

Eksamen i

SCM200 Lager- og produksjonsstyring

Eksamensdag	: Eksamen fredag 10. mai 2019
Tid	: 09:00 – 14:00 (5 timer)
Faglærer/telefonnummer	: Molde og Kristiansund: Bård-Inge Pettersen / 477 11 886
Hjelpemidler	: Alle trykte og skrevne hjelpemidler + kalkulator som kan inneholde data
Antall sider inkl. forsiden	: 14
Målform	: Norsk (bokmål)

Noen generelle råd:

- **Skriv rett inn. Ikke bruk så mye tid på kladding.**
- **Det er totalt 4 oppgaver.**

Skretting er en norsk bedrift som produserer fiskefôr.

Skretting har 300 ansatte fordelt på tre lokaliteter: Stavanger, Averøy og Stokmarksnes. Totalt produserer fabrikkene ca. 540 000 tonn fiskefôr i året. Fabrikken på Averøy, ligger ved Kristiansund ut mot kysten, er den største fabrikken med kapasitet på ca. 425 00 tonn i året.

For oppgavene i denne eksamenen må dere bruke følgende informasjon:

1) Produkter

- Skretting leverer fiskefôr til følgende fiskearter:
 - laks
 - regnbueørret
 - torsk
 - kveite
 - røye
 - rognkjeks
 - leppefisk
- For hver fiskeart leveres forskjellige produkter etter funksjon eller stadi i livssyklusen. Laks har for eksempel følgende subkategorier:
 - helse
 - stamfisk
 - settefisk
 - overgang
 - matfisk
 - medisin
- Noen av artene får også vinterfôr tilpasset ved lave temperaturer.



Figur 1: Skretting sin fabrikk på Averøy.

2) Etterspørsel:

- Skretting har en høysesong om sommeren og en tilsvarende lavsesong om vinteren. Dette kommer av at fiskene spiser opp mot dobbelt så mye ved høye temperaturer enn lave.
- Noen av produktene leveres til flere fiskearter og har dermed en aggregert etterspørsel.

3) Produksjon

- Fabrikkene har flere produksjonslinjer som produserer fiskefôr parallelt.
- Produktene produseres i serier hvor det forekommer relativt høye omstillingskostnader.
- Fabrikkene har en begrenset produksjonskapasitet de må forholde seg til, spesielt om sommeren (høysesong).

4) Lager

- Produktene lagres i store tanker, se figur 2.
- Skretting opererer med sikkerhetslager.
- Servicegraden på lageret er 95%.



Figur 2: Lagertanker.

Oppgave 1: (prognostisering, 25 %)

Et av de mest tradisjonelle produktene hos Skretting er fiskefôret ”*Protec*”, se figur 3. Produktet gis både til settefisk og matfisk. Det er dokumentert at Protec:

”styrker fisk i møte med virus, parasitter og sykdomsframkallende bakterier”

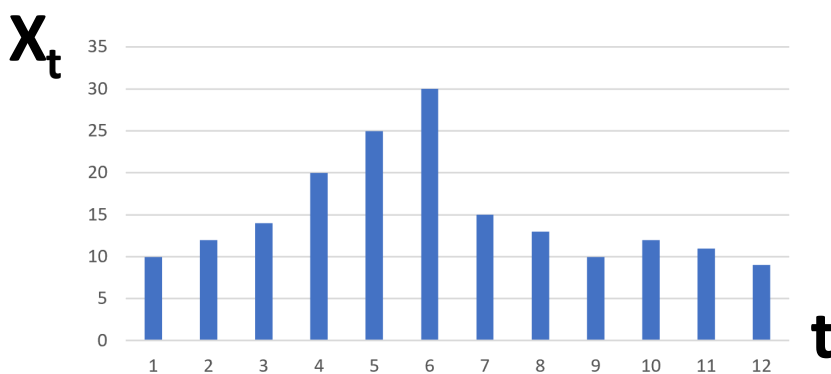


Figur 3: Protec.

Tabell 1 viser månedslige salg X_t for Protec ved fabrikkene på Averøy for 2018 i antall tonn.

Måned ($t = 1, \dots, 12$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Salg X_t	10	12	14	20	25	30	15	13	10	12	11	9

Tabell 1: Salg X_t (antall tonn).



Figur 4: Salg X_t (antall tonn).

- a) 5% Planleggerne ved fabrikken har bestemt seg for å bruke metoden eksponentiell glatting med glattingsparameter $\theta = 0.8$ som prognosemetode, dvs. $ES(\theta = 0.8)$.

Argumenter kort hvorvidt de bør bruke denne metoden eller ikke.

For å ta høyde for sesongen om sommeren, har planleggerne estimert seg frem til 12 indekser S_t , én for hver måned t . Hensikten med en indeks er å transformere vekk sesongen slik at vi sitter igjen med et tilfeldig mønster:

$$Y_t = S_t X_t \quad (1)$$

hvor $t = 1, 2, 3, \dots, 12$ og

$$X_t = \text{salg (sesongvariasjoner) med tilhørende prognoser } F_t \quad (2)$$

$$Y_t = \text{transformert salg (tilfeldig mønster) med tilhørende prognoser } G_t \quad (3)$$

altså Y_t er de nye transformerte dataene som vi får etter at sesongavhengigheten er fjernet. Anta indeksene er gitt ved:

Måned ($t = 1, \dots, 12$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sesongindeks S_t	1.2	1.0	0.9	0.6	0.4	0.32	0.7	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5

Tabell 2: Sesongindekser S_t .

Anta at planleggerne nå vil benytte eksponentiell glatting med glattingparameter $\theta = 0.8$, dvs. $ES(\theta = 0.8)$, som prognosemetode på de transformerte dataene Y_t .

- b) 5% Argumenter hvorvidt de bør bruke $ES(\theta = 0.8)$ på de transformerte dataene Y_t eller ikke.

I tabell 3 har vi allerede regnet ut de historiske prognosene G_t for Y_t for de 9 første månedene.

Måned ($t = 1, \dots, 12$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prognoser G_t	-	12	12	12.12	12.10	11.68	11.26	11.11	12.01	?	?	?

Tabell 3: Prognoser G_t .

- c) 10% Regn ut de historiske prognosene G_{10} , G_{11} og G_{12} for Y_t .
Avrund til 2 desimaler.

- d) 5% Prognosene F_t for X_t kan nå fås ved å transformere prognosene G_t for Y_t via indeksene S_t , se lign.(1).

Regn ut prognosene F_{10} , F_{11} og F_{12} .
Avrund til 2 desimaler.

■



Figur 5: Fabrikken på Averøya.

Oppgave 2: (aggregert planlegging, 25 %)

På grunn av sesongavhengigheten i salget av fiskefôr, ønsker ledelsen i Skretting at det lages **aggregerte planer** for 2019 for fabrikken på Averøy. Hensikten med planene er å sikre seg at kapasitet, lager og kostnader balanseres på best mulig måte gjennom året.

For å fange opp sommersesongen korrekt, har de splittet opp året i **6 perioder** hvor hver periode utgjør 2 måneder.

I tillegg har de slått sammen etterspørselen i familier av nært relaterte produkter basert på funksjon. Anta de har totalt 6 familier:

- helse
- stamfisk
- settefisk
- overgang
- matfisk
- medisin

Tabell 4 oppsummerer den aggregerte etterspørselen for 2019.

Periode ($t = 1, \dots, 6$)	1	2	3	4	5	6	sum
helse $i = 1$	3	5	7	6	7	4	32
stamfisk $i = 2$	9	11	18	20	9	8	75
settefisk $i = 3$	10	12	14	18	10	8	72
overgang $i = 4$	5	6	8	9	4	4	36
matfisk $i = 5$	21	22	45	50	23	19	180
medisin $i = 6$	2	4	5	6	5	3	25

Tabell 4: Aggregert etterspørsel (antall 1000 tonn).

Lagerkostnaden er satt til 100 000 NOK per 1000 tonn per periode per familie. På grunn av kvalitetsforskjeller har familiene forskjellig bearbeidingstider. Tabell 5 oppsummerer dataene. Startlager per familie er også inkludert i tabellen. Anta alle sluttlagre er null.

Familie	helse	stamfisk	settefisk	overgang	matfisk	medisin
Bearbeidingstid (timer)	6	4	5	6	5	7
Startlager (1000 tonn)	1.5	4	5	2	10	0.5

Tabell 5: Bearbeidingstid for å produsere 1000 tonn av en familie og startlager per familie.

Anta fabrikken har effektiv kapasitet på totalt 280 timer per periode.

- a) 5% Vis ved regning at fabrikken totalt sett ikke har nok kapasitet til å produsere all etterspørselen gjennom året. ¹

Siden fabrikken ikke har nok kapasitet til å produsere all etterspørsel, åpnes det opp for utvidet antall produksjonstimer ved hjelp av overtid. Anta at maksimalt antall ekstra produksjonstimer per periode er 120 timer og at hver ekstra produksjonstime koster 5 000 NOK. ²

Bedriften ønsker å minimere totale lager- og overtidskostnader samtidig som at kapasiteten ikke overskrides.

- b) 5% Definer alle dataene i modellen.

- c) 5% Definer alle variablene i modellen.

- d) 5% Beskriv målfunksjonen i modellen. ³

- e) 5% Beskriv alle føringene i modellen.



¹Hint: Bruk verdiene i kolonnen ”sum” helt til høyre i tabell 4.

²Dette er ekstrakostnaden som følge av at produksjonen foregår på overtid for ansatte og maskiner.

³Summen av totale lager- og overtidskostnader.

Oppgave 3: (EOQ, 25 %)

Vi skal i denne oppgaven fortsette analysen vår for produktet ”Oxolinsyre vet” som er reseptbelagt medisinfor til atlantisk laks.

Produksjonsplanleggerne har bestemt seg for å benytte EOQ -formelen for å bestemme seriestørrelsen til produktet, siden produktet viser relativt stabilt salg.

Anta vi har oppgitt følgende data for produktet:

$$D = 2300 \quad \text{gjennomsnittlig antall tonn solgt per år} \quad (4)$$

$$\sigma = 500 \quad \text{årlig standardavvik for salget} \quad (5)$$

$$H = 200 \quad \text{lagerkostnad i NOK per tonn per år} \quad (6)$$

$$S = 5000 \quad \text{omstillingskostnader i NOK per serie} \quad (7)$$

$$L = 3 \quad \text{ledetid i produksjonen i antall uker} \quad (8)$$

$$Z_{99} = 2.33 \quad \text{sikkerhetsfaktoren for 99 \% servicegrad} \quad (9)$$



Figur 6: Oxolinsyre vet.

- a) 5% Planleggerne har gått gjennom alle forutsetningene for at EOQ gjelder, og de har konkludert med at alle forutsetningene er *tilnærmet* gyldige.

Forklar kort hvorfor EOQ gir en god tilnærming til optimal seriestørrelse til tross for at forutsetningene kun er tilnærmet gyldige.

- b) 5% Regn ut optimal seriestørrelse X^* for produktet. Avrund svaret til 2 desimaler.

Regn ut totale lager- og omstillingskostnader per år.

Avrund svaret til hele 1000 NOK.

- c) 5% Regn ut sikkerhetslageret som gir en servicegrad på 99 %.

Hvor mye koster sikkerhetslageret per år?

Avrund svaret til hele 1000 NOK.

På grunn av det relativt store sikkerhetslageret fra oppgave **3c** vurderer planleggerne å *redusere* servicegraden til 95 %. Problemet med å sette servicegraden lavere er at det gir *motstridende* økonomiske konsekvenser:

1) Reduserte kostnader: (**gevinst**)

- a) Dersom servicegraden reduseres, si $Z_{95} < Z_{99}$, så reduseres også sikkerhetslageret med $\Delta SS = (Z_{99} - Z_{95})\sqrt{L} \sigma$.
Tilhørende reduserte lagerkostnader blir da $\Delta SS \cdot H$.
- b) Med redusert servicegrad kan man også regne med redusert etterspørsel $D' < D$ pga. misfornøyde kunder.
Redusert D' vil gi redusert optimal ordrestørrelse $X^{*'} = \sqrt{2D'S/H}$.
Tilhørende reduserte lagerkostnader blir da $\Delta C^* = (X^* - X^{*'}) \cdot H$.

2) Tapt inntekt: (**tap**)

Men redusert etterspørsel D gir også tapte inntekter pga. tapt salg. La

$$C_{tap} = \text{kostnaden for å miste en enhet etterspørsel} \quad (10)$$

Tilhørende tapt inntekt er da $\Delta I = (D - D') \cdot C_{tap}$.

Konklusjon:

Effektene ovenfor trekker i hver sin retning. Om det er økonomisk lønnsomt å redusere servicegraden må det regnes på.

Anta at markedsavdelingen har estimert at den reduserte etterspørselen blir $D' = 2\,100$ tonn per år dersom servicegraden senkes til 95 %.

Sikkerhetsfaktoren for servicegrad 95 % er $Z_{95} = 1.64$.

- d) **10%** Regn ut hvor stor kostnaden C_{tap} maksimalt kan være før Skretting taper penger på å senke servicegraden til 95%. ⁴ ⁵



⁴Dette inntreffer når **gevinst** = **tap**.

⁵Dette er en vanskelig oppgave (A-oppgave).

Oppgave 4: (Wagner - Whitin, 25 %)

Vi skal i denne oppgaven skal vi lage en 6 ukers rullerende master produksjonsplan for produktet ”*Express*”, som er et vekstfôr for laks.

Etterspørselen varierer kraftig fra uke til uke på grunn av flere faktorer som temperatur, tilgjengelighet ved båter etc. Etterspørselen de neste 6 ukene er gitt i tabell 6.

På grunn av fleksibiliteten ved produksjonslinjene, antar vi at kapasiteten ikke er et problem ila. av en uke.

Uke ($t = 1, \dots, 6$)	1	2	3	4	5	6
Etterspørsel	150	120	180	110	140	100

Tabell 6: Etterspørselen for Express i antall tonn.



Figur 7: Express.

Anta vi har oppgitt følgende data:

$$H = 20 \quad \text{lagerkostnad i NOK per tonn per uke} \quad (11)$$

$$S = 4000 \quad \text{omstillingskostnader i NOK per serie} \quad (12)$$

$$I_0 = 100 \quad \text{startlager ved inngangen av 2019} \quad (13)$$

$$I_6 = 30 \quad \text{sluttlager ved utgangen av 2019} \quad (14)$$

All etterspørsel skal oppfylles.

Målet er å bestemme produksjonsplanen som minimerer totale lager- og omstillingskostnader i henhold til Wagner-Withins modell.

a) 15% Finn minimale lager- og omstillingskostnader ved hjelp av Wagner-Withins algoritme.⁶

b) 5% Finn optimal produksjonsplan, dvs. for hver periode $t = 1, \dots, 6$, bestem følgende:

- Hvorvidt produksjon finner sted (Y_t -variablene)?
- Hvor mye produseres (X_t -variablene)?
- Hvor mye overlagres til neste periode (I_t -variablene)?

c) 5% Hvorfor er det hensiktsmessig å bruke Wagner-Withins algoritme fremfor standard programvare som f.eks. Lingo for å finne optimale master produksjonsplaner?

Begrunn svaret kort.



⁶Påpek eventuell bruk av *horisontteoremet*.