at opnå miljøforbedringer. Det anbefales, at virksomhederne, der anvender Lean & Green som udgangspunkt overvejer

mulighederne for at anvende Lean-værktøjerne som udgangspunkt for miljøforbedringer. Dette projekt fokuserer dog på at integrere miljø i de allerede eksisterende arbejdsmetoder inden for Lean. En simpel måde at opnå dette på er ved, at virksomheden anvender miljøspild som en af de grundlæggende spildtyper. Derved bliver miljø sat på dagsordenen, og der vil blive identificeret miljørelateret spild i Lean-regi.

Det er muligt at integrere miljøforbedringer i flere af Lean-værktøjerne, mens det i andre ikke er umiddelbart oplagt. Tabel 8.2 viser de beskrevne Lean-værktøjer og miljøværktøjer på produktions- og procesniveau. Matricen kan deles op i to, hvor de ledelsesorienterede værktøjer Kaizen, JIT, TQM, Miljøledelse og MØS udgør den ene del, mens de konstruktive værktøjer 5S, Kanban, VSM, SMED, TPM, Affaldsminimering, Procesintegration og Procesintensivering udgør den anden del. Der er som udgangspunkt mulighed for at integrere værktøjer, der er på samme indsatsniveau og har samme formål (ledelse eller konstruktive løsninger). Disse muligheder er repræsenteret med et kryds i tabellen.

Kombinationsmulighederne med størst potentiale – altså, hvor man opnår størst synergieffekt – er de store krydser i tabellen. De andre muligheder vil kræve en større tilpasning, men kan for nogle virksomheder og i nogle projekter være relevante. Analysemodellen giver mulighed for, at virksomhederne selv identificerer potentielle kombinationer af Lean- og miljøværktøjer, der ikke er medtaget i dette projekt.

Tabel 8.2. Oversigt over sammenhængen mellem Lean- og miljøværktøjer. Et kryds betyder, at der her er potentiale for at benytte miljøværktøjet i integrationen af miljøforbedringer i Lean-værktøjet, og de store krydser indikerer kombinationsmulighederne med størst potentiale. Kombinationsmulighederne på produktniveau er beskrevet i Trin 3.

Miljø Lean	Miljøledelse	MØS	Affalds- minimering	Proces- integration	Proces- intensivering
Kaizen	X	x			
JIT	x	x			
TQM	X	x			
5S			X	x	
Kanban			x	x	
VSM			X	X	X
SMED			x		x
TPM			x		x

Potentialet for at integrere miljøforbedringer i Kaizen er stort. Miljøtankegangen kan linkes til Kaizen, hvor medarbejderne således opfordres til også at komme med forslag til miljøforbedringer. Det er medarbejderne, der har fingeren på pulsen og har de bedste forudsætninger for at udpege mulige forbedringer i produktionen. Her er desuden mulighed for at knytte arbejdet med Miljøledelse til Lean, fordi der arbejdes med løbende forbedringer og medarbejderinddragelse i begge. Derudover er det oplagt at foretage miljøscreeninger af de fremkomne Kaizen-forslag (uanset om disse også indeholder deciderede forslag til miljøforbedringer). På den måde kan miljøafdelingen sikre, at implementering af projekterne ikke får negative miljøkonsekvenser og derved forebygge eventuelle antagonier.

Det er ikke på samme måde hensigtsmæssigt at integrere miljø i JIT, da der primært er fokus på trækstyring og gennemløbstid. Der er risiko for negative miljømæssige konsekvenser af JIT (se afsnit 6.4), og måden at undgå disse på vil ikke være ved integration af et af miljøværktøjerne, men vil i højere grad være baseret på sund fornuft og beregninger af mulige miljømæssige konsekvenser.

TQM tager udgangspunkt i ISO-standarder for kvalitet, ISO9001. Miljøledelse er bygget op omkring ISO14001, der har samme struktur som 9001, og derfor er det klart en mulighed at integrere disse. Denne kombination betegnes også TQEM – Total Quality Environmental Management og har været brugt i mange år. Der henvises således til anden litteratur om denne kombination, bl.a. Corbett og Klassen (2006).

I 5S kan inddrages miljøhensyn, og her kan miljøværktøjet Affaldsminimering desuden tilknyttes, mens Procesintegration er kompliceret og slet ikke har samme fokus. 5S bliver brugt i størstedelen af de virksomheder, der indfører Lean, og er i høj grad med til at udbrede Lean-tankegangen blandt virksomhedens medarbejdere. Derfor kan indarbejdelse af miljøhensyn i 5S støtte Lean & Green-fundamentet beskrevet i værktøjets Trin 1.

I Trin 1 er endvidere identificeret en gevinst ved at integrere kortlægning af produktions- og miljøforhold. VSM er det grundlæggende Lean-værktøj til kortlægning af produktionsforholdene, og det er således oplagt at integrere miljødata i denne kortlægning. Desuden kan miljøværktøjerne Affaldsminimering, Procesintegration og Procesintensivering knyttes til VSM, idet de to førstnævnte er miljøoptimering med udgangspunkt i kortlægninger, og den sidste er miljøoptimering

på procesniveau.

Kanban, SMED og TPM giver i sig selv miljøforbedringer, men det er ikke relevant at knytte yderligere miljøhensyn til disse. Det vil kun give mindre gevinster og derfor primært være mere til besvær end til gavn.

I de efterfølgende afsnit er forslagene til integration af miljøforbedringer i Kaizen, 5S og VSM beskrevet nærmere.

Kaizen-forslag til miljøoptimering

Hovedidéen i Kaizen er at skabe en kultur blandt medarbejderne, hvor de altid tænker over, om der er noget, der kan forbedres – og derefter stiller forslag til forbedring. Med lidt viden om miljøforholdene i virksomheden er det også muligt at få medarbejderne til at tænke miljøforbedringer ind i Kaizen.

Som udgangspunkt skal medarbejderne vide, hvilken type miljøeffekter der er vigtigst i virksomheden, og hvor disse stammer fra – fx elforbrug, vandforbrug eller affald. Dette arbejde er grundlaget i Miljøledelse, og derfor kobles dette system på Kaizen. Således kan medarbejderne i deres arbejde med Kaizen være opmærksomme på, hvordan de sorterer affaldet, om de lader en maskine køre i tomgang osv., og med fokus på miljøet i produktionen vil der skabes en basis for at inddrage forslag til miljøforbedringer.

Det kan være vanskeligt for miljøafdelingen selv at identificere besparelspotentialer, og inddragelse af miljøaspektet i Kaizen vil derfor åbne op for en bedre udnyttelse af de ansattes viden om de enkelte arbejdsgange og processer. Det vurderes altså, at der vil kunne opnås flere miljøforbedringer ved denne metode. Medarbejderne vil givetvis også føle, at det giver god mening at være med til at forbedre virksomhedens miljøprofil.

Miljøscreening af Kaizen-forslag

Der er i case-virksomhederne konstateret flere forslag i forbindelse med Kaizen, der har relation til miljøforholdene. De indkomne Kaizen-forslag kan gennemgå en screeningsproces, således at man kan identificere, hvorvidt forslaget vil være en fordel eller ulempe miljømæssigt set. Hvis forslaget viser sig at have en væsentlig negativ miljøeffekt, må man i samarbejde med de ansatte søge at finde en model, der løser problemet samtidigt med, at det ikke belaster miljøet. Omvendt kan der måske

laves yderligere miljøforbedringer inden for de forslag, der bidrager til reduktion af miljøeffekterne.

En miljøscreening af Kaizen-forslag kræver, at der er tilknyttet en miljømedarbejder til Kaizen-processen. Vedkommende skal deltage i Kaizen-møderne og her spørge ind til de konsekvenser, som en forbedring vil få. Det er også nødvendigt her at undersøge, hvorvidt man eventuelt på et senere tidspunkt i produktionen vil opleve ændrede arbejdsgange (livscyklusperspektiv). I Lundbecks produktion i Seal Sands har de allerede forsøgt sig med miljøscreening og iflg. Colvin (2006) med gode resultater.

I starten vil miljømedarbejderen skulle bruge ressourcer på at sætte sig ind i detaljerne i produktionen, men efterhånden som de forskellige produktionsgange bliver belyst gennem Kaizen, vil kendskabet til produktionen bliver væsentlig bedre, og derved bliver opgaven mindre tidskrævende. Selve screeningen kan foregå på Kaizen-møderne, men det vil i enkelte tilfælde være nødvendigt at undersøge forslagene yderligere. I mange tilfælde vil man på stedet kunne konstatere ud fra en baggrundsviden om produktionen og miljøforholdene i virksomheden, hvorvidt forslagene vil have positiv, negativ eller ingen betydning for miljøet.

Miljøhensyn i 5S

5S er ligesom Kaizen et af de værktøjer, som inddrager medarbejderne i Lean-processen. Der arbejdes således med kulturændringer, hvor medarbejderne har et medansvar for at holde orden og opretholde standarder. Det er ligeledes en væsentlig del af 5S at minimere spild.

Ligesom Lundbeck har integreret sikkerhed i arbejdet med 5S (så det er blevet til 6S), kan virksomheden øge fokus på miljøarbejdet ved at indarbejde miljøhensyn i 5S-processen. Det betyder, at medarbejderne skal gøres opmærksomme på, at de i deres dagligdag også bør overveje, hvorledes de bærer sig ad ud fra et miljøsynspunkt – og om det er muligt at forbedre uhensigtsmæssige arbejdsgange. At indføre miljøhensyn i 5S vil være med til at støtte forankringen af Lean & Green i virksomheden og kan give den enkelte medarbejder følelsen af medejerskab.

Affaldsminimering kan som værktøj støtte integrationen af 5S i Kaizen, idet der herved dannes et overblik over, hvor de største problemer med affald opstår, og hvordan disse reduceres. Det handler i høj grad om at indføre en mere

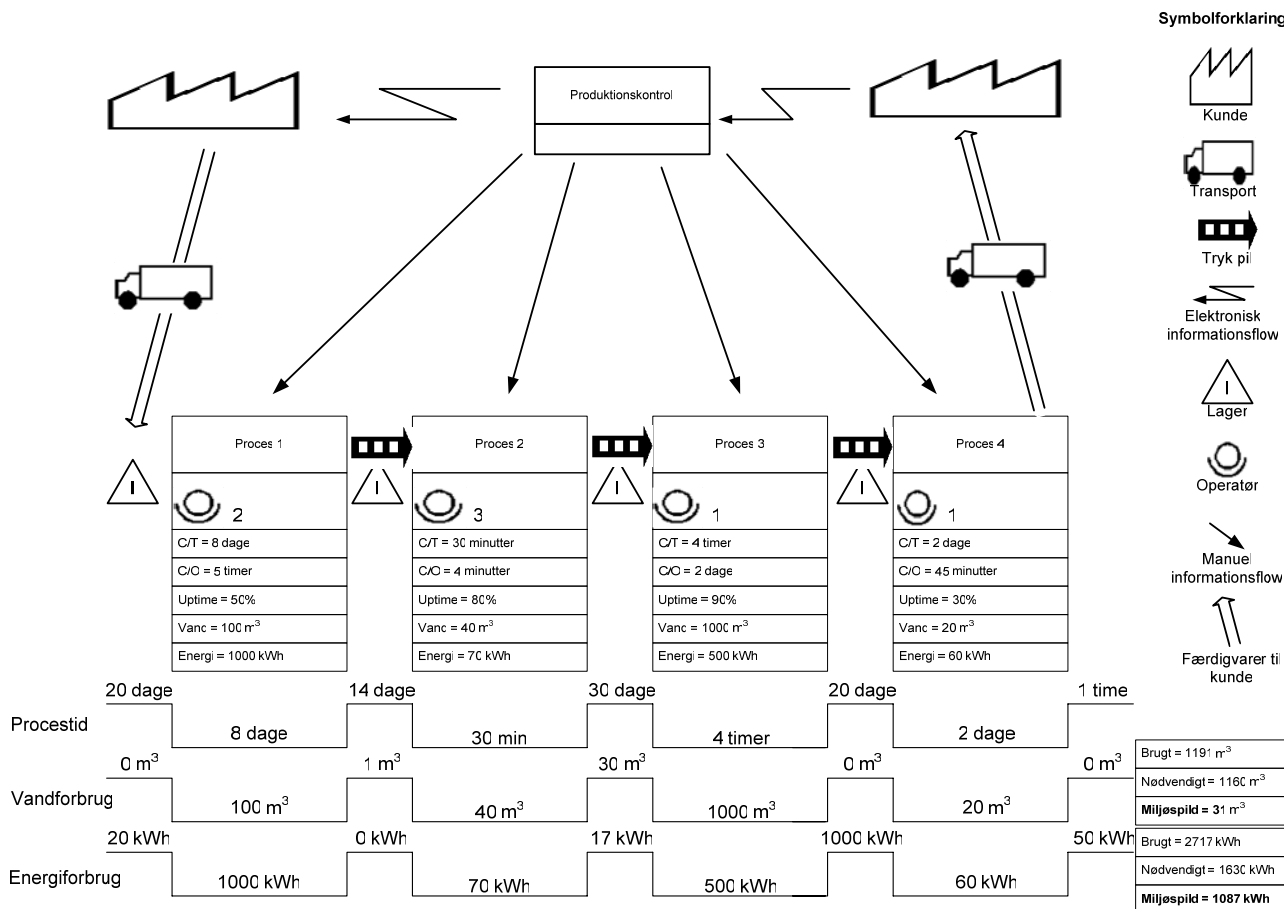
hensigtsmæssig håndtering af affaldet – dels for at undgå, at det opstår, dels for at sikre størst mulig genanvendelsesgrad. Derved reduceres forbruget af råvarer, og der bliver mindre affald, der skal håndteres. På den måde kan Affaldsminimering medvirke til at opnå en mere effektiv arbejdsplads.

Miljødata i Value Stream Mapping

Den grundlæggende idé i Value Stream Mapping (VSM) er at følge produktionen trin for trin og notere, hvorledes varen flyder igennem systemet. Der noteres informationer om gennemløbstider mv., og det er muligt at inkludere visse miljøparametre i denne kortlægning. VSM skal skabe overblik over hele produktionen, men også identificere lagre mv., og netop et overblik over hele procesforløbet vil gavne miljøarbejdet.

Afhængigt af målet med VSM'en (fx nedbringelse af lagre, optimering af gennemløbstid eller reduktion af omkostninger) kan virksomheden vælge enten at inkludere miljøparametre i den første kortlægning eller inddrage dem senere, når der er skabt et produktionsmæssigt overblik og optimeret ud fra dette. Under præsentationerne i case-virksomhederne var der interne uenigheder blandt både Lean-medarbejderne og miljømedarbejderne om, hvorvidt miljøparametrene skulle indgå i første eller anden kortlægning. Det anbefales, at miljøparametrene integreres i første kortlægning, for at forankre miljøtankegangen hos de ansatte.

Resultatet er et kort, der illustrerer produktionsprocesser og deres betydning for miljøet. Miljø skal i denne sammenhæng forstås som brugen af råmaterialer, vand- og energiforbrug samt affaldsmængder og kemikalier mm. I Figur 8.6 er en VSM med data for vand og energi illustreret.



Figur 8.6. Skitse af en VSM med miljøparametre. Ud over de vanlige optegninger inkl. procestiden noteres informationer om miljøparametre som eksempelvis vand- eller energiforbruget. Efterfølgende opgøres det samlede forbrug (Brugt) og det nødvendige forbrug (Nødvendigt), hvorved miljøspildet kan opgøres (Miljøspild). Miljøkortlægningen bør foregå sideløbende med den øvrige kortlægning. For yderligere oplysninger henvises til teori om VSM i afsnit 4.1.3. Inspireret af Rother og Shook (1999).

Med kortlægningen synliggøres, hvilke processer der bidrager med miljøbelastninger, og i hvilket omfang de bidrager. Der skal således indtegnes "peaks", der indikerer miljøbelastningen for hver proces. Herved gives et overblik over, hvilke processer der har størst miljømæssig betydning, og hvor man bør skærpe opmærksomheden set ud fra et miljømæssigt og økonomisk perspektiv. Kortlægningen skal desuden give et overblik over det samlede forbrug og det nødvendige forbrug af eksempelvis vand. Herved identificeres omfanget af det spild, der foregår i produktionen.

Ved at indsamle data til nøgletal kan miljøafdelingen identificere præcis, hvilke processer og maskiner der har størst miljømæssig betydning, hvis dette ikke allerede

er kendt. Den fremtidige situation optegnes, og her kan det miljømæssige aspekt være dels at identificere problemer, som miljøafdelingen skal løse (fx muligheden for at genbruge vand), dels at vurdere, om nogle af forbedringerne kan have negative miljømæssige konsekvenser.

I VSM-workshoppen (se Bilag 2 og afsnit 6.8) om vand og energi hos Novo Nordisk var der ikke lavet en grundig kortlægning af forholdene, da der ikke fandtes nøgletal på de pågældende processer. Dette betød i praksis, at det var vanskeligt at udpege alle de processer, der kunne optimeres. Produktionsfolkene havde dog en enorm indsigt i processerne. Den manglende viden og de manglende nøgletal gjorde det vanskeligt for miljømedarbejdere og andre at "udfordre" postulaterne, og derved overså man formentligt nogle af de optimeringer, der kunne foretages på processer og udstyr.

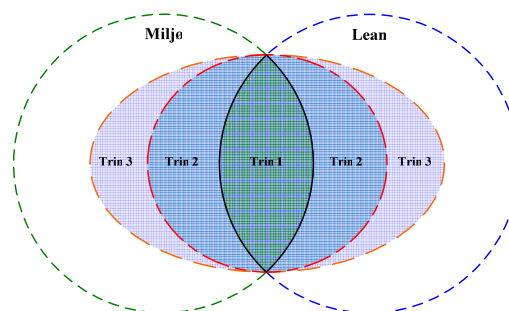
Integration af miljøværktøjer i VSM kan føre til endnu større besparelser end dem, der allerede er identificeret i Lean-regi. Det er værktøjerne Affaldsminimering, Procesintegration og Procesintensivering, der umiddelbart kan have relevans. Som opfølgning på en kortlægning eller eksempelvis forbedringsforslagene i den nævnte VSM om vand og energi kan Procesintegration hjælpe til at opnå yderligere besparelser. Det skyldes, at Procesintegration fokuserer på at genbruge vand- og varmestrømme mellem de forskellige processer i produktionen og ikke blot at reducere inputtet. De praktiske erfaringer indikerede, at deltagerne i afgrænsede projekter ikke forholder sig til muligheden for genbrug vand og varme/kolde strømme andre steder i produktionen.

Ved en grundig analyse af de specifikke miljøforhold i en produktion (fx ved Affaldsminimering) har miljøafdelingen mulighed for at fremhæve problematiske processer, og da der, som beskrevet i afsnit 5.3.1, er en klar sammenhæng mellem de miljømæssige belastninger og ændringer i produktivitet og kapacitet, vil dette kunne danne grundlag for et Lean-projekt, som ellers ikke ville være "opdaget" eller prioriteret.

Procesintegration bruges traditionelt set som et værktøj til produktionsoptimering på procesniveau, og kan således allerede være en del af løsningen ved en VSM. Anvendelse af dette som et miljøværktøj ville dog ændre fokus, således at også miljømæssige forbedringer integreres i løsningen.

8.2.3 Trin 3 – Produktorienteret Lean & Green

Når virksomheden har arbejdet med Lean & Green i en længere periode og skabt et godt samarbejde samt opbygget en rutine i at koble miljø på Lean-arbejdet, vil det være oplagt at se nærmere på en mere avanceret integration af Lean og miljø, som her kaldes produktorienteret Lean & Green. Det kræver en større indsats og et meget grundigt kendskab til virksomhedens produkter, produktudvikling og forsyningskæde – set fra såvel et Lean-synspunkt som fra et miljømæssigt synspunkt.



Lean- og miljøarbejdets fælles interesse i forsyningskæden og dens trin kommer til udtryk i form af krav til leverandører og viden om kundens anvendelse af produktet. I Lean er kvaliteten og leveringsevnen af stor betydning, når der vælges leverandør, og virksomheden kan ønske, at leverandørerne lever op til bestemte kvalitetskrav mv.

Der er to centrale værktøjer i produktorienteret Lean & Green. Det drejer sig Supply Chain Management og Livscyklusvurdering. Her ses på alle led i forsyningskæden/livscyklussen, og der fokuseres altså også på aktiviteter uden for virksomheden. Selvom værktøjerne i sig selv er forskellige og kræver stor indsigt, er rammerne og tankegangen de samme. Flere eksperter har beskæftiget sig med integration af miljø (LCA) og SCM, og der henvises til US EPA (2000) og Hagelaar og van der Vorst (2001) for yderligere inspiration.

På produktniveau spiller produktudvikling også en rolle. Lean i produktudvikling er ikke beskrevet i denne rapport, men kan betragtes som en metode på linje med Lean i produktionen (Lean Manufacturing) og Lean i service og administration. Ifølge Ingeniøren (2006) satser både Novo Nordisk og Lundbeck nu på at indføre Lean i R&D-afdelingerne. Formålet er at reducere tiden fra idé til produkt ved at skabe bedre rammer for udviklingsarbejdet, og derfor er projektflowet og arbejdsgange i fokus.

Integration af miljø i produktudvikling er som udgangspunkt knyttet til anvendelsen af værktøjet Eco-Design, der leder til reduktion af miljøeffekter i hele produktets levetid. Ligesom der fokuseres på at designe produkterne, så de er lettere at fremstille (Design for Manufacturing), kan Eco-Design hjælpe til at nedbringe miljøeffekter fra

produktionen. Der vurderes dog ikke at være store gevinster forbundet med at indføre Eco-Design som en del af Lean i produktudvikling, medmindre virksomheden i forvejen har planer om at indføre Eco-Design eller miljøhensyn i bredere forstand. I sidstnævnte tilfælde kunne optimering af arbejdsgange vha. Lean skabe tid til at inddrage analyser af miljøaspekterne i produktudviklingen.

Det vil dog være relevant for miljøafdelingen generelt at følge Lean-processen i R&D med udgangspunkt i de problemer, som allerede er identificeret på miljøområdet. Eksempelvis har Lundbecks miljøafdeling i forbindelse med deres optimering af energiforbruget i Valby identificeret et stort energiforbrug knyttet til brugen af stinkskebe i laboratorierne (Asgaard, 2006 og Lundbeck, 2006c). En måde at løse dette problem er at planlægge brugen af stinkskebe således, at de kun behøver at stå tændt i bestemte perioder af dagen. Denne forbedring kunne opnås i forbindelse med Lean, hvor man alligevel er i gang med at revurdere arbejdsgangene.

8.3 Virksomhedens udbytte af Lean & Green-værktøjet

Som det fremgår af den teoretiske analyse og de beskrevne cases, bidrager Lean i høj grad til miljøforbedringer. Lean & Green-værktøjet giver virksomheden mulighed for at integrere arbejdet med Lean og miljøoptimering, og derved opnås endnu større miljøforbedringer. Derudover kan miljøarbejdet også bidrage positivt til arbejdet med Lean til gavn for hele virksomheden. Dette afsnit beskriver rationaliseringsgevinsterne ved at integrere Lean og miljø.

Der vil være en gevinst for virksomheden som helhed i at anvende Lean & Green-værktøjet, idet arbejdsopgaverne i Lean- og miljøafdelingen integreres, og derved rationaliseres. Dataindsamling, kortlægning og implementering vil blive udført mere hensigtsmæssigt og på samme tid i stedet for som to individuelle processer.

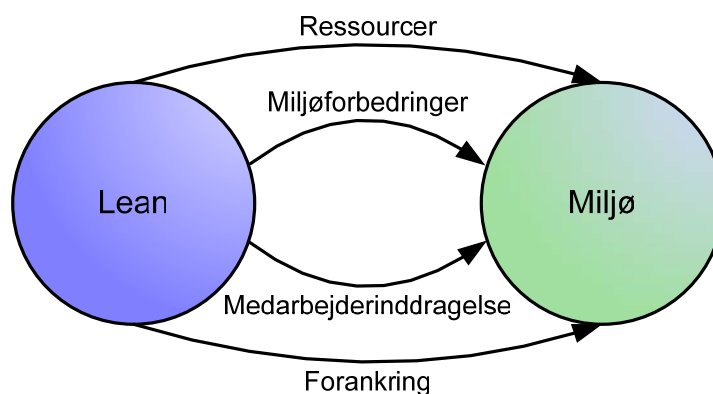
8.3.1 Hvad kan Lean tilføre miljøarbejdet?

Virksomhederne afsætter mange ressourcer til indførelsen af Lean, og ofte sker implementeringen af Lean som en proces, der involverer alle ansatte i virksomheden og fylder meget i både intern og ekstern kommunikation. Derfor er det interessant for miljøafdelingen at få koblet miljø til Lean-processen og derigennem få del i de ressourcer og den interesse, der er forbundet med Lean. Desuden vil et samarbejde gøre det nemmere at kvantificere Lean- og miljøforbedringer, idet data er lettere tilgængelige.

Virksomheden kan opnå endnu større miljøgevinster, fordi flere forbedringsmuligheder identificeres (fx ved at introducere miljøspild som spildtype). I Lean anvendes produktionsmedarbejdernes indgående kendskab til processerne til at opnå produktionsforbedringer. Når perspektivet udvides til også at omfatte miljørelaterede forbedringer, får miljøafdelingen etableret en del af den medarbejderinddragelse, der er lige så nødvendig i miljøarbejdet som i Lean-arbejdet, og som virksomhederne iflg. Buhl (2006) og Colvin (2006) har svært ved at opnå på miljøområdet.

Koblingen mellem Lean og miljø har hos Novo Nordisk og Lundbeck vist sig at være en fremragende måde at opnå miljøforbedringer i Lean-regi (se afsnit 6.8 og 6.9). Lean kan bruges som løftestang for miljøarbejdet og bringe miljøaspekterne højere op i organisationen, da Lean er forankret væsentlig højere oppe end eksempelvis Miljøledelse (Buhl, 2006).

I Figur 8.7 er de væsentligste bidrag fra Lean til miljøarbejdet illustreret.



Figur 8.7. Ved anvendelse af Lean & Green-værktøjet kan miljøafdelingen få del i de ressourcer, der er knyttet til Lean, opnå flere miljøforbedringer og øget medarbejderinddragelse samt forankre miljøarbejdet højere oppe i organisationen.

8.3.2 Hvad kan miljø tilføre Lean-arbejdet?

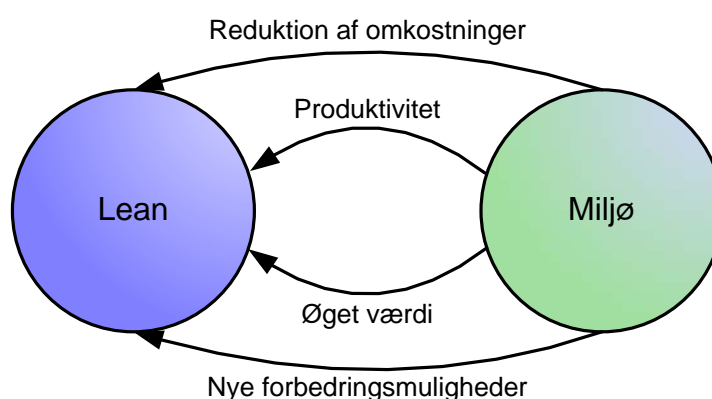
Ved anvendelse af Lean & Green-værktøjet skabes et tværfagligt samarbejde, hvor miljømedarbejderne inddrages i Lean-arbejdet og derved hjælper med at identificere besparingspotentialer. Når Lean udvider perspektivet til også at dække miljøforhold, afdækkes forbedringsmuligheder, som ellers ikke ville være blevet fundet. Det gælder eksempelvis besparelser inden for vand- og energiforbrug, der kan kobles direkte til reduktion af ressourceforbrug og færre omkostninger. Desuden har Novo Nordisk vist, at flere tiltag, der har til hensigt at reducere vand- og energiforbrug, også giver

forbedringer i forhold til produktiviteten (se afsnit 6.8).

Hvis kunden mener, at miljøforholdene har betydning, vil reduktion af miljøeffekter tilføre værdi til produktet, og miljøarbejdet bliver således en værdiskabende proces. Anvendelse af miljøspild som spildtype vil desuden føre til eliminering af ikke-værdiskabende processer, og bidrager dermed yderligere til at skabe værdi.

Lean-medarbejderne er også tvunget til at tænke et skridt længere end produktionsprocessen, når miljøarbejdet integreres, fordi omkringliggende faktorer bliver relevante. Dermed kan identificeres nye forbedringsmuligheder, som tidligere ville have ligget uden for indsatsområdet. Det drejer sig eksempelvis om affaldshåndtering, som kræver tid og er forbundet med udgifter, men som ikke har direkte indflydelse på produktionen. Hvis affaldshåndteringen optimeres, kunne der herved blive frigivet ressourcer til andet arbejde, og således er en miljøoptimering her direkte forbundet med produktionsoptimering.

I Figur 8.8 er de væsentligste bidrag fra miljøarbejdet til Lean illustreret.



Figur 8.8. Ved anvendelse af Lean & Green-værktøjet vil Lean-afdelingen opnå reduktion af omkostninger, øget produktivitet, øget værdi og nye forbedringsmuligheder.

8.4 Validering

Værktøjet er præsenteret for de tre case-virksomheder Novo Nordisk, Chr. Hansen og Lundbeck samt for Novozymes, som også har vist stor interesse for projektet. Formålet med præsentationen er at forbedre og validere værktøjet. Både Lean- og miljøafdelingerne var repræsenteret til præsentationerne, og deres generelle indtryk af projektet og værktøjet var positivt (Novo Nordisk, 2006d; Chr. Hansen, 2006b;

Lundbeck, 2006c og Novozymes, 2006).

Den positive feedback kan opsummeres i følgende punkter:

- Lean & Green vil give en god gevinst – man er ikke opmærksom på sammenhængen i dag, og det kræver en kulturændring.
- Miljødata i VSM og miljøscreening af Kaizen-forslag er nogle rigtig gode idéer.
- Inddragelse af miljømedarbejdere i VSM, Kaizen mv. vil være givende.
- Specifik spildtype – miljøspild – er en god idé og nem at implementere.
- Miljøafdelingen kan begynde at fokusere mere på optimering i stedet for databehandling/nøgletal, altså benytte sig af Leans mere handlingsprægede tilgang.
- Figur 5.1 giver et rigtig godt overblik.
- Ved at skabe synergi mellem Lean og miljø opnås et ejerskab blandt medarbejderne, og det er med til at give endnu bedre resultater.
- Godt at miljø bliver lagt ind under Lean – det er dem, der har ressourcerne og fokus (også fra ledelsen).
- Der er godt potentiale i at få koblet miljø på den kulturændring, som foregår i Lean.
- Det virker logisk at starte med medarbejderne og derefter arbejde sig ud i produktionen og senere til hele forsyningskæden.

Den negative feedback kan opsummeres i følgende punkter:

- Lean dækker alt – og derfor skulle miljøafdelingen allerede kende Lean og være i stand til at bruge metoderne til at optimere på miljøområdet.
- Der kan mangle ressourcer til at bruge Lean & Green – både Lean- og miljøafdelinger har rigeligt at se til.

Generel feedback:

- De første forsøg på at integrere Lean og miljø har været meget succesfulde.
- VSM: delte meninger om, hvorvidt miljødata skal med i første eller anden omgang.
- De økonomiske aspekter af miljø er vigtige, når det skal integreres i Lean, som er økonomisk optimering. Det gælder især i Danmark, hvor afgifter på vand mv. er relativt høje.
- Workshops/events er glimrende midler til at opnå forbedringer. Det giver rigtig gode resultater, når man samler folk fra forskellige afdelinger.
- Brug af miljøværktøjer kræver ofte konsulenthjælp (fx til Procesintegration)

- Det sværeste ved Lean er kulturændringen.

8.4.1 Rapport om Lean og miljø fra US EPA

Samtidigt med udførelsen af dette projekt har US EPA offentliggjort en rapport, der overlapper denne – ”The Lean and Environment Toolkit” (US EPA, 2006). Rapporten bygger på praktiske erfaringer med koordinering af Lean- og miljøarbejdet i en række amerikanske virksomheder, og det er langt hen ad vejen de samme forslag, som stilles i Lean & Green-værktøjets trin 1 og 2. Der anvendes en anden systematik (inddeling på niveauerne: organisation, værdistrøm, proces og arbejdsområde), men indgangsvinklen er den samme – at integrere miljø i Lean. Miljøværktøjerne inddrages slet ikke, men forslagene er mere detaljerede, og arbejdsmiljø inddrages.

US EPA’s rapport støtter i høj grad de forslag og argumenter, som bruges i denne rapport – på trods af, at dette projekt er udført uden kendskab til US EPA’s arbejde. Rapporten bekræfter således, at ledelsens opbakning og kulturen i virksomheden er afgørende for integration af miljø i Lean. US EPA foreslår endvidere at:

- integrere miljødata i VSM
- lære medarbejderne op til at komme med miljøforbedrende forslag (fx ved at definere ”miljøspild”)
- indføre en tjekliste til Kaizen-forslag for at identificere forslag, der har miljømæssig betydning
- involvere miljømedarbejdere i Kaizen-events
- integrere sikkerhedsaspekter i 5S – hvorved det bliver til 6S

Desuden præsenterer US EPA en række spørgsmål, som virksomhederne kan stille sig selv, hvilket minder om de 10 gode spørgsmål, der præsenteres i denne rapport, og det foreslås, at arbejdet sættes i gang ved et indledende møde mellem medarbejdere, der arbejder med Lean og miljø, som det også er beskrevet i det efterfølgende afsnit.

Da rapporten fra US EPA på ingen måde modsiger det arbejde, der er udført i dette projekt, kan den således opfattes som en validering af de helt centrale aspekter af denne rapport, nemlig værktøjets trin 1 og 2.

8.5 Sådan kommer virksomheden i gang: 10 gode spørgsmål

Som en hjælp til arbejdet med integration af Lean og miljø er her opstillet en række spørgsmål, som bør afklares ved projektets start. De kan eksempelvis være udgangspunktet for en opstartsworkshop, hvor ledelse, miljø- og Lean-medarbejdere mødes for at diskutere, hvorledes virksomheden kan arbejde med Lean & Green.

Spørgsmålene bygger på indsamlede erfaringer og de analyser, der er foretaget i dette projekt. Formålet er at guide virksomhederne i den rigtige retning ved implementering af Lean & Green-værktøjet. Først klarlægges status på Lean- og miljøarbejdet, derefter analyseres potentialet i Lean & Green for virksomheden og til sidst lægges planer for implementeringen af Lean & Green.

Virksomheden skal søge at svare på følgende spørgsmål:

1. Hvor arbejder vi med Lean, og hvilke værktøjer anvendes?
2. Hvor arbejder vi med miljøoptimering, og hvilke værktøjer anvendes?
3. Hvilke mål har miljø- og Lean-afdelingerne?
4. Hvorfor skal vi integrere Lean og miljø? Hvad er potentialet?
5. Hvad er forudsætningerne for at indgå i et Lean & Green-samarbejde?
6. Hvilke dele af Lean & Green-værktøjet kan vi med stor fordel bruge?
7. Hvordan skal arbejdet organiseres?
8. Hvilke personer skal repræsentere afdelingerne i det fælles arbejde?
9. Hvordan skaber og forankrer vi en Lean & Green-kultur?
10. Hvad er potentialet for at inddrage yderligere Lean- og miljøværktøjer?

9 Perspektivering

Projektet beskæftiger sig med to væsentlige aspekter i virksomhedernes dagligdag – Lean og miljø, og er det første, der systematisk sammenholder brugen af Lean- og miljøværktøjer i danske virksomheder. Gennem projektet er skabt en opmærksomhed omkring samspillet mellem Lean og miljø i case-virksomhederne, på Institut for Produktion og Ledelse og uden for disse rammer.

Case-virksomhederne har generelt udvist stor interesse for koblingen mellem Lean og miljø – og interessen kommer især fra miljøafdelingerne, som savner succesoplevelser. Kun Novo Nordisk har i den involverede afdeling arbejdet på at integrere Lean og miljø, og de ønsker at udbrede denne tankegang til resten af organisationen. Virksomhederne har fået øjnene op for nye muligheder for at etablere et tværfagligt samarbejde, og præsentationerne af værktøjet genererede mange nye idéer til, hvorledes dette kunne foregå. Denne rapport vil give dem endnu bedre forudsætninger for at integrere Lean og miljø og dokumentere betydningen heraf.

Lean kan være kompliceret og vanskeligt at få til at fungere optimalt, og derfor vil virksomheder, der lige har kastet sig over Lean, nok være tilbageholdende med at udvide perspektivet til også at indeholde miljøaspekter. I disse tilfælde er det op til miljøafdelingen at holde sig orienteret om, hvad der foregår, og kommunikere med Lean-afdelingen om potentielle miljøbesparelser inden for det område, hvor Lean-tiltag skal gennemføres. Når virksomheden har fået nogle erfaringer med Lean – og set, at der kan være mange synergier at høste ved at integrere miljø i Lean, kan samarbejdet mellem Lean- og miljøafdelingerne udvides.

På DTU er projektet nyskabende, idet der ikke tidligere er blevet arbejdet med begge disse aspekter på trods af, at Lean og miljøoptimering som fagområder hører under samme institut. Rammerne for samarbejde mellem miljø- og Lean-folk på DTU er nu til stede, og således er vejen banet for flere projekter omhandlende Lean og miljø – fx et studie af forholdene i en anden branche.

Det har nemlig vist sig, at der er stor forskel på miljøarbejdet og tilgangen til Lean i case-virksomhederne. Virksomhederne var udvalgt ud fra kriteriet om en nogenlunde ens produktion, hvor fermentering, CIP, kvalitet og strenge lovkrav er væsentlige faktorer. Der er dog meget stor forskel på virksomhedernes markedsvilkår. Novo Nordisk har f.eks. i modsætning til Chr. Hansen et marked, der kan aftage alt, hvad der produceres, hvorfor flaskehalse er den væsentligste udfordring, mens Chr.

Hansen konkurrerer på parametre som leveringsevne og produktionsomkostninger. Derudover er der også stor forskel på, hvor mange typer produkter der produceres på hver produktionslinje.

Forskellen i virksomhederne har betydet, at værktøjet er blevet godt underbygget, da det indeholder erfaringer fra virksomheder med forskellige indgangsvinkler til Lean- og miljøarbejdet. Således afspejler værktøjet flere niveauer, og det er i høj grad blevet generelt gældende. Virksomheder, der skal indføre Lean, vil specielt have glæde af de åbenlyse sammenhænge mellem miljø og Lean, der præsenteres i trin 1, mens virksomheder, der er længere i deres Lean-arbejde også vil have stor gavn af trin 2 og trin 3.

Selvom Lean har gjort sit indtog i mange danske virksomheder og omtales meget positivt i medierne, er der også en del kritikere af metoden. Talemåden "gammel vin på nye flasker" høres ikke sjældent, når man beskæftiger sig med Lean. Mange af de værktøjer, der er en del af Lean, har været kendt og brugt i mange år, og hvad er der så nyt ved Lean? Det nye er den helhedstænkning, som gør, at organisationen bliver gennemsyret af en ny tankegang, der sætter fokus på spild mv. Lean er en ledelsesfilosofi, som gør brug af en masse værktøjer, men som også har fokus på eksempelvis medarbejderinddragelse.

Lean & Green-værktøjet kan måske være med til at overbevise kritikere om, at Lean rummer nogle muligheder, som man ikke før har set. Trin 1 er jo stort set uafhængigt af værktøjerne og koncentrerer sig altså om ledelse og generelle fremgangsmåder, mens trin 2 og trin 3 fokuserer på værktøjerne. Hvis man ikke havde set Lean som en overordnet filosofi, ville man ikke være kommet frem til indholdet i trin 1, men udelukkende have forsøgt at koble værktøjerne enkeltvis. Det ville sandsynligvis have ført til, at Lean & Green-værktøjet aldrig ville blive brugt, fordi det nødvendige grundlag (altså trin 1) ikke var etableret.

Den videre udvikling af værktøjet kan foretages dels af virksomhederne, dels af andre studerende, myndigheder eller organisationer. Det første skridt er at teste værktøjets anvendelighed i praksis, og kunne således være indførelse af Lean & Green i en afdeling eller et produktionsområde i en virksomhed. Erfaringerne indsamles og anbefalingerne i denne rapport revideres og suppleres eventuelt af en beskrivelse af den praktiske anvendelse af værktøjet. Næste skridt er at inddrage yderligere Lean- og miljøværktøjer for at udvide perspektivet og identificere yderligere synergier.

Som angivet i afsnit 2.2 beskæftiger projektet sig ikke med arbejdsmiljø. Dele af arbejdsmiljø-aspektet er dog allerede integreret i Lean, idet medarbejderinddragelsen og Kaizen afføder en række forbedringsforslag, som er direkte relateret til medarbejdernes arbejdsmiljø. Mange af disse forslag har dog lille betydning i forhold til de større ændringer, som fremkommer i forbindelse med Lean-processen som helhed. Derfor bør der i fremtiden fokuseres yderligere på at sikre et godt arbejdsmiljø.

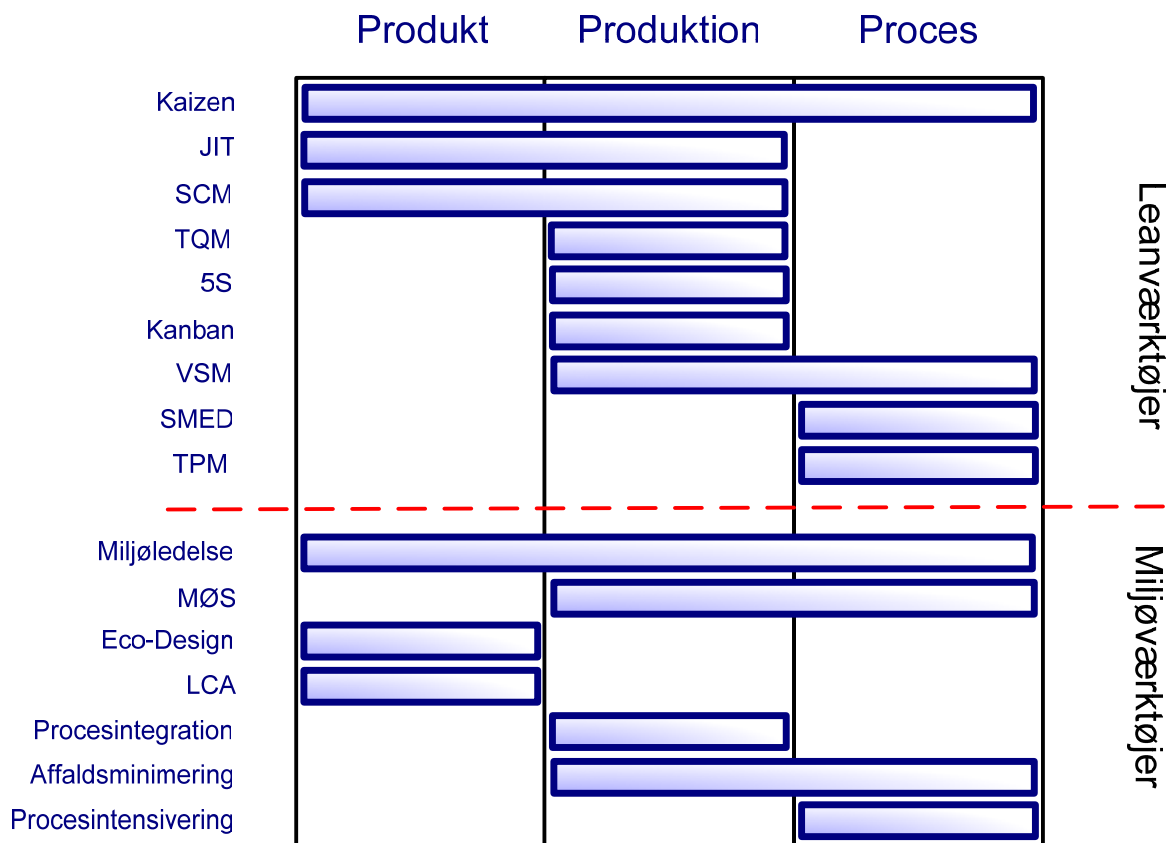
10 Konklusion

Lean og miljøoptimering er hver for sig en væsentlig del af danske virksomheders arbejde, men på trods af åbenlyse synergier har kun ganske få virksomheder fået øjnene op for disse sammenhænge. Med udgangspunkt i teori om Lean og miljøoptimering samt samarbejde med tre virksomheder inden for biotek-industrien er adskillige synergier og enkelte antagonier mellem Lean og miljøoptimering identificeret og dokumenteret. Herefter er udviklet et Lean & Green-værktøj, der kan hjælpe virksomheder med at integrere miljø i Lean-arbejdet og derved opnå højere produktivitet, færre miljøeffekter, reducerede omkostninger og en mere effektiv arbejdsgang, end der kunne opnås, hvis Lean- og miljøarbejdet fortsætter som hidtil.

Der er identificeret en positiv sammenhæng mellem Lean og miljø i litteraturen og den teoretiske analyse i dette projekt. De typiske Lean-forbedringer øget produktivitet, øget kapacitet og minimering af spild bidrager til øget miljøeffektivitet. Lean-værktøjerne Kaizen, Just in Time Production og Value Stream Mapping har væsentlige miljømæssige konsekvenser, mens Supply Chain Management, Total Quality Management, 5S, Kanban, SMED og Total Productive Maintenance har mindre miljømæssige konsekvenser.

Ved case-studier og samtaler i virksomhederne Novo Nordisk A/S, Chr. Hansen A/S og H. Lundbeck A/S er det eftervist, at produktionsændringerne foretaget i Lean-regi generelt har positive miljømæssige konsekvenser, om end disse varierer fra projekt til projekt. Den eneste undtagelse er Just in Time Production, der er årsag til et øget energi- og vandforbrug grundet dårligt tilpassede produktionsmaskiner og øget rengøring. Der kan dog opstå positive miljøkonsekvenser andre steder i forsyningskæden, der opvejer de negative konsekvenser på produktionsniveau.

Lean- og miljøværktøjerne er i Figur 10.1 samstillet på de tre indsatsniveauer i forsyningskæden: produkt, produktion og proces. Herudfra kan mulige kombinationer af værktøjerne identificeres.



Figur 10.1. Fordeling af Lean- og miljøværktøjer på de forskellige niveauer i forsyningskæden – produkt, produktion og proces.

De største rationaliseringsgevinster opnås ved integration af:

- Kaizen og Miljøledelse
- Supply Chain Management og Livscyklusvurdering
- Total Quality Management og Miljøledelse
- 5S og Affaldsminimering
- Value Stream Mapping og Affaldsminimering, Procesintegration samt Procesintensivering.

Det udviklede Lean & Green-værktøj består af en række retningslinjer og forslag til, hvordan virksomheden kan etablere og udvikle et samarbejde om Lean og miljøoptimering. Værktøjet er opdelt i tre trin – Lean & Green Thinking, Lean & Green på produktions- og procesniveau samt produktorienteret Lean & Green.

Trin 1 beskriver de ledelsesmæssige og strategiske overvejelser, der skaber et fundament for Lean & Green-arbejdet. Medarbejderinddragelse er essentielt for både Lean og miljø, og på ledelsesplan skal derfor arbejdes intensivt med at ændre

kulturen blandt medarbejderne. På det strategiske niveau bør etableres samarbejde om målsætninger, prioritering, lovkrav, nøgletal, dataindsamling og kortlægning.

Trin 2 består af en række konkrete forslag til integration af miljø i Lean-værktøjerne på produktions- og procesniveau. De grundlæggende elementer er at indarbejde miljødata i Value Stream Mapping, inddrage miljøhensyn i 5S, miljøscreening af Kaizen-forslag og at bruge Kaizen til at generere forslag til miljøoptimering.

Trin 3 giver idéer til, hvorledes virksomheden kan integrere Lean og miljø på produktniveau, hvor der kan indarbejdes miljøaspekter dels i Supply Chain Management, dels i produktudvikling.

Gennem hele projektperioden har der været et tæt samarbejde med case-virksomhederne, og der er skabt stor opmærksomhed omkring projektet både i Lean- og miljøafdelingerne. Det kan konkluderes, at der er stor interesse i at skabe et tværfagligt samarbejde, og at virksomhederne har fået øjnene op for det store potentiale, der er i at integrere Lean og miljø. Dette kunne eventuelt være i samarbejde med DTU, hvor der også er skabt et samarbejde på tværs af faggrænser.

11 Referencer

Aggerbeck, J.C., Kock, A. og Skals, P. (2005): *Undersøgelse af miljøøkonomien ved eksisterende og alternative bortskaffelsesmetoder for udvalgte affaldsstrømme hos Chr. Hansen A/S*, Institut for Produktion og Ledelse, Danmarks Tekniske Universitet, 2005.

Asgaard, A.T. (2006): Personlig samtale med teamleder i miljø- og arbejdsmiljøafdelingen Anja Trine Asgaard, H. Lundbeck A/S, 27. marts 2006.

Bicheno (2004): *Den nye Lean værktøjskasse – Mod hurtigt og fleksibelt flow*. Oversat af Austad, J, og Blöndal, B. Lean Team Danmark og id-tribe, 2004. ISBN 87-990316-0-4.

Buhl, P. (2006): Personlig samtale med proceskonsulent, civilingeniør og miljøkonsulent Preben Buhl, 23. juni 2006.

Chr. Hansen (2004): *Global Environmental Report 2003/04 – Improving the quality of food and health for people all over the world*, Chr. Hansen A/S, 2004.

Chr. Hansen (2005a): *Miljø- & arbejdsmiljøstatus for regnskabsåret 2004/2005*, Chr. Hansen A/S, Hvidovre, 2006.

Chr. Hansen (2005b): *Global Environmental Report 2005*, Chr. Hansen A/S, Hvidovre, 2006.

Chr. Hansen, (2006a): Alk-abello – hjemmeside, <http://www.alk-abello.com/52F81D7A-15A6-4C4E-B897-4B526F132AEA>, besøgt 11. april 2006.

Chr. Hansen (2006b): Præsentation af teoretisk analyse, cases samt Lean & Green-værktøj for repræsentanter fra Lean- og miljøafdelingerne samt produktionen hos Chr. Hansen A/S, 15. juni 2006.

Chr. Hansen (2006c): Forbedringsforslag for farvefabrikken – Totalliste, Kaizen-forslag frem til 28. februar 2006, Chr. Hansen A/S, 2006.

Christensen, P., Remmen, A. og Nielsen, E.H. (1999): *Erfaringer med miljøledelse i danske virksomheder*, Miljøprojekt nr. 486. Ålborg Universitet. Institut for Samfundsudvikling og Planlægning.

Colvin, G. (2006): Personlig samtale med Health, Safety & Environment Manager Glen Colvin, H. Lundbeck A/S (Seal Sands), 13. juni 2006.

Corbett, C.J. og Klassen, R.D. (2006): *Extending the horizons: Environmental Excellence as Key to Improving Operations*, Manufacturing and Service Operations Management, Winter 2006, Vol. 8 Issue 1, pp. 5-22.

Costello, R. (2002): *Process intensification – think small*, Innovations in Pharmaceutical Technology, Juni 2002.

Dansk Metal (2006): *Effektiv produktion*, Dansk Metal – hjemmeside, <http://www.danskmatal.dk/sw20494.asp>, besøgt 1. marts 2006.

DI (2005): *Produktivitet og lean*, DI's produktivitetsundersøgelse 2005, Dansk Industri, 2005.

DST (2006): Danmarks Statistik – hjemmeside (database), besøgt 30. april 2006, <http://www.statistikbanken.dk/pris6>

Dunn, R.F. og Wenzel, H. (2001): *Process Integration Design Methods – For Water Conservation and Wastewater Reduction in Industry*. Part 1: Design for Single Contaminants, Clean Products and Processes, Volume 3, Number 3, November 2001, Springer.

EU (2006): The European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, http://europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/htmlu/process_integ_intens.html, besøgt d. 16. marts 2006.

Europa Kommissionen (2001): Europa Kommissionen – hjemmeside, *Ny økonomi – Fremme af virksomheders sociale ansvar*, http://europa.eu.int/comm/enterprise/library/enterprise-europe/issue5/articles/da/enterprise08_da.htm, besøgt 6. maj 2006.

Godske, K. (2005): *Vejen mod et Lean produktionssystem*, Bestyrelseshåndbog 4/August 2005, Valcon.

Hagelaar, G.J.L.F. og van der Vorst, J.G.A.J. (2001): Environmental Supply Chain Management: using Life Cycle Assessment to structure supply chains, Paper IAMA 2001 Sydney, Australia.

Hansen, M.H. (2006): Forelæsning i 3-ugers- kurset "Lean og kortlægning af værdistrømme", Institut for Produktion og ledelse, januar 2006.

Hartz, O. (1990): *Total Kvalitetsstyring – et spørgsmål om tværorganisatorisk samarbejde*. 2. udgave, 3. oplag, DIEU, Hørsholm, 1990. ISBN 87-87761-08-4.

Hepler, S., Clifford, P.G. og Rozwadowski, H. (1997): *Can Lean be Green?* Submitted to the Academy of Management Annual Meeting 1997, Organizations and the Natural Environment, 1997.

Hildebrandt, S. (1994): *Integreret teknologi-, miljø-, kvalitetsledelse – Et forsøg på helhedssyn i ledelsen*. Artikel bragt i virksomhedens strategi og ledelse, Børsens Forlag, 1994.

Hildebrandt, S. (red.) og Waldstrøm, C. (2001): *Management Leksikon*, Børsens Forlag A/S, 2001. ISBN 87-7553-879-2.

Ingeniøren (2006): *Novo satser aggressivt på lean i forskning*. Artikel i Ingeniøren af Jan Dahlmann, 5. maj 2006.

Jensen, A.A. (2006a): Personlig samtale med Lean-koordinator Anders Arnum Jensen, Novo Nordisk A/S, 22. marts 2006.

Jensen, S. (2006b): Telefonsamtale med tekniker Søren Jensen, Chr. Hansen A/S, 30. maj 2006.

Kamber, M. (2005): Personlig samtale med produktionskemiker Martin Kamber, Chr. Hansen A/S, Hvidovre, oktober 2005.

- Kamber, M (2006):** Personlig samtale med produktionskemiker Martin Kamber, Chr. Hansen A/S, Hvidovre, d. 24. marts 2006.
- King, A.A. og Lenox, M.J (2001):** *Lean and Green? An Emperical Examination of the Relationship between Lean Production and Environmental Performance.* Production and Operations Management, Vol. 10, No. 3, 2001, pp. 244-256.
- Klassen, R.D. (2000):** *Just-in-Time Manufacturing and Pollution Prevention Generate Mutual Benefits in the Furniture Industry,* Interfaces 30: 3 May-June 2000, pp. 95-106.
- Ledelsesnet.dk (2006):** Portal for ledelse og virksomhedsudvikling
<http://www.ledelsesnet.dk>, 1. marts og 17. maj 2006.
- Lundbeck (2006a):** H. Lundbeck A/S – hjemmeside, <http://www.lundbeck.com>, besøgt 31. marts 2006.
- Lundbeck (2006b):** *Annual Report 2005,* H. Lundbeck A/S.
- Lundbeck (2006c):** Præsentation af teoretisk analyse, cases samt Lean & Green-værktøj for repræsentanter fra Lean- og miljøafdelingerne hos H. Lundbeck A/S, 13. juni 2006.
- Lif (2006):** Lægemiddelindustriforeningen – hjemmeside
<http://www.lifdk.dk/sw10985.asp>, besøgt 22. juni 2006.
- Layborn H. (2006):** Telefonsamtale med Henrik Layborn, Chr. Hansen A/S, 15. juni 2006.
- Løndorf, C. (2006):** Personlig samtale med Carsten Løndorf, Lean-projektleder hos Chr. Hansen A/S, d. 6. marts 2006.
- McAloone, T.C. (2002):** *Design for Environment/Ecodesign* – i Encyclopaedia of Life Support Systems, UNESCO, 2002.

Melchiorsen, A.S. og Mogensen, B. (2004): *Miljøøkonomistyring i danske virksomheder*. Arbejdsrapport fra miljøstyrelsen Nr. 11, 2004. PricewaterhouseCoopers.

Michelsen, A.U. (2006): *Træk fra den historiske udvikling bag Lean*, forelæsning i 3-ugers-kurset "Lean og kortlægning af værdistrømme", Institut for Produktion og Ledelse, januar 2006.

MST (2006): Miljøstyrelsen – hjemmeside, www.miljostyrelsen.dk, besøgt 7. februar 2006.

Nedermark, D. og Reker, L. (2000): *Affaldskortlægningsmodel – et værktøj til forbedring af virksomhedens affaldshåndtering*. KPMG. Miljøstyrelsen, 2000.

Nielsen, K. (2005): *Produktion af naturlige farver: Vand- og spildevandskortlægning*, Institut for Vand og Miljø (DHI), august 2005.
FORTROLIG

Novo Nordisk (2005): *Årsrapport 2004 – Økonomiske, sociale og miljømæssige resultater*, Novo Nordisk, 2005.

Novo Nordisk (2006a): Novo Nordisk A/S – hjemmeside, www.novonordisk.com, besøgt 16. marts 2006.

Novo Nordisk (2006b): *Årsrapport – Økonomiske, sociale og miljømæssige resultater 2005*, Novo Nordisk, 2006.

Novo Nordisk (2006c): *Novo Nordisk IPL – Januar 2006*. Præsentation i 3-ugers-kurset "Lean og kortlægning af værdistrømme", Institut for Produktion og Ledelse, Novo Nordisk, januar 2006.

Novo Nordisk (2006d): Præsentation af teoretisk analyse, cases samt Lean & Green-værktøj for repræsentanter fra Lean- og miljøafdelingerne hos Novo Nordisk, 12. juni 2006.

Novozymes (2006): Møde med Senior Manager Karen Margrethe Oxenbøll og Tommy Skullerud, Novozymes, 29. maj 2006.

Petersen, P.M. (1991): 77311 Energisystemer – Note 11: *Pinch-metoden for varmegenvindingsanlæg*, Laboratoriet for energiteknik, Danmarks Tekniske Højskole, august 1991.

Pil, F.K. og Rothenberg, S. (2003): *Environmental Performance as a Driver of Superior Quality*, Production and Operations Management, Vol. 12, No. 3, 2003, pp. 404-415.

PINetwork (2006): Process Intensification Network – hjemmeside, www.pinetwork.org, besøgt 16. marts 2006.

Pommer, K., Bech, P., Wenzel, H., Caspersen, N. og Olsen, S.I. (2001): *Håndbog i miljøvurdering af produkter – en enkel metode*, Miljønyt, 58, Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet, 2001.

Poulsen, P. (2006): Personlig samtale med Per Poulsen, kulturproduktionen, Chr. Hansen A/S, 1. maj 2006.

Rewentlow, C. og Theil, S. (2006): *Den Lean værktøjskasse*, forelæsning i 3-ugers- kurset "Lean og kortlægning af værdistrømme", Institut for Produktion og ledelse, januar 2006.

Rother, M. og Shook, J. (1999): *Learning to see - Value Stream Mapping to create value and eliminate muda, A lean tool kit method and workbook*, The Lean Enterprise Institute, Massachusetts, USA, juni 1999. ISBN 0-9667843-0-8.

Russell, R.S. og Taylor III, B.W. (2003): *Operations Management*, Fourth Edition, Pearson Education, Inc., New Jersey, 2003. ISBN 0-13-049363-5.

Rønnow, A. (2006): Telefonsamtale med direktør for Global Logistics Asger Rønnow, Chr. Hansen A/S, 30. maj 2006.

Sheldon, C. og Yoxon, M. (1999): *Installing Environmental Management Systems, A Step-by-Step Guide*, Earthscan Publications Ltd., Sterling, USA, 1999. ISBN 1-85383-868-3.

TI (2006): Teknologisk Instituts – hjemmeside, www.teknologisk.dk, besøgt 10. marts 2006.

US EPA (1998): *Principles of pollution prevention and cleaner production – An international training course – Participant’s manual*. People’s Republic of China Version, United States Environmental Protection Agency, November 1998.

US EPA (2000): *The Lean and Green Supply Chain: A Practical Guide for Materials Managers and Supply Chain Managers to Reduce Costs and Improve Environmental Performance*, EPA 742-R-00-001, Office of Pollution Prevention and Toxics, United States Environmental Protection Agency, January 2000.

US EPA (2003): *Lean Manufacturing and the Environment - Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendation for Leveraging Better Environmental Performance*, EPA 100-R-03-005, United States Environmental Protection Agency, October 2003.

US EPA (2006): *The Lean and Environment Toolkit*, Version 1.0, Identify and Eliminate Waste, Reduce Business Costs and Risk, Improve Environmental Results, United States, EPA-100-K-06-003, Environmental Protection Agency, Januar 2006.

Videncentret for Affald (2006): Videncentret for affald – hjemmeside, <http://www.affaldsinfo.dk/default.asp?side=271&side2=278>, besøgt 24. februar 2006.

Wenzel, H., Hauschild, M. og Alting, L. (1997): *Environmental Assessment of Products*. Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development. Kluwer Academic Publishers, 1997. ISBN 0-7923-7859-8.

Wenzel, H. (2002): *Bæredygtig udvikling i industrien – ingeniørværktøjer til ressource- og miljøoptimering i udvikling af produkter, produktion og processer*. Institut for Produktion, Danmarks Tekniske Universitet, 2002.

Wenzel, H. og Alting, L. (2004): *Architecture of Environmental Engineering*. I: Seliger, G., Nasr, N., Bras, B., and Alting, L. (eds.) (2004): *Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering*, Berlin September 29th – October 1st, 2004. Proceedings. ISBN 3-937151-21-4. Uni-edition, Berlin.

Wiberg-Jørgensen, P. (2006): Personlig samtale med Lean-projektleder Poul Wiberg-Jørgensen, H. Lundbeck A/S, 21. april 2006.

Womack, J.P. og Jones, D.T. (2003): *Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation*, Free Press, New York, 2003. ISBN 0-7432-4927-5.

Womack, J.P., Jones, D.T. og Roos, D. (1990): *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, New York, 1990.

Bilag 1 – Oversigt over miljøværktøjer

Wenzel og Alting (2004) beskriver ”The Architecture of Environmental Engineering”, hvor de mest anvendte miljøværktøjer er opdelt efter indsatsniveauet, og i hvilken del af ledelsescyklussen, de anvendes.

Level of intervention	Environmental Engineering discipline & examples of tools					
	Management	Inventory	Analysis/assessment	Priority setting	Synthesis/design	Communication
Product	LCM	LCA	LCA	QFD CBA LCC	LCE Eco-Design DFE	Eco-label EPD
Production	EMS	PFD Energy & mass balances	Process Integration – pinch analysis	CBA CEA	Process Integration – system design Waste minimisation Cleaner Production	Green accounts
Process	BREF documents		Technology assessment	CBA Bench marking	Process Intensification Cleaner Production Chemical substitution	EPI's
Emission	Discharge permits	Effluent control	RA Compliance assessment		Treatment	
Societal system	Legislation Regulation	SFA MFA	RA of chemicals ERA	CBA	Industrial Symbiosis Material Recycling	

Forkortelser:

LCM = Life Cycle Management

EMS = Environmental Management Systems

BREF documents = BAT reference documents

BAT = Best Available Technology

LCA = Life Cycle Assessment

PFD = Process Flow Diagrams

SFA = Substance Flow Analysis

MFA = Material Flow Analysis

RA = Risk Assessment

ERA = Environmental Risk Assessment

QFD = Quality Function Deployment

CBA = Cost/Benefit Analysis

Bilag 2 – Beskrivelse af Novo Nordisk A/S

Novo Nordisk A/S producerer farmaceutiske produkter og er en af de førende virksomheder indenfor produktion af insulin. Novo Nordisk opstod i 1989 ved sammenlægningen af Novo Industri A/S og Nordisk Gentofte A/S og virksomhedens historie går helt tilbage til 1923, hvor de startede som Nordisk Insulinlaboratorium. I 2000 blev Novo Nordisk opdelt i 3 virksomheder – Novo Nordisk A/S, Novozymes A/S og Novo A/S, som alle er en del af Novo Gruppen. I dag har Novo Nordisk A/S 12.000 ansatte i Danmark og derudover 10.000 ansatte i knap 80 lande, og der blev i 2005 omsat for knap 34 mia. kr. (Novo Nordisk, 2006a)

Novo Nordisk har fire produktionsområder med hver deres direktion: diabetesbehandling, blødningsbehandling, væksthormonbehandling og hormonpræparater. Diabetes-afdelingen står for 70% af salget i 2005. (Novo Nordisk, 2006b)

Insulinproduktionen hos Novo Nordisk i Kalundborg

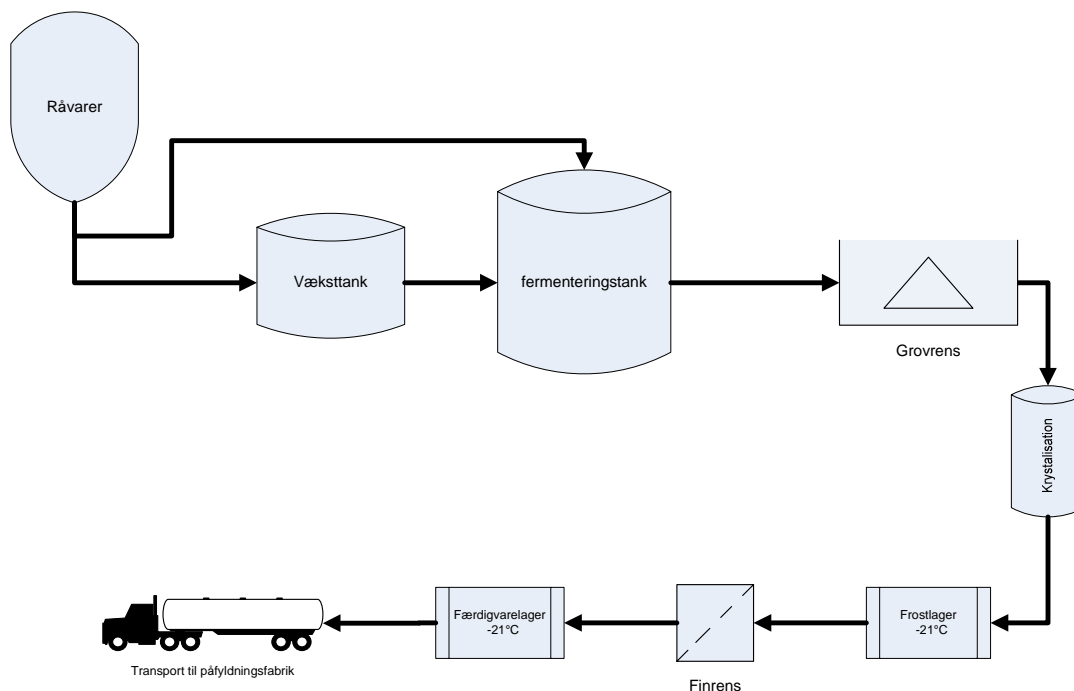
Det insulin, der anvendes i Danmark, er fremstillet i gensplejset gær og er kemisk set fuldstændig magen til det insulin, raske menneske producerer. Tidligere brugte man svineinsulin, der blev udvundet fra bugspytkirtler fra grise. Hver batch, der gennemføres i Novo Nordisk, indeholder insulin svarende til, hvad 5,3 mio. grise kan producere.

Insulinpræparater kan deles op i 3 hovedgrupper: hurtigt virkende, langsomt virkende og en ”normalt” virkende insulin.

Produktionen starter med, at genmodificerede gærceller dyrkes i væksttanke. I første omgang dyrkes de i en lille kolbe, men efter en given tid kommer de i større og større kar og tanke, indtil de tilsættes i fermenteringstanken. Under alle disse processer tilsættes der løbende næringsstoffer. Fermenteringen kører kontinuert, hvilket vil sige, at der løbende bliver tappet og påfyldt væske og tilsættes nye gærceller.

Fra fermenteringstanken føres blandingen til en *grovrens*. Her skilles gærcellerne og insulinen fra væsken ved hjælp af en centrifuge. Gærcellerne knuses og sælges som grisefoder, mens væsken med insulin tilsættes vand og presses igennem et mikrofilter. Efterfølgende tilsættes sprit og salte og væsken nedkøles, hvorved der sker en krystalisation.

Insulinen sendes videre til *finrens*, mens væsken bliver ledt gennem endnu et behandlingstrin, der sikrer, at alt produkt af værdi bliver indvundet og sendt videre til *finrens*. Under *finrensningen* renses insulinen for urenheder. Insulinkrystallerne smides på en rist og pulveriseres. Pulveret tappes på store beholdere og sendes til endnu en behandling. Under denne sidste behandling trækkes de sidste urenheder ud af insulinen. Efter denne sidste behandling er insulinen klar til pakning og distribution. I Figur 1 ses et forsimpelt produktflow af insulinproduktionen.



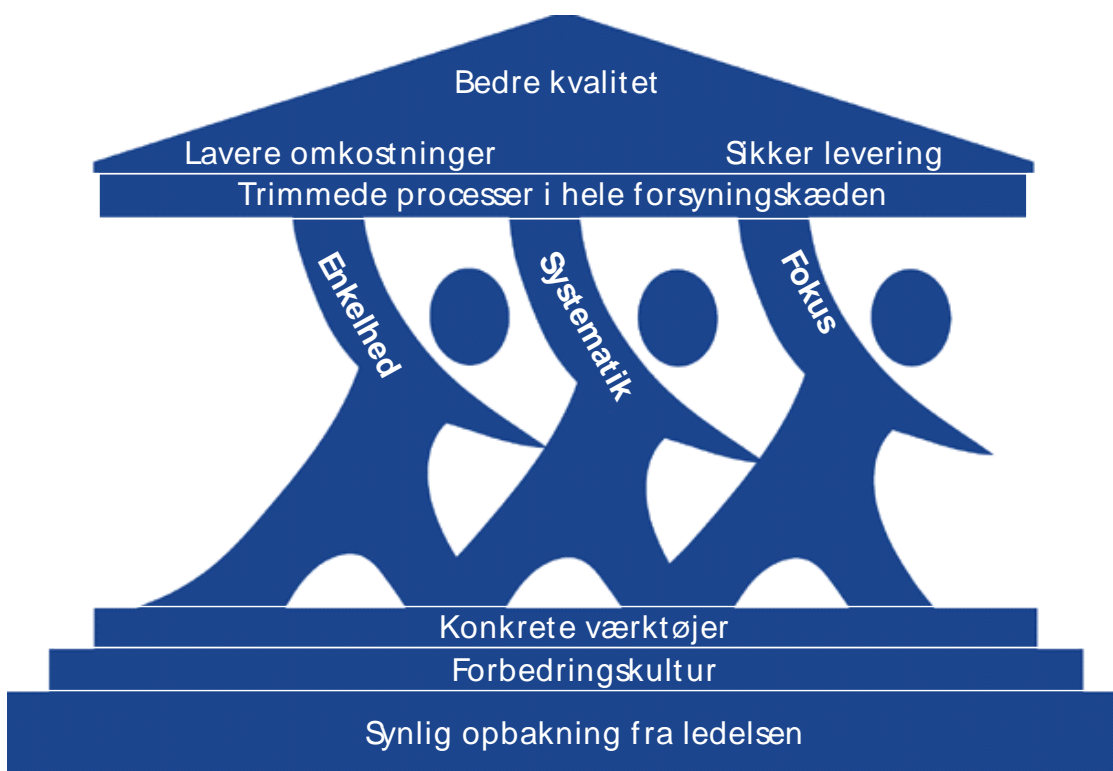
Figur 1. Et forsimpelt overblik over insulinproduktionen i Novo Nordisk.

Lean i Novo Nordisk Diabetes API

Implementeringen af Lean foregår forskelligt i de forskellige dele af virksomheden, men alle arbejder efter det overordnede "cLEAN"-koncept, som er en tilpasset version af Lean-filosofien. cLEAN-templet, som er vist i Figur 2 illustrerer de bærende principper i cLEAN-arbejdet. De bærende elementer er engagement fra ledelsen, en forbedringskultur og en række konkrete værktøjer. Via enkelthed, systematik og fokus opnås den Lean Manufacturing (trimmede processer), som skaber lavere omkostninger, bedre kvalitet og sikker levering (Novo Nordisk, 2006c).

Der er oprettet en central Lean-afdeling, kaldet cLEAN office, som står for den centrale styring af cLEAN-udrulningen i Novo Nordisk og kommunikation mellem

afdelingerne. I hver produktionsafdeling er Lean-medarbejderne placeret i en supportfunktion med reference til den Vice President, der er direktør for afdelingen. Alle i organisationen sendes på et 2-dages-kursus i de grundlæggende cLEAN-principper, og ca. 40% af de ansatte gennemgår yderligere uddannelse indenfor cLEAN (Novo Nordisk, 2006c).



Figur 2. cLean-templet, som Novo Nordisk A/S arbejder efter (Novo Nordisk, 2006c).

I dette projekt fokuseres på Lean og miljø i insulinproduktionen. Her benyttes bl.a. værktøjerne VSM, 5S, SMED, Kaizen og målstyring. VSM-metoden bruges på fabriksniveau, og workshops er en væsentlig del af arbejdet med kortlægningen. I disse workshops, der ledes af ansatte fra Lean-afdelingen, samles en række ansatte med forskellige arbejdsområder for at kortlægge produktionen og identificere forbedringsmuligheder. VSM er også forsøgt anvendt i laboratoriet, som er en del af kvalitetssikringen, men det viste sig vanskeligt at gennemføre, fordi processen var for kompleks.

Både i produktionen og på kontorerne er der indført 5S, og det har givet gode resultater, idet der er blevet ryddet op og også indført standarder. For halvandet år siden begyndte afdelingen at arbejde med Kaizen og opfatter stadig sig selv som værende i startfasen af dette. Der arbejdes ikke med en Kaizen-tavle, men en del af

deres målstyringstavle er indrettet til forbedringsforslag. Den største udfordring ligger stadig i at få udbredt den forbedringskultur, som er altafgørende for succes med Kaizen, og det er en proces, der forløber over lang tid.

Miljø i Novo Nordisk

Novo Nordisk er certificeret efter ISO14001-standarden. Certificeringen omfatter alle funktioner fra produktion og pakkeri til analyse og administration. I Novo Nordisk er det et led i miljøledelsessystemet, at alle medarbejdere bidrager til miljøforbedringer ved at tage ansvar for miljøtiltag og være med til at foreslå nye initiativer, der kan gavne miljøet. Yderligere har Novo Nordisk fokus på samarbejdet med leverandører om bl.a. miljømæssige spørgsmål (Novo Nordisk, 2005).

Novo Nordisk forventer, at det vil være klimaforandringer, anvendelse af naturressourcer og forureningskontrol, der vil være de væsentligste udfordringer i fremtiden, og derfor er deres miljøstrategi rettet mod disse problemstillinger (Novo Nordisk, 2005).

Ved indførelsen af cLEAN har Novo Nordisk primært haft fokus på produktivitetsfremmende initiativer, hvilket også har bevirket, at virksomheden siden 2004 har udnyttet ressourcerne mere effektivt. Dette gav en forbedring på 8% for vand og 9% for energi. I samme periode er det samlede forbrug dog steget inden for en række områder: vand med 9%, energi med 7%, materialer med 35% (grundet produktionsændringer), fast affald med 10% og emissioner med 8% (Novo Nordisk, 2006b).

Novo Nordisk underskrev i januar 2006, som den første virksomhed i Danmark, nummer to i Europa og nummer ti på verdensplan, en klimaafteale med WWF Verdensnaturfonden, hvori de forpligter sig til at reducere CO₂-udledning i 2014 med 10% worldwide ift. 2004, på trods af en forventet vækst i produktionen på 15%. Uden fokus på miljøbesparelser ville Novo Nordisks emissioner stige med ca. 67% i perioden. Novo Nordisk forpligter sig således til at omlægge store dele af energiforbruget og afkoble sammenhængen mellem produceret mængde og energiforbrug. Dette skal bl.a. ske gennem energibesparende tiltag og vedvarende energi-projekter som fx vindmøller og nye brændselskilder (Novo Nordisk, 2005).

Novo Nordisk forventer, at tiltagene på lang sigt vil være en sund forretning, der ruster virksomheden bedre til fremtiden, da de derved er på forkant med kommende

stramninger på miljøområdet (Novo Nordisk, 2005). Således indgår miljø på den såkaldte tredobbelte bundlinje, hvor kategorierne: økonomi, socialt ansvar og miljømæssigt forsvarligt udgør beslutningsgrundlaget for virksomheden (Novo Nordisk, 2006b).

VSM af vand og energi hos Novo Nordisk

Novo Nordisk har valgt at introducere en VSM med fokus på vand- og energiforbrug. Forløbet følger det VSM-forløb, som Novo Nordisk anvender i insulinproduktionen, og strækker sig over en periode på tre måneder. Første fase er forberedelse, der består i at indsamle data, udvælge de personer, der bør involveres i processen og planlægge resten af forløbet. Selve VSM'en bliver sat i gang på en 2-dages workshop (current state), hvor den nuværende situation beskrives, spildet identificeres og mulige løsninger drøftes. Dernæst følger en periode, hvor der arbejdes videre med de forslag, der er fremkommet på workshoppen, og der afholdes et par måneder senere en workshop, hvor den ønskede situation optegnes (future state).

VSM'en blev gennemført i den del af insulinfabrikken, der hedder IM1. I IM1 er alle trin i produktionsprocessen samlet under ét tag. Bygningen er opført for få år siden, og man er derfor stadig i en indkøringsfase. Det betyder, at nogle processer ikke kører optimalt, da det er nødvendigt at foretage justeringer i forhold til den måde, hvorpå fabrikken oprindeligt blev designet. Der er tidligere gennemført en VSM på fabrikken, hvilket betyder at flere af deltagerne på forhånd kendte til metoden.

Motivationen for at gennemføre en VSM på vand og energi er primært, at spildevandsanlægget er ved at nå maksimal kapacitet, og her er IM1 den største leverandør af spildevand. Spildevandsanlægget risikerer at blive en flaskehals i produktionen, og Novo Nordisk ønsker så vidt muligt at gennemføre besparelser i produktionen frem for at ofre adskillige mio. kr. på at udbygge spildevandsanlægget.

Ønsket var således at reducere spildevandsmængden med 20%, og derudover at reducere energiforbruget med 20%. De årlige omkostninger forbundet med forbrug af råvand og rensning af spildevand er ca. 17 mio. kr., og der er således også stort økonomisk incitament til at optimere vand- og energiforbruget.

Current state workshop

I den første workshop var den primære opgave at kortlægge vand- og energiforbrug samt identificere spild. Arbejdet foregik med få præsentationer i plenum og derefter

arbejde i 5 grupper, der repræsenterede hver sin del af produktionen (RVS og Utility, Grov-utility, gæring, grovrens og finrens). I grupperne var en coach med Lean-baggrund og en håndfuld produktionsfolk fra det givne produktionsområde.

Udgangspunktet for arbejdet var en tegning over procesområdet, diagrammer over vand- og energiforbrug samt en række identificerede spildkategorier (fx opstart/nedlukning, køling og procesvand). Desuden var udleveret en skabelon til at beskrive spildet.

Efter gennemgang af delprocessen og identifikation af de vigtigste processer i relation til vand og energi identificerede medarbejderne straks en masse spild. Produktionsfolkene har stor indsigt i processen og maskinerne og kan umiddelbart identificere spild i form af eksempelvis unødigt vandforbrug ved skyl, unødvendigt energiforbrug i pumper, unødvendig ventilation, tomgang osv. Det var overraskende for flere af deltagerne, at det var så nemt at finde store besparelspotentialer, hvoraf indtil flere kunne bidrage til et øget produktionsoutput.

De forslag, der fremkom, var i høj grad styret af, at man ønskede at "udfordre" en defineret temperatur i en tank, reguleringen af rumtemperatur, retningslinier for rensning af tanke eller lign. I flere tilfælde blev det allerede i løbet af den første dag afklaret, at der var rutiner, som nemt kunne laves om, idet ingen tidligere havde stillet spørgsmålstejn ved proceduren, og man bare gjorde, "som man plejer". Flere forslag blev kategoriseret som "just-do-it", hvilket betyder, at de kan ændres med det samme uden forundersøgelser, og det kan give resultater på kort sigt. Det viste sig dog også, at nogle tiltag var relativt enkle, men krævede en større undersøgelse af hygiejne-krav og/eller ændringer i recepter, hvilket er forbundet med et større tidsforbrug.

I hver gruppe blev identificeret mellem 40 og 70 spild, og der var udarbejdet forslag til forbedringer. Det lykkedes også i flere tilfælde at kvantificere en mulig besparelse, og det viste sig, at det slet ikke var umuligt at nå de opstillede mål. Det store engagement fra deltagerens side betød, at de var meget interesserede i at følge op på forslagene og resultaterne.

Generelt var konklusionerne ved workshoppens afslutning, at det var lykkedes at identificere utroligt meget spild. Selvom der allerede er optimeret i produktionen af flere omgange, er det stadig muligt at finde besparelser, og VSM-metoden har givet et

godt grundlag for at identificere spild af vand og energi, der ved optimering også kan medføre øget produktionskapacitet. Det viste sig imidlertid at være svært for grupperne at kvantificere spildet og efterfølgende prioritere opgaverne, idet datagrundlaget var for spinkelt. Grupperne blev opfordret til at identificere nøgletal, men det var vanskeligt ud fra eksisterende målere mv.

Future state workshop

I den anden workshop var målet at prioritere projekter og kategorisere dem samt at udarbejde projektbeskrivelser. Der var ud fra de forslag, der var fremkommet under current state workshop, udarbejdet en spildliste. Projekterne på denne spildliste blev prioriteret på baggrund af besparelsens størrelse og implementeringstiden. For de højest prioriterede projekter udarbejdes en projektbeskrivelse.

Fordelingen i grupperne var denne gang anderledes, idet der var oprettet grupper, der beskæftigede sig med tværgående projekter såsom CIP og ventilation. Arbejdet med nøgletal fortsattes uden for workshoppens rammer, hvor der udvikles nøgletal, der beskriver ressourceforbruget pr. produceret finrenset produkt (Eco-Intensity Ratio, EIR).

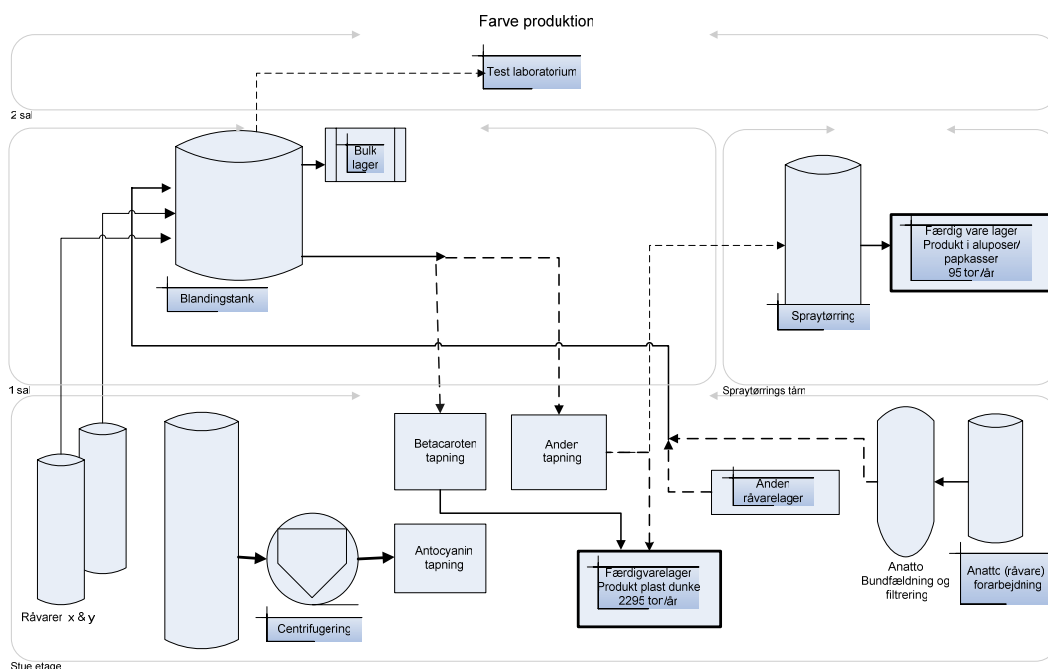
Bilag 3 – Beskrivelse af Chr. Hansen A/S

Chr. Hansen er blandt verdens førende virksomheder indenfor produktion af ingredienser til fødevarer. Virksomheden blev grundlagt i København af farmaceuten Christian D.A. Hansen i 1874, og den har i dag mere end 2500 ansatte. Udvikling, produktion og salg af fødevearengredienserne i form af eksempelvis enzymer til osteproduktion, bakteriekulturer til mejeriindustrien og smags- og farvestoffer foregår i flere end 30 lande. I 2005 havde Chr. Hansen en omsætning på 4.381 mio. kr. (Chr. Hansen, 2006a).

Virksomhedens vision er at forbedre madkvaliteten og sundheden for mennesker i hele verden, og denne vision indebærer, at Chr. Hansen også påtager sig et miljømæssigt ansvar (Chr. Hansen, 2004).

Farveproduktionen hos Chr. Hansen i Avedøre

Kortlægningen af farveproduktionen (se Figur 1) er tidligere udført og beskrevet i Aggerbeck et al. (2005). Kortlægningen konkluderede, at der i regnskabsåret 2004-2005 blev produceret 2295 ton flydende farve og 95 ton spraytørret granuleret farve.



Figur 1. Produktionsprocesserne i farvefabrikken hos Chr. Hansen. Produktionen fordeler sig over 3 etager. Slutproduktet bliver enten spraytørret farvegranulat eller flydende vand- eller oliebaseeret farve.

Chr. Hansens farver består udelukkende af naturlige eller naturidentiske farvestoffer, som importeres fra hele verden. Eksempelvis kommer farvestoffet carmine fra insektet *Dactylopius coccus costa*, der kun lever i Syd- og Mellemamerika. Iflg. Kamber (2005) er kvaliteten af råvarerne altafgørende, hvorfor udvælgelsen og importen af råvarerne sker fra hele verden.

Råvarerne kræver forskellig håndtering og behandling pga. forbehandlinger, farveafsmitning og temperaturforhold, da nogle skal trækkes ud af kaktuslus, mens andre skal udvindes fra planter.

For de fleste farvetyper er møllen det første led i processen. Her tilsættes porcelænskugler til farvemassen, der enten består af vandopløselige farver, oliebaseerede farver eller oliebaseerede farver, der er emulgeret med vand. Tykkelsen på farvevæsken afhænger af porcelænskuglernes størrelse, jo mindre kugler des tykkere væske. Kuglerne sies herefter fra, rengøres og genanvendes, mens farvemassen føres til blandetanken.

I blandetanken tilføres vand og andre ingredienser. Efter blandingen udtages farveprøver for at kontrollere, at produktet overholder de givne kvalitetskrav og specifikationer. Der er i processen et bulk-lager, hvor halvfabrikat og råvarer opbevares.

Efter blandingen tappes farven. Mens de fleste farver køres på samme anlæg, er der en tappehal, der kun håndterer betacarotenprodukter, da disse kræver særlige forhold, bl.a. opvarmning til 140 °C.

En mindre del af de tappede farvestoffer sendes videre til spraytørringstårnet, hvor det bliver omdannet til farvegranulat. Ved denne proces omdannes cirka 80% af inputtet til spildevand, mens de resterende 20% ender som færdigt produkt.

Chr. Hansen producerer derudover også anthocyanin, der er en blå-lilla farve, der udvindes af restprodukterne fra vinproduktionen i Sydeuropa. Anthocyanin er et rent farvestof, som modsat de andre produkter ikke kører ind over blandingsanlægget, men har sin egen rute gennem hele produktionen. Dette skyldes, at anthocyanin indeholder svampe og gærbakterier fra vinproduktionen, som man ikke ønsker at smitte resten af produktionen med. Anthocyaninen ankommer fra vinproducenterne sidst på vinteren og forarbejdes i store tanke ved 5 °C, hvorefter det centrifuges.

Herved dannes vinsten, som er et porøst væskeholdigt medie, der efterfølgende pasteuriseres (varmebehandles ved 90 °C) og tappes.

Lean i Chr. Hansen

Hos Chr. Hansen har man valgt en tilgang til Lean, som er tilpasset virksomhedens type og størrelse. Der arbejdes ud fra de 5 grundelementer i Lean (værdi, værdistrøm, flow, træk og perfektion) og de 7 spildtyper. Der anvendes værktøjerne VSM, kanban, Kaizen, SMED og 5S. VSM anvendes på et meget simpelt niveau på udvalgte processer og i en afgrænset del af produktionen. Desuden er SMED brugt i forbindelse med tappemaskinen.

Der er opstillet en Kaizen-tavle, hvor alle forslag hænges op og gennemgås ved et ugentligt møde med deltagelse af operatører og en sekretær. Nye forslag prioriteres ud fra, om det skal igangsættes som et nyt projekt, et "quick hit", eller om det kræver udarbejdelse af en 30-dages plan. Desuden kan forslaget springes over i de tilfælde, hvor det eksempelvis vurderes, at gevinsten er for lille i forhold til indsatsen. De igangværende aktiviteter noteres på en aktivitetstavle eller på en tilsvarende projekttavle, som viser projekternes nummer, en beskrivelse af projektet, hvem der har ansvaret for gennemførelse, hvornår der er deadline og hvad status er (identificeret, begyndt, afsluttet eller testet). Målet er, at der hver uge skal indkomme 10 nye forslag og gennemføres 5 aktiviteter pr. uge.

De første tre steps af 5S (sorter, sæt i orden og systematisk rengøring) er anvendt som en del af Kaizen, men Chr. Hansen er ikke gået i gang med standardiseringen endnu. Det er nødvendigt at uddanne medarbejderne yderligere for at kunne gennemføre de to sidste steps i 5S.

Chr. Hansen har i løbet af det første halve år af Lean-projektet mest koncentreret sig om at indføre Kaizen og har på trods af, at der er opstillet en målstyringstavle, ikke sat fokus på dette. Der er således ikke opstillet mål for forbedringerne indenfor produktivitet, tidsforbrug og effektivitet.

Det har været en stor succes at indføre Kaizen, og i løbet af projektets første halve år er indkommet mere end 340 forslag, hvoraf 176 er gennemført. Medarbejderne bliver ikke belønnet for deres indsats, men er motiveret af at hjælpe farveproduktionen til overlevelse vha. Lean-initiativerne. På nuværende tidspunkt er det ikke en del af opfølgningen på Kaizen at sætte værdi på de forbedringer, som er udført. Generelt set

er der megen lidt dokumentation i Lean-projektet, da man har valgt ikke at bruge tid på at skrive ned.

Miljø i Chr. Hansen

Miljøarbejdet er et vigtigt element i Chr. Hansens visioner og værdier, hvilket medfører, at miljøparametre løbende bliver overvåget og kontrolleret. Chr. Hansen er af Hvidovre Kommune kategoriseret som en virksomhed, der har bragt sig på forkant med miljøarbejdet (Chr. Hansen, 2005a). Ifølge Chr. Hansens globale miljøregnskab fra 2005 forsøger virksomheden at sikre en bæredygtig udvikling ved at involvere og engagere medarbejderne, ved konstant at optimere på ressourceforbruget (energi, vand og varme mm.) og ved at sikre, at planlægning og design af nye anlæg sker under hensyntagen til miljø og arbejdsmiljø. Yderligere har virksomheden opsat en række mål, herunder etablering af en konkret strategi/politik omkring bæredygtighed og implementering af ISO 14001 i hele organisationen (Chr. Hansen, 2005b).

De væsentligste miljøpåvirkninger i Chr. Hansen er forbruget af råvarer, vand og energi. I forhold til forrige regnskabsår er vandforbruget blevet reduceret med 4%, elforbruget med 10%, gasforbruget med 25% og affaldsproduktionen med 8% (Chr. Hansen, 2005a).

Chr. Hansen har i regnskabsåret 2004/2005 udviklet og forbedret nøgletallene inden for energi, vand og affald. Dette har medført, at alle afdelinger, på månedsbasis, har et overblik over miljøpræstationerne inden for disse områder.

Bilag 4 – Beskrivelse af H. Lundbeck A/S

Lundbeck producerer medicin til sygdomme i centralnervesystemet og opererer primært på det europæiske marked, men har inden for de seneste år også satset på det amerikanske marked. Der er 5200 ansatte, hvoraf ca. 40% arbejder i Danmark, og virksomhedens omsætning var i 2005 9 mia. kr. (Lundbeck, 2006a)

Da Lundbeck blev grundlagt i 1915 af Hans Lundbeck, var det en handelsvirksomhed, og den begyndte først i løbet af 1930'erne at producere piller. Nu fokuseres på forskning i sygdomme og udvikling af ny medicin. Det har indtil videre resulteret i succesfulde produkter til behandling af depression, skizofreni, Alzheimers sygdom og Parkinsons sygdom. (Lundbeck, 2006a)

Lean i Lundbeck

Arbejdet med Lean i Lundbeck er startet i januar 2006 i den farmaceutiske produktion (pilleproduktion) i Valby, og i andet halvår af 2006 startes Lean op i den kemiske produktion, mens det på et senere tidspunkt forventes at blive indført i administrationen og i R&D-afdelingerne. Der fokuseres på at reducere gennemløbstid og lagre, og der er generelt fokus på reduktion af omkostninger. Desuden øges kvaliteten af produkterne gennem reduktion af spild. Lundbeck har valgt at bruge den øgede kapacitet til at hjemtage produktion, der ellers har været outsourcet, således at ingen i Lundbeck fyres på baggrund af Lean-forbedringerne. (Wiberg-Jørgensen, 2006)

Implementering af Lean forestås af et Lean team bestående af en Lean-konsulent og en gruppe medarbejdere med forskellig faglig baggrund, der alle er blevet trænet i brugen af Lean-værktøjerne. Der fokuseres meget på at gennemføre en kulturændring i virksomheden og inddrage alle medarbejdere i processen. (Wiberg-Jørgensen, 2006)

Der arbejdes med VSM, Kaizen, træk (kanban), SMED, TPM og 6S (hvor det sjette S står for sikkerhed). Desuden er det planen senere at indføre visual management (måltavler). Ved VSM og Kaizen-events samles en række folk med indgående kendskab til produktionen samt ledere, og det har ført til gode resultater hos Lundbeck, idet beslutningsprocessen bliver lettere, når alle er samlet. (Wiberg-Jørgensen, 2006)

Arbejdet med Lean har allerede givet gode resultater – bla. er omstillingstiden et sted blevet halveret fra 4 timer til 2 timer, og lagerstørrelsen er halveret. (Wiberg-Jørgensen, 2006)

Miljø i Lundbeck

Miljøarbejdet i Lundbeck er baseret på miljøledelse, og der anvendes specielt substitution, procesoptimering og energistyring som midler til at opnå miljøforbedringer. I øjeblikket arbejdes med at implementere et globalt miljø- og arbejdsmiljøsystem med henblik på ISO14001- og OHSAS18001²²-certificering. Lundbecks sites med kemisk produktion i Danmark (Lumsås) og England (Seal Sands) er allerede certificerede, mens sitet i Italien (Padova) indtil videre kun er miljøcertificeret. (Lundbeck, 2006b)

Sikkerhedsorganisationen er ændret til en miljø- og arbejdsmiljøorganisation, som varetager en del af miljøarbejdet ude i virksomheden. Miljøafdelingen fungerer som rådgivere og er desuden fast tilknyttet råd og udvalg. Projekter, der berører hele produktionen, styres af miljøafdelingen, som også står for kontakten til myndighederne og udarbejdelsen af grønne regnskaber mv. (Asgaard, 2006)

På Lundbecks site i Valby, hvor der produceres og pakkes piller samt forskes i nye produkter, er de største miljøeffekter emissioner og støj. Desuden er der et relativt stort elforbrug, mens vandforbruget er meget lavt. De største miljøeffekter opstår i den kemiske produktion, hvor forbruget af råstoffer (inkl. kemikalier) og vand samt affald er de væsentligste miljøeffekter. Inden for det seneste år har Lundbeck i Valby bl.a. reduceret emissionerne af organiske opløsningsmidler med 40% og energiforbruget med 5%, mens der i Lumsås er opnået en genanvendelse af opløsningsmidler på op til 65%. I Padova er der installeret nyt produktionsudstyr, som gør det muligt at reducere udledningen af opløsningsmidler med 94%. Disse reduktioner er resultatet af et øget fokus på miljøområdet, og der er udarbejdet en strategi for miljøarbejdet fra 2005 til 2010. (Lundbeck, 2006b)

²² OHSAS (Organisational Health and Safety Assessment Series) er et arbejdsmiljøledelsessystem.