LINEÆR PROGRAMMERING I EXCEL



I lærebogens kapitel 29 afsnit 3 er det med 2 eksempler blevet vist, hvordan kapacitetsstyringen kan optimeres, når der er 2 produktionsmuligheder og flere knappe kapaciteter. Den optimale kapacitetsbelægning er i eksemplerne blevet fundet ved hjælp af et koordinatsystem, hvor det ene produkt er angivet ud ad x-aksen og det andet produkt ud ad y-aksen. I koordinatsystemet har vi angivet begrænsningslinjerne og indtegnet en dækningsbidragslinje og forskudt denne udad i koordinatsystemet, til den har nået løsningsområdets yderste hjørne.

I dette afsnit vil vi vise, hvordan virksomheden kan løse kapacitetsstyringsopgaven ved brug af **regneark** på en PC. Når man anvender regneark, er der i princippet *ingen begrænsninger* for antallet af produkter og antallet af knappe kapaciteter. Regnearket **Excel** indeholder tilføjelsesprogrammet **Problemløser**, som kan løse opgaver vedrørende lineær programmering.

I det følgende er det Microsoft Office Excel 2007, der er anvendt.

Indlæsning af Problemløser

Problemløser er et *tilføjelsesprogram*, som skal *indlæses*, før du kan bruge det i Excel. Følg nedenstående arbejdsgang, hvis du vil indlæse Problemløser:

Start Excel

Klik på Microsoft Office-knappen i øverste venstre hjørne. Herefter kan du se følgende skærmbillede. Se næste side.

🔒 🖉 • 🕅	▼ ₹	Mappe1 - Microso
Му	Seneste dokumenter	
<mark>∕∂</mark> bn		ş
Ge <u>m</u>		-
Gem <u>s</u> om →		
Udskriv >		
<u>F</u> orbered		-
S <u>e</u> nd ►		
U <u>d</u> giv •		
Luk		-
	Excel-indstilling	er 🗙 <u>A</u> fslut Excel

Klik på Excel-indstillinger, hvorefter følgende dialogboks fremkommer:

Excel-indstillinger	2
Populær Formler Korrektur	Rediger de mest populære indstillinger i Excel.
Gem Avanceret Tilpas Tilfsjelsesprogrammer Sikkerhedscenter Ressourcer	 ✓ <u>V</u>is miniværktajslinjen ved markering ① ✓ Aktiver direkte eksempelvisning ① □ Vis fanen Ugvikler på båndet ② ○ Furg alti Clear5pe Farveskema: Bå Skærmtiptypografit Vis funktionsbeskrivelser i skærmtip ✓ Opret lister til brug i sorterings- og udfyldningssekvenser: <u>Rediger brugerdefinerede lister</u>
	Ved oprettelse af nye projektmapper Brug denne skrifttype: Skrifttype i brødtekst kriftstørrelse: 11 Standardvisning af nye ark: Mormal visning Medlag dette antal ark: 3 Tilpas din kopi af Microsoft Office
	Br <u>ug</u> ernavn: Peter Revald Vælg de sprog, du vil bruge med Microsoft Office: Sprogindstillinger
	OK Annuller

I dialogboksen skal der klikkes på Tilføjelsesprogrammer, hvorefter følgende dialogboks fremkommer.

Excel-indstillinger					? 🗙
Populær Formler	Vis og admin	istrer Microsoft Office-1	tilføjelsesprogrammer.		
Gem	Korrektur Thispesesprogrammer				
Avanceret	Avanceret Avance		AwareMSOfficeAddin	COM-tilføjelsesprogram	
Tilpas	To alking Allfaiolasa				
Tilfajelsesprogrammer Sikkerhedscenter Ressourcer	Inattive tilføjelsesprogrammer Analysis ToolPak VBA Erugerdefinerede XML-data Dato (lister over i-mærket) Guiden Detlaget sum Guiden Detlaget sum Sidehoveder og sidefadder Sidehoveder og sidefadder Skjulte regneark Skjulte regn		C\fricel Z\Library\Analysis\ATALYS32.XL C\cel Z\Library\Analysis\ATPABAEN.XAA C\crosoft SharedSmart Tag\MOFLDL C\icrosoft SharedSmart Tag\MOFLDL C\frosoft SharedSmart Tag\MOFLDL C\frosoft SharedSmart Tag\MOFLDL C\icrosoft SharedSmart Tag\MOFLDL C\icrosoft Officel Z\Library\COQUUPXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\COVFRSIDLL C\freel/Wijels C\icrosoft Officel Z\Library\COQUUPXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\COQUUPXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\TIMLXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\TIMLXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\COQUUPXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\COQUUPXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\COQUUPXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\TIMLXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\TIMLXLAM C\icrosoft Officel Z\Library\SOFTOOLXLAM		III
	Tilføjelsesprogram: Udgiver: Placering: Beskrivelse:	Aware MS Office Addin <ingen> AwareMSOfficeAddin Aware MS Office Addin</ingen>			_
	Administrer: Excel-t	ilføjelsesprogrammer 🔽	Udfør		
				OK Ann	uller

Marker Excel-tilføjelsesprogrammer i feltet Administrer nederst i dialogboksen og klik på Udfør.

I dialogboksen Tilføjelsesprogrammer markeres afkrydsningsfeltet Tilføjelsesprogrammet Problemløser. Skærmbilledet kan ses herunder:



Klik herefter på OK.

Når Problemløser er indlæst, vil programmet være tilgængeligt i Excel under fanebladet Data i gruppen Analyse.

Anvendelse af Problemløser

Eksempel

Brugen af regneark til løsning af kapacitetsstyringsopgaven vil blive illustreret ved brug af regnearket **Excel** i det tidligere viste eksempel med cykelforretningen *Wheels ApS*, jf. kapitel 29.

Wheels ApS sælger citybikes og mountainbikes som skal samles og klargøres inden levering til kunden. Samlingen tager 2 timer for en citybike og 4 timer for en mountainbike. Klargøringen tager 1 time pr. stk. uanset model. Wheels ApS har 48 timer til rådighed pr. uge til at samle cykler og 20 timer pr. uge til at klargøre cykler. Dækningsbidraget pr. stk. er kr. 800 for en citybike og kr. 1.200 for en mountainbike.

Virksomheden har nogle afsætningsbegrænsninger: For Citybike er begrænsningen 20 stk. pr. uge, da der er 20 timer til rådighed til aktiviteten klargøring, og det tager 1 time at klargøre en cykel. Der kan altså ikke klargøres mere end 20 stk. i løbet af en uge. For Mountainbike er begrænsningen 12 stk. pr. uge, da der er 48 timer til rådighed til aktiviteten samling, og det tager 4 timer at samle en mountainbike. Der kan altså ikke samles mere end 12 mountainbikes pr. uge.

Definition af variable

Inden Excel startes, skal de variable defineres. Variablene er x og y, som er den kommende uges produktion og afsætning af henholdsvis citybikes og mountainbikes målt i stk.

Kriteriefunktion

Dækningsbidraget skal maksimeres, hvilket vil sige, at 800x + 1.200y skal være så stort som muligt.

Begrænsninger

Kapacitetsbegrænsning, samling: $2x + 4y \le 48$ Kapacitetsbegrænsning, klargøring: $1x + 1y \le 20$ Afsætningsbegrænsning: $x \le 20$ og $y \le 12$ Variabler, kriteriefunktioner og begrænsninger på forrige side indtastes i Excel som vist i nedenstående fig. K.1:

	А	В	С	D	Ε	F
1		Citybike (x)	Mountainbike (y)	I alt		
2	Kriteriefunktion (max. DB)	800	1.200			
3	Begrænsninger:					
4	Samling, timer	2	4		<	48
5	Klargøring, timer	1	1		<	20
6	Max. afsætning, vare x, stk.	1			<	20
7	Max. afsætning, vare y, stk.		1		<	12
8						
9	Løsning:			DB		
10	Optimale værdier					

Fig. K.1 Indtastning af oplysninger i Excel.

Afsætningsbegrænsningerne i række 6 og 7 skal forstås således, at $1 \cdot x$, dvs. antallet af citybikes, ikke kan overstige 20, og at $1 \cdot y$, dvs. antallet af mountainbikes, ikke kan overstige 12. I tabellen er der i kolonne D gjort plads til forbruget af de knappe kapaciteter, og i række 10 er der plads til de optimale værdier for henholdsvis citybikes og mountainbikes samt dækningsbidraget ved den optimale kombination af cykler.

Indtastning af formler

I det følgende vises hvordan formlerne i cellerne D4, D5, D6, D7 og D10 indtastes. Formlerne laves ved at gå ind i Excel's formeleditor \mathbf{fx} i fanebladet Formler og vælge **Sumprodukt**.

Vi starter med celle **D4**:

Placer markøren i celle D4.

Tryk på Excel's formeleditor \mathbf{fx} i fanebladet Formler.

Følgende skærmbillede fremkommer. Se næste side.

Indsæt funktion
∑øg efter en funktion:
Giv en kort beskrivelse af, hvad du vil foretage dig, og klik Udfør
Eller vælg en <u>k</u> ategori: Alle
Vælg funktion:
SUM.HVIS SUM.HVISER SUMKV
SUMPRODUKT
SUMX2PY2 SUMXMY2
SUMPRODUKT(matrix1;matrix2;matrix3;) Returnerer summen af produkterne af tilsvarende områder eller matrixer.
Hiælp til denne funktion OK Annuller

I dialogboksen Indsæt funktion vælges **SUMPRODUKT**. Klik på **OK**.

Herefter vælges rækkevis de celler, der skal indgå i formlen. Indholdet til celle D4 er vist i skærmbilledet herunder:

Funktionsargumente	r ? 🔀					
Matrix1	B10:C10 (0;0)					
Matrix2	B4:C4 (2;4)					
Matrix3	🔣 = matrix					
= u Returnerer summen af produkterne af tilsvarende områder eller matrixer.						
. Matrix2: matrix1;matrix2; er 2-255 matrixer, hvis komponenter ønskes ganget og derefter lagt sammen. Alle matrixer skal have de samme dimensioner.						
Formelresultat =						
Hjælp til denne funktion	OK Annuller					

Når du har indsat værdierne klikkes på OK.

Herefter placerer du markøren i celle **D5**.

Funktionsargument	er 🤶 🏹
Matrix1	B10:C10
Matrix2	B5:C5 = {1;1}
Matrix3	= matrix
	= 0
Returnerer summen af p	odukterne af tilsvarende områder eller matrixer.
	Matrix2: matrix1;matrix2; er 2-255 matrixer, hvis komponenter ønskes ganget og derefter lagt sammen. Alle matrixer skal have de samme dimensioner.
Formelresultat =	
Hiælp til denne funktion	OK Annuller

I det følgende skærmbillede vises indholdet til celle D5:

Når du har indsat værdierne klikkes på OK.

Herefter placerer du markøren i celle D6.

I det følgende skærmbillede vises indholdet til celle D6:

Funktionsargumente	er 🔹 💽 🔀
Matrix1	B10:C10 (0,0)
Matrix2	B6:C6 (1)0}
Matrix3	📷 = matrix
Returnerer summen af pr	= 0 odukterne af tilsvarende områder eller matrixer.
	Matrix2: matrix1;matrix2; er 2-255 matrixer, hvis komponenter ønskes ganget og derefter lagt sammen. Alle matrixer skal have de samme dimensioner.
Formelresultat =	
Hiælp til denne funktion	OK Annuller

Når du har indsat værdierne klikkes på OK.

Herefter placerer du markøren i celle **D7**.

I det følgende skærmbillede vises indholdet til celle D7:

Funktionsargumente	er 🤶 🔀
Matrix1	B10:C10
Matrix2	B7:C7 (0,1)
Matrix3	= matrix
	= 0
Returnerer summen af pr	odukterne af tilsvarende områder eller matrixer.
	Matrix2: matrix1;matrix2; er 2-255 matrixer, hvis komponenter ønskes ganget og derefter lagt sammen. Alle matrixer skal have de samme dimensioner.
Formelresultat =	-
Hiælp til denne funktion	OK Annuller

Når du har indsat værdierne klikkes på OK.

Herefter placerer du markøren i celle D10.

I det følgende skærmbillede vises indholdet til celle D10:

Funktionsargumente	er ? 🛛
Matrix1	B2:C2 [10] = {800;1200}
Matrix2	B10:C10 € {0;0}
Matrix3	= matrix
Returnerer summen af pri	= 0 adukterne af tilsvarende områder eller matrixer.
	Mahairan a shiri dan shiri 20 an 2025 a shirina kata barrana ka sa dan sa sa ka
	Matrix2: matrix1;matrix2; er 2-255 matrixer, nvis komponenter ønskes ganget og derefter lagt sammen. Alle matrixer skal have de samme dimensioner.
Formelresultat =	
Hiælp til denne funktion	OK Annuller

Når du har indsat værdierne klikkes på OK.

	D4 • 1/2 =SUMPRODUKT(B10:C10;B4:C4)						
	А		В	С	D	Е	F
1		Citybike (x)		Mountainbike (y)	I alt		
2	Kriteriefunktion (max. DB)		800	1.200			
3	3 Begrænsninger:						
4	Samling, timer		2	4	-	<	48
5	Klargøring, timer		1	1	-	<	20
6	Max. afsætning, vare x, stk.		1		-	<	20
7 Max. afsætning, vare y, stk.				1	-	<	12
8							
9	Løsning:				DB		
10	Optimale værdier				-		

Efter formlerne er indtastet i de relevante celler, ser regnearket således ud:

Fig. K.2 Indtastning af formler i Excel.

I Excel's formellinje kan du se indholdet af de enkelte celler. I fig. 2 ovenfor kan du eksempelvis se formlen i celle D4, der blev indtastet tidligere. Celle D4 vil vise det producerede antal cykler i række 10 ganget med disse cyklers kapacitetsforbrug til samling af cykler, som ses i række 4. Sagt på en anden måde beregner formlen altså produktionsprogrammets udnyttelse af den knappe faktor samling. I de efterfølgende rækker er der tilsvarende beregninger af, hvor meget produktionsprogrammet trækker på den pågældende begrænsning. I celle D10 (målcellen) er der indtastet en formel, der vil vise det samlede dækningsbidrag, som er lig med de producerede cykler ganget med deres dækningsbidrag pr. stk.

Problemløser

Efter indtastningen er sket som vist i fig. 2 ovenfor skal Problemløseren anvendes. Problemløseren startes ved at klikke på Problemløser i gruppen Analyse på fanebladet Data. Herved kommer der følgende boks (problemløserparametre) frem, se næste side:

Problemløserparametre	
Angiv målcelle:	Løs
Lig med: Maks. Min. Værdi af: Ved redigering af cellerne	Luk
Underlagt betingelserne	Indstillinger
Erstat	Nulstil <u>a</u> lle
Slet	Hjælp

I dialogboksen skal der indtastes følgende:

Angiv målcelle: Marker celle D10 (eller skriv D10).

Lig med: Maks. er standard.

Ved redigering af cellerne: Marker cellerne B10 til C10.

Underlagt betingelserne: Klik på knappen Tilføj, hvorved følgende dialogboks fremkommer:

Tilføj betingelse			
Cellereference:		Betingelse:	
I 📧	<=	¥	
OK Annuller	·	<u>T</u> ilføj	Hjælp

I feltet Cellereference anføres den pågældende rækkes sumformel, som i eksemplet er cellerne D4 til D7. I feltet Betingelse anføres den pågældende rækkes begrænsninger, som i eksemplet er cellerne F4 til F7. Den nemmeste måde at anføre cellerne på, er ved at klikke på dem. Den udfyldte boks ser således ud:

Tilføj betingelse		
Cellereference:		Betingelse:
\$D\$4:\$D\$7] <= 🖌	=\$F\$4:\$F\$7
OK Annul		<u>Tilføj</u> <u>Hjælp</u>

Klik på OK.

Herefter ser dialogboksen Problemløserparametre ud som vist i skærmbilledet nedenfor:

Problemløserparametre	×
Angiv målcelle: Lig med: Maks. Min. Værdi af: 0 Ved redigering af cellerne	Løs Luk
\$B\$10:\$C\$10 Gæt Underlagt betingelserne \$D\$4:\$D\$7 <= \$F\$4:\$F\$7	Indstillinger
Erstat Slet	Nulstil <u>a</u> lle Hjælp

I dialogboksen klikkes på knappen Indstillinger, hvorved der kommer en ny dialogboks (Problemløserindstillinger) frem:

Problemløserindstillinger 🛛 🔀				
Maks. tid:	100 sekunder	ОК		
Gentagelser:	100	Annuller		
Præcision:	0,000001	Indlæs model		
Tolerance:	5 %	Ge <u>m</u> model		
Konvergens:	0,0001	Hjælp		
Antag lineær model 📃 Anvend autoskalering				
Antag ikk <u>e</u> -negativ 📃 <u>V</u> is gentagelsesresultater				
skøn	afledte	søg		

I dialogboksen skal der markeres i "Antag lineær model" og "Antag ikkenegativ". Til slut trykkes på knappen **OK**, som bringer dig tilbage til dialogboksen med Problemløserparametre, som vises herefter, se næste side:

Problemløserparametre	
Angiv målcelle:	Løs
Ved redigering af cellerne	Luk
\$B\$10:\$C\$10	
\$D\$4:\$D\$7 <= \$F\$4:\$F\$7	Indstillinger
	Nulstil <u>a</u> lle
	Hjælp

I ovenstående dialogboks trykkes på knappen ${\bf L} {\it {\it gs}},$ hvilket resulterer i at nedenstående dialogboks fremkommer:

Problemløserresultater	
Problemløser har fundet en løsning. Alle betingelse optimalitetsforhold er opfyldt.	er og Rapporter
 Behold Problemløser-løsning Nulstil oprindelige værdier 	Svar Sensitivitet Grænse
OK Annuller <u>G</u> em s	cenario <u>Hj</u> ælp

Dialogboksen viser, at der er fundet en løsning. Klik på **OK** for at gemme løsningen. Ved at klikke på OK sættes løsningen automatisk ind i regnearket, og dialogboksen lukkes. Herefter vises regnearket, nu med de optimale værdier i række 10. Regnearket er vist i fig. K.3 på næste side.

	А	В	С	D	Е	F
1		Citybike (x)	Mountainbike (y)	I alt		
2	Kriteriefunktion (max. DB)	800	1.200			
3	Begrænsninger:					
4	Samling, timer	2	4	48	<	48
5	Klargøring, timer	1	1	20	<	20
6	Max. afsætning, vare x, stk.	1		16	<	20
7	Max. afsætning, vare y, stk.		1	4	<	12
8						
9	Løsning:			DB		
10	Optimale værdier	16	4	17.600		

Fig. K.3 Resultater i Excel.

I fig. K.3 kan du se, at Wheels ApS skal afsætte 16 stk. citybike og 4 stk. mountainbike den kommende uge. Det samlede dækningsbidrag bliver ved denne kombination kr. 17.600. Desuden kan du i kolonne D se, at begge de knappe kapaciteter, samling og klargøring, udnyttes i fuldt omfang.