



Jernbaneverket

***SPORSTRØMMER
OG
POTENSIALER
I
KONTAKTLEDNINGS-
ANLEGG***

Jernbaneverket
Biblioteket

INNHOLD

Innledning

Begreper

Parametre

System A

System B

System C

Referanser

Bilag

INNLEDNING

Hensikten med denne rapporten er å visualisere forløp og størrelser til sporstrømmer og potensialer i kontaktledningsanlegget. Dette gjøres ved opptegning av grafene til endel viktige ligninger. Grafer for realverdier, imaginærverdier, vinkler og absoluttverdier, av sporstrømmer og potensialer, er tegnet for avledning lik 0,1 og 1,0 S/km. Det forutsettes at vi ikke har forsterkningsledning, og at fremstrømmen I_f i ligningene og grafene dermed kan settes lik kontaktledningsstrømmen. Rapporten er utarbeidet av Frode Nilsen. Eventuelle kommentarer mottas med takk.



Frode Nilsen

Jernbaneverket Ingeniørtjenesten

06.05.97

BEGREPER

Y : avledning $\left[\frac{S}{km} \right]$

γ : gangkonstant $\left[\frac{1}{km} \right]$

ζ : bølgeimpedans $[\Omega]$

k_1, k_2, k_3 : andelsfaktorer

L : matelengde $[km]$

I_F : fremstrøm $[A]$

I_m : magnetiseringsstrøm $[A]$

L_{be} : belastningspunkt

L_{ne} : returledningens nedføringspunkt

S : sugetransformatoravstand $[km]$

PARAMETRE

Det er benyttet følgende parametre:

For $Y=0,1$:

$$\gamma = 0,123 + j0,09$$

$$\zeta = 1,21 + j0,89$$

$$k_1 = 0,6 + j0,063$$

$$L = 30$$

For $Y=1,0$:

$$\gamma = 0,389 + j0,283$$

$$\zeta = 0,389 + j0,283$$

$$k_1 = 0,6 + j0,063$$

$$L = 30$$

SYSTEM A

Med system A menes et kontaktledningsanlegg uten sugetransformatorer og returledning.

Den totale sporstrømmen I_s , for system A, består av en innmatet strømkomponent $I_{s(A+B)}$ og en indusert strømkomponent I_{si} . Ligningene for disse kan skrives som:

$$I_{s(A+B)} = -\frac{1}{2} I_F \cdot \left[e^{-\gamma x} + e^{-\gamma(L-X)} \right], \quad 0 \leq X \leq L$$

$$I_{si} = -\frac{1}{2} I_F \cdot k_1 \cdot \left[2 - e^{-\gamma x} - e^{-\gamma(L-X)} \right], \quad 0 \leq X \leq L$$

$$I_s = I_{s(A+B)} + I_{si} = -I_F \cdot \left[k_1 + (1 - k_1) \frac{e^{-\gamma(L-x)} + e^{-\gamma x}}{2} \right], \quad 0 \leq X \leq L$$

Grafene for ligningene er tegnet i henholdsvis bilag 1, 2, og 3. Bilag 4 og 5 viser komponentene for $Y=0,1$ og $1,0$ inntegnet i samme diagram. Momentanverdien av total sporstrøm er vist tredimensjonalt i bilag 6. Vi ser av grafene at den resulterende sporstrøm øker med avtakende avledning, og at forskjellen i sporstrømmer og potensialer ved $Y = 1,0$ og $Y = 0,1$ er betydelige.

For potensialet gjelder følgende ligning:

$$U_s = \zeta \cdot I_F \cdot \left[(1 - k_1) \frac{e^{-\gamma(L-x)} - e^{-\gamma x}}{2} \right], \quad 0 \leq X \leq L$$

Grafen for ligningen er tegnet i bilag 7.

SYSTEM B

Med system B menes et kontaktledningsanlegg med sugetransformatorer men uten returledning.

Den totale sporstrømmen I_S , for system B, kan skrives som:

$$I_S = -I_F \cdot \left[k_1 + \left(1 - k_1 - \frac{I_m}{I_F} \right) \frac{\cosh\left\{ \gamma \left(\frac{S}{2} - x \right) \right\}}{\cosh\left(\frac{\gamma \cdot S}{2} \right)} \right]$$
$$= -I_F \cdot \left[k_1 \cdot \left(1 - \frac{\cosh\left\{ \gamma \left(\frac{S}{2} - x \right) \right\}}{\cosh\left(\frac{\gamma \cdot S}{2} \right)} \right) + \frac{\cosh\left\{ \gamma \left(\frac{S}{2} - x \right) \right\}}{\cosh\left(\frac{\gamma \cdot S}{2} \right)} - \frac{I_m}{I_F} \cdot \frac{\cosh\left\{ \gamma \left(\frac{S}{2} - x \right) \right\}}{\cosh\left(\frac{\gamma \cdot S}{2} \right)} \right], \quad 0 \leq X \leq S$$

Sporstrømmen kan skrives som en sum av tre sporstrømkomponenter. Den 1. komponenten er forårsaket av induksjonen mellom kontaktledning og spor. Den 2. komponenten er forårsaket av spenningsforskjellen mellom matepunkt og belastningspunkt. Den 3. komponenten forårsakes av magnetiseringsstrømmen som flyter i jord fra belastningspunkt til matepunkt.

Grafene for de tre sporstrømkomponentene er tegnet i henholdsvis bilag 8, 9 og 10. Grafen for den totale sporstrømmen er tegnet i bilag 11. I bilag 12 har vi tegnet grafene til de tre komponenter og den totale sporstrøm i samme diagrammer.

Potensialet kan skrives som:

$$U_S = -I_F \cdot \zeta \cdot \left[\left(1 - k_1 - \frac{I_m}{I_F} \right) \frac{\sinh\left\{ \gamma \left(\frac{S}{2} - x \right) \right\}}{\cosh\left(\frac{\gamma \cdot S}{2} \right)} \right], \quad 0 \leq X \leq S$$

og grafen for sugetransformatoravstander 3 og 6 km er tegnet i henholdsvis bilag 13 og 14. Verdien av skjøtspenningen har vi ved $X=0$.

SYSTEM C

Med system C menes et kontaktledningsanlegg med sugetransformatorer og returledning.

Den totale sporstrøm kan deles i tre strømkomponenter, I_{sI} , I_{sII} og I_{sIII} . Den 1. komponent forsårsakes av induksjon fra kontaktledning og returledning. Den 2. komponent består av induksjon og innmatet sporstrøm. Den 3. komponenten oppstår på grunn av magnetiseringsstrømmen. Total sporstrøm I_s finnes ved å ta den geometriske sum av komponentene.

Dersom vi i det betraktede felt har belastningen til høyre for returledningsnedføringen gjelder følgende ligninger :

$$I_{sI} = -(I_F - I_m) \cdot k_3 \cdot \left[1 - \frac{e^{-\gamma(Lne-x)} + e^{-\gamma x}}{2} \right], \quad 0 \leq X \leq L_{ne}$$

$$I_{sII} = -(I_F - I_m) \cdot \left[k_1 + (1 - k_1) \frac{e^{-\gamma(Lbe-x)} + e^{-\gamma(x-Lne)}}{2} \right], \quad L_{ne} \leq X \leq L_{be}$$

$$I_{sIII} = -I_m \left[k_1 + (1 - k_1) \frac{e^{-\gamma(Lbe-x)} + e^{-\gamma x}}{2} \right], \quad 0 \leq X \leq L_{be}$$

Dersom vi antar ideel montasje av returledningen vil de magnetiske felt fra kontaktledning og returledning oppheve hverandre, og den første strømkomponent I_{sI} kan settes lik 0. Grafene for 2. sporstrømskomponent er tegnet i bilag 15. Den 3. komponenten er vist i bilag 16 (i prosent av I_F) og 17 (i prosent av I_m).

Dersom vi i det betraktede felt har belastningen til venstre for returledningsnedføringen gjelder følgende ligninger :

$$I_{sI} = -(I_F - I_m) \cdot k_3 \cdot \left[1 - \frac{e^{-\gamma(Lbe-x)} + e^{-\gamma x}}{2} \right], \quad 0 \leq X \leq L_{be}$$

$$I_{sII} = (I_F - I_m) \cdot \left[k_2 + (1 - k_2) \frac{e^{-\gamma(Lne-x)} + e^{-\gamma(x-Lbe)}}{2} \right], \quad L_{be} \leq X \leq L_{ne}$$

$$I_{sIII} = -I_m \left[k_1 + (1 - k_1) \frac{e^{-\gamma(Lbe-x)} + e^{-\gamma x}}{2} \right], \quad 0 \leq X \leq L_{be}$$

Som overfor settes den første strømkomponent I_{s1} lik 0. Grafene for 2. sporstrømkomponent er tegnet i bilag 18. Vi forutsetter at k_2 er lik k_1 . Når det gjelder den 3. komponenten er denne identisk med grafene i bilag 16 og 17.

Grafene til potensialene for system C vil bli tegnet ved en senere anledning.

REFERANSER

Per Sture: Lærebok for kontaktledningsingeniører, del II, 1993.

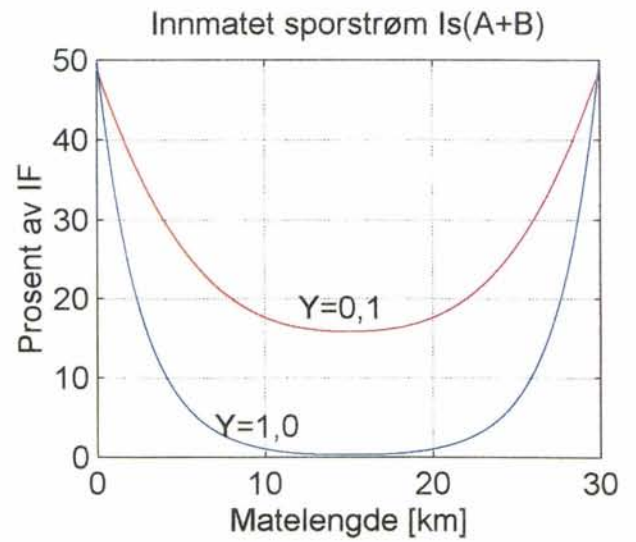
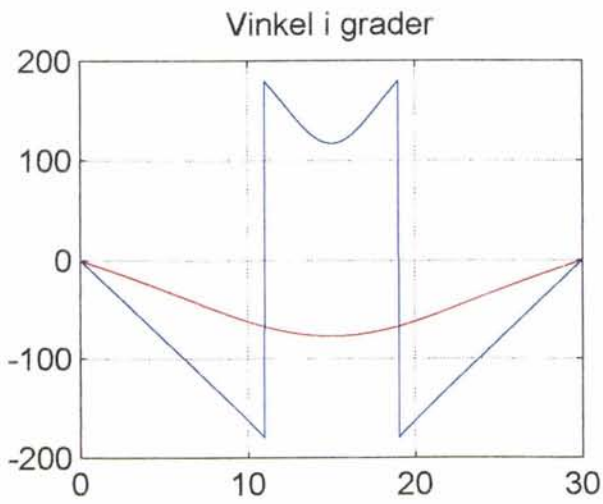
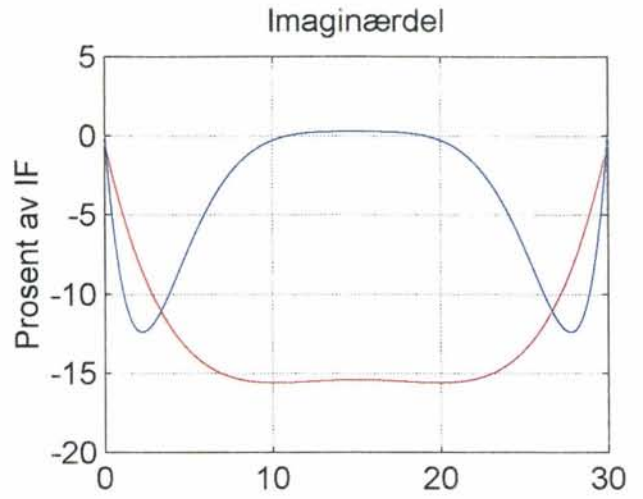
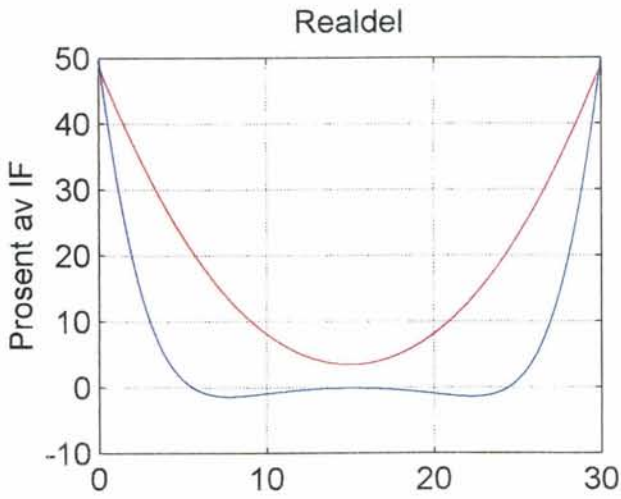
Per Sture: Strømmer, spenningsfall og impedanser i fremledning og returledning ved elektriske baner. 1994.

Per Sture: Sporstrømmer og impedanser for strekninger uten sugetransformatorer. Tekniske meddelelser 1960.

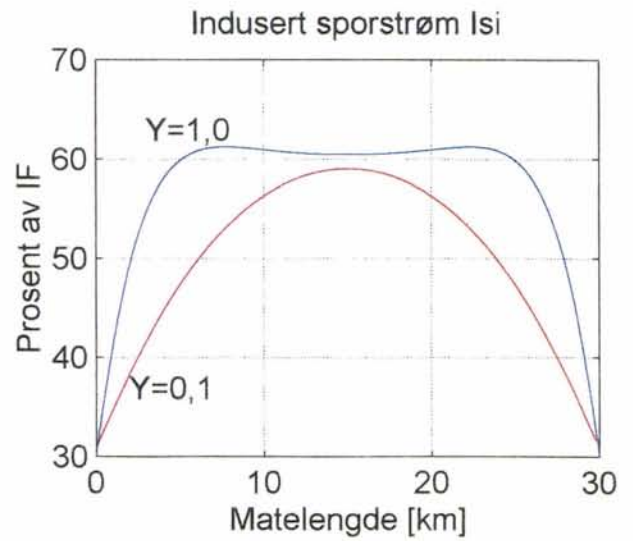
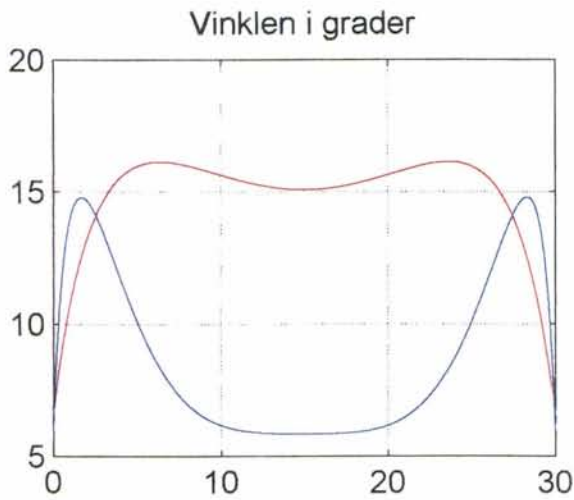
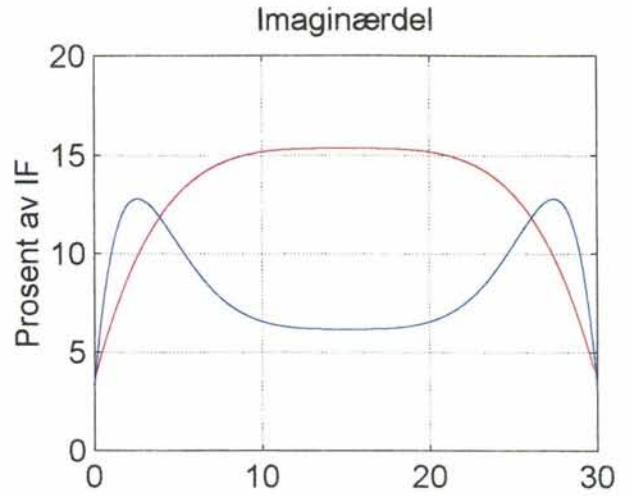
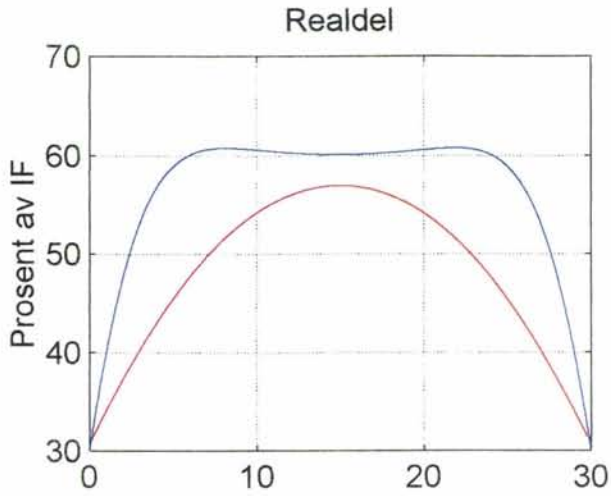
BILAG

- Bilag 1: Innmatat sporstrøm, system A
- Bilag 2: Indusert sporstrøm, system A
- Bilag 3: Total sporstrøm, system A
- Bilag 4: Sporstrømmer ved $Y=0,1$, system A
- Bilag 5: Sporstrømmer ved $Y=1,0$, system A
- Bilag 6: Momentanverdi av den totale sporstrøm, system A
- Bilag 7: Potensialet, system A
- Bilag 8: 1. sporstrømkomponent, system B
- Bilag 9: 2. sporstrømkomponent, system B
- Bilag 10: 3. sporstrømkomponent, system B
- Bilag 11: Total sporstrøm, system B
- Bilag 12: Total sporstrøm ved $Y=1,0$, system B
- Bilag 13: Potensialet, system B, sugetransformatoravstand lik 3 km
- Bilag 14: Potensialet, system B, sugetransformatoravstand lik 6 km
- Bilag 15: 2. sporstrømkomponent, system C. Belastn. til høyre for nedføring
- Bilag 16: 3. sporstrømkomponent i prosent av I_F , system C
- Bilag 17: 3. sporstrømkomponent i prosent av I_m , system C
- Bilag 18: 2. sporstrømkomponent, syst. C. Belastn. til venstre for nedføring

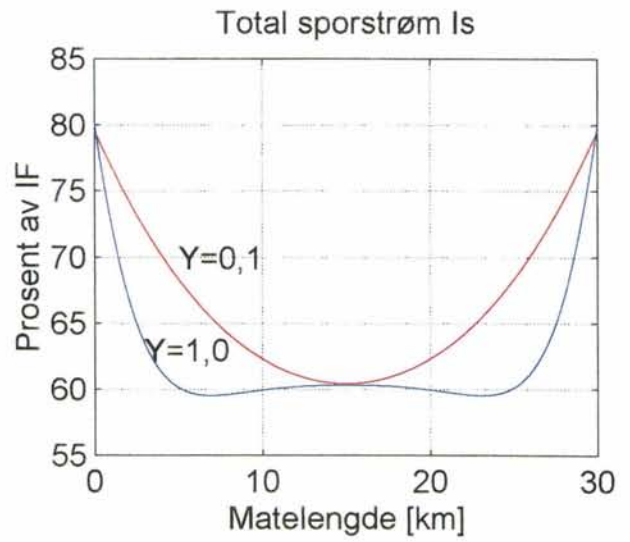
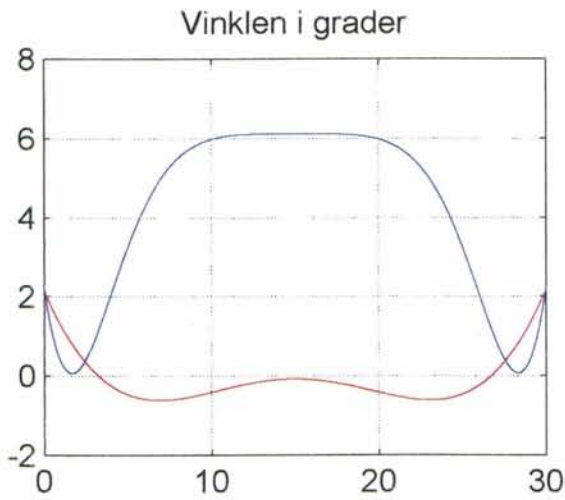
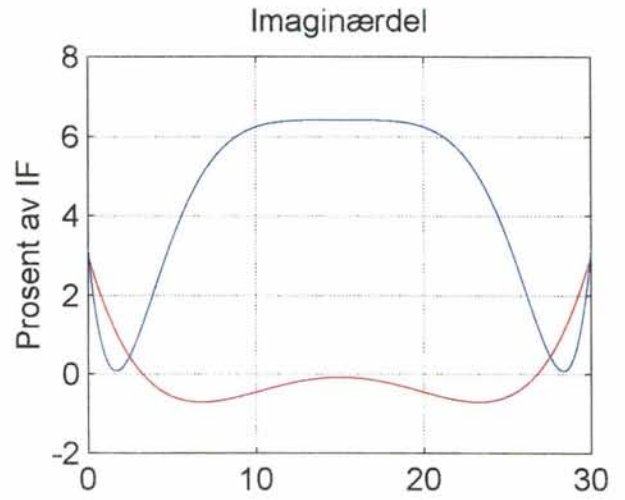
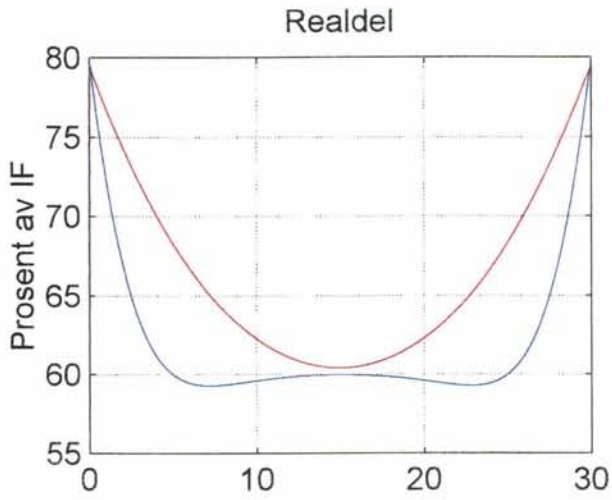
Bilag 1



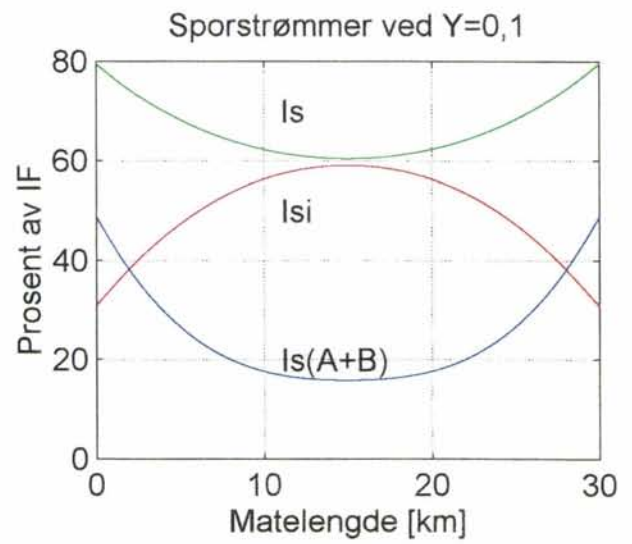
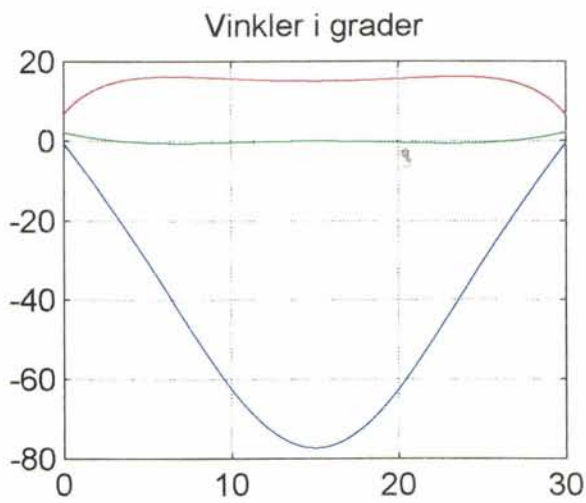
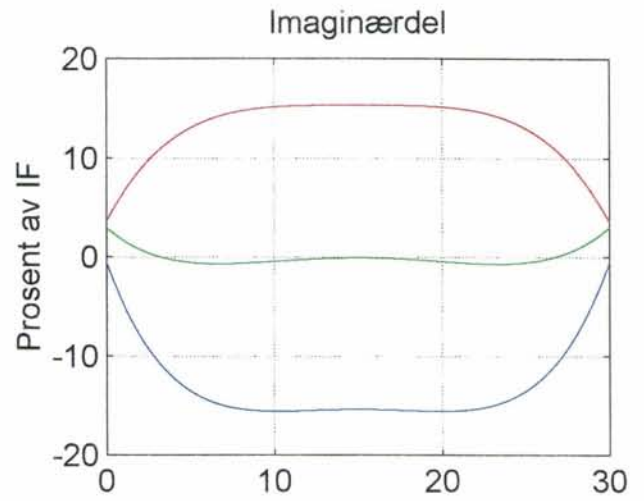
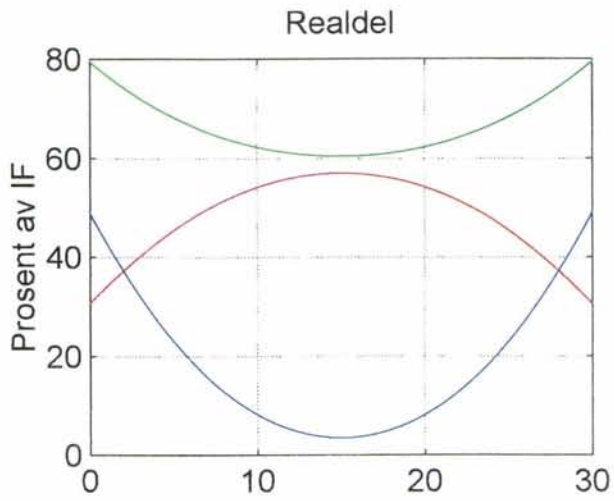
Bilag 2



Bilag 3

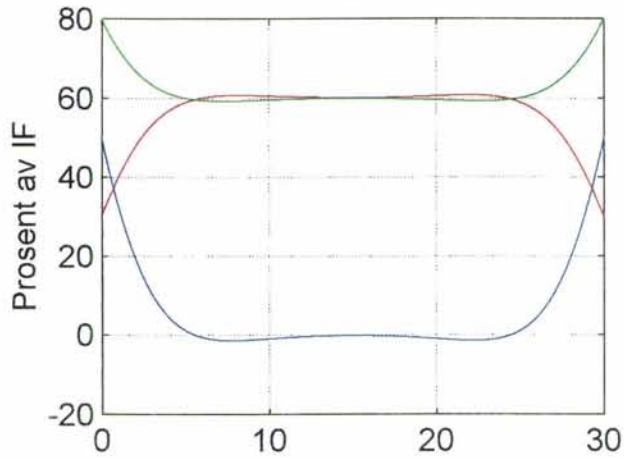


Bilag 4

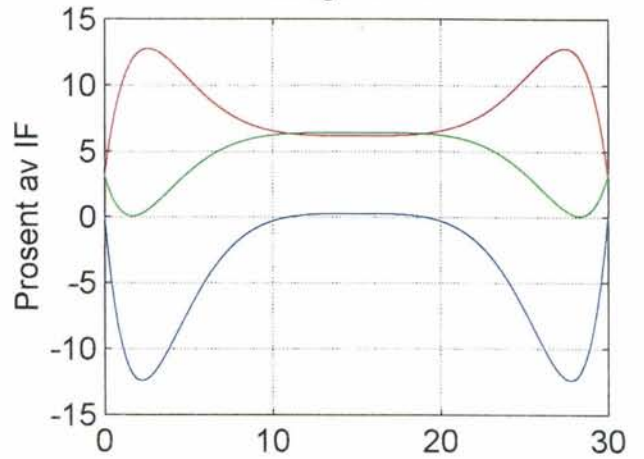


Bilag 5

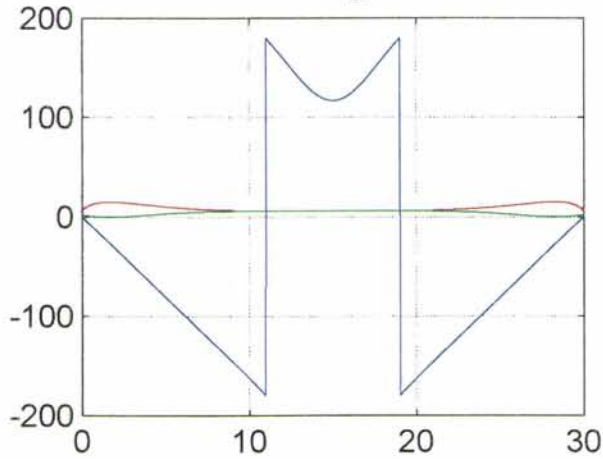
Realdel



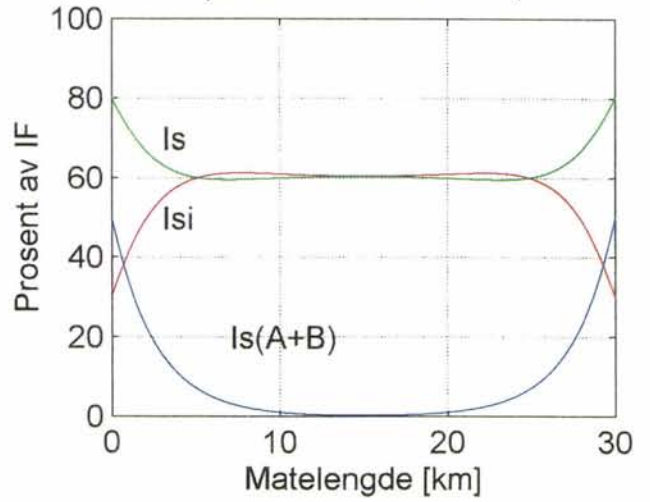
Imaginærdel



Vinkler i grader

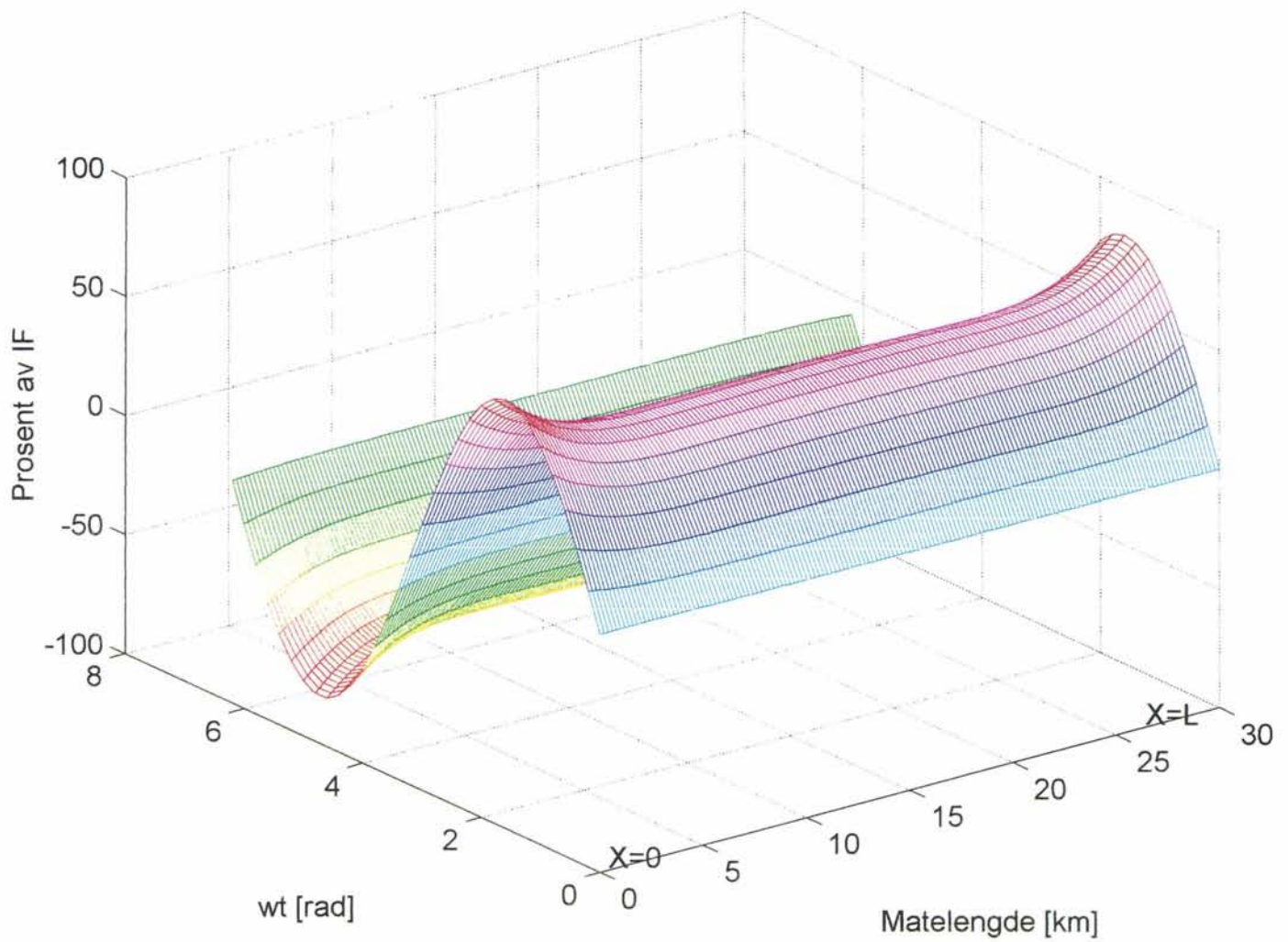


Sporstrømmer ved Y=1,0



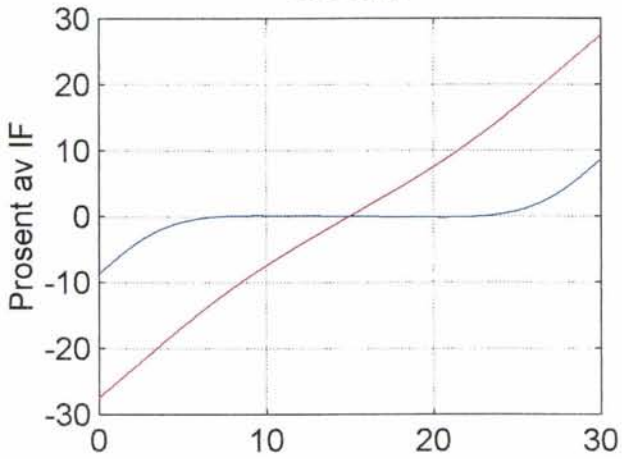
Bilag 6

Momentanverdien av I_s , syst.A, $Y=1,0$

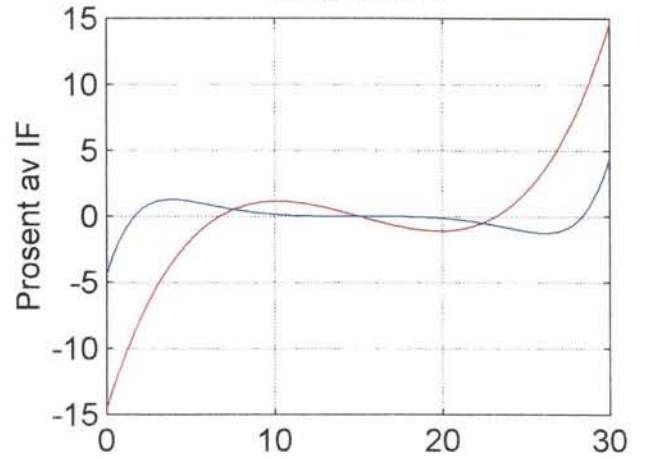


Bilag 7

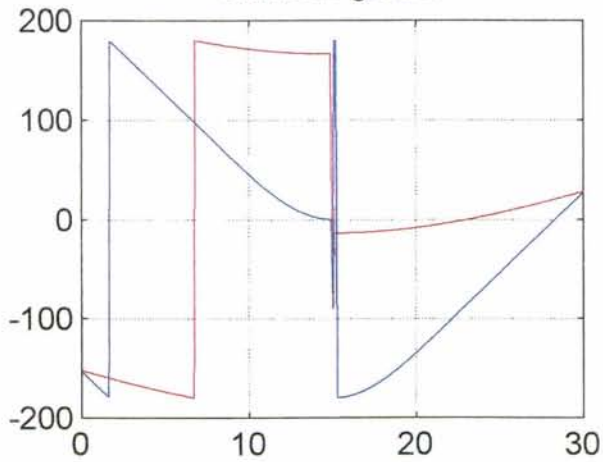
Realdel



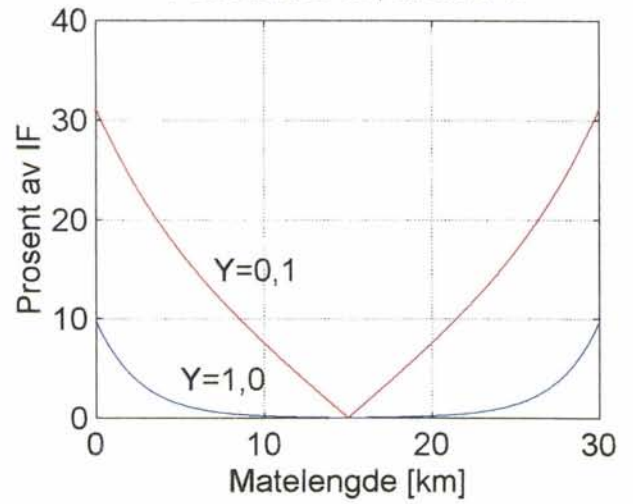
Imaginærdel



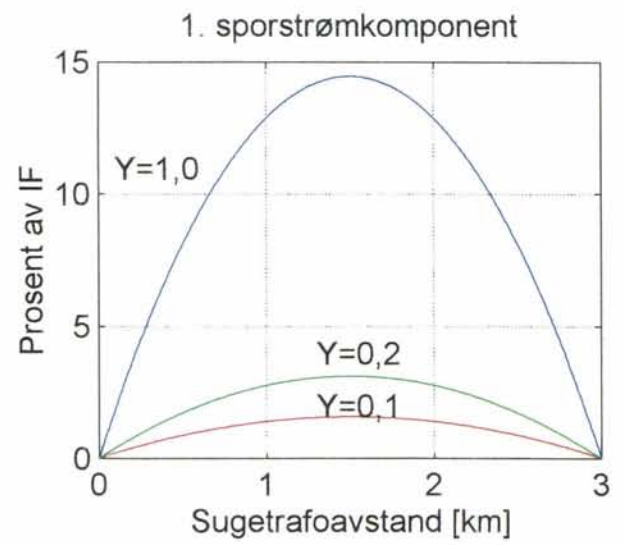
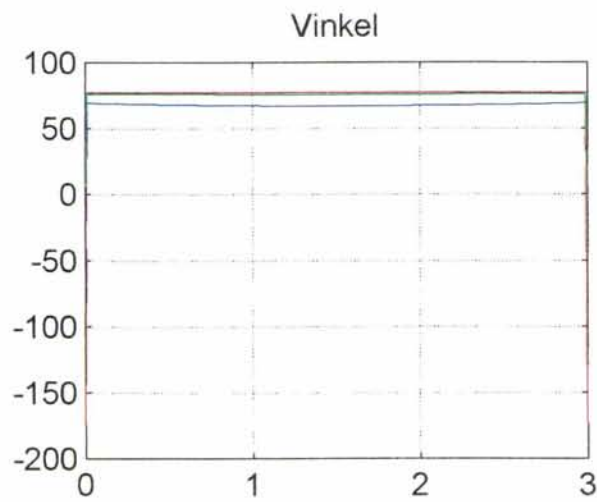
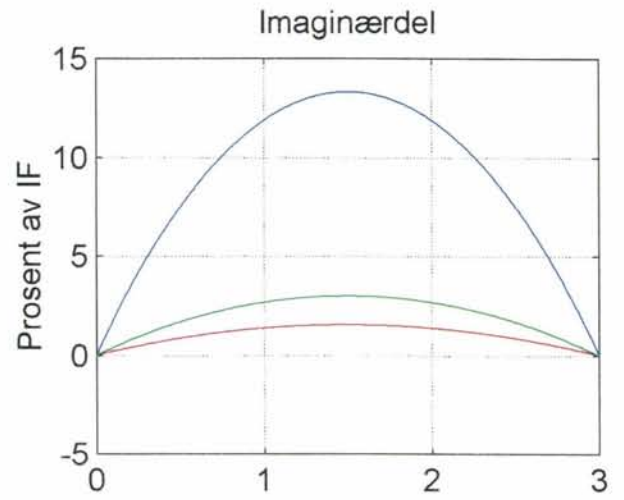
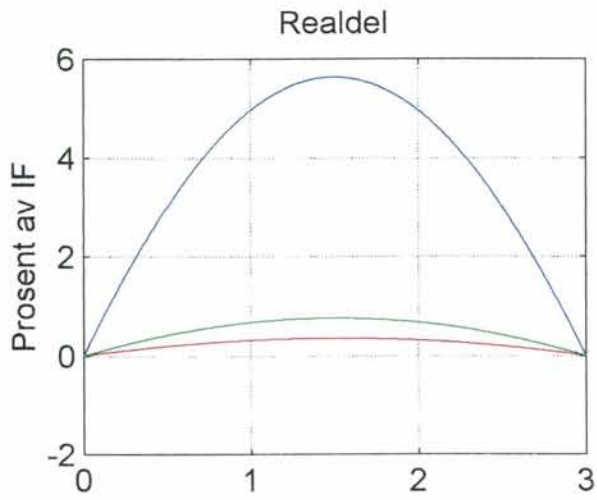
Vinklen i grader



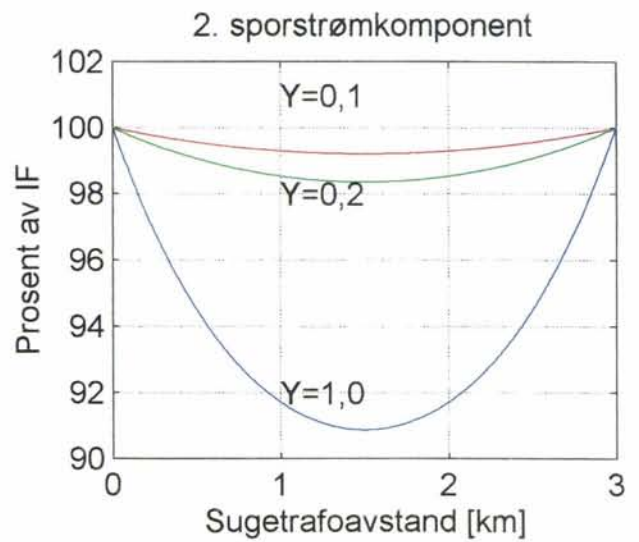
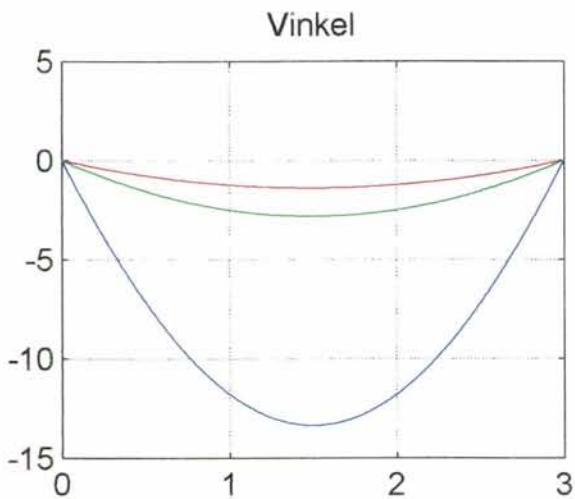
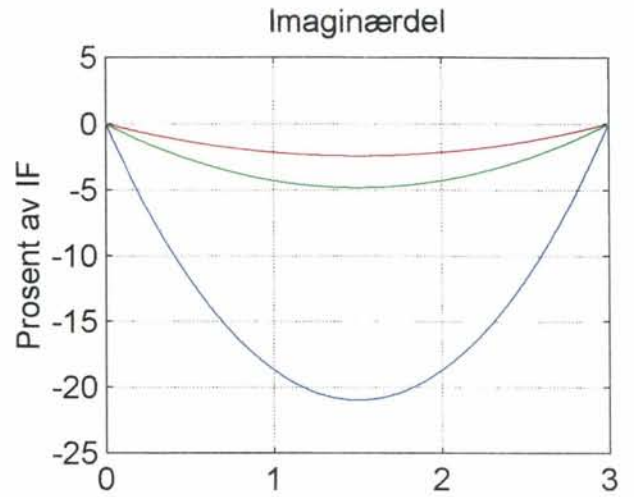
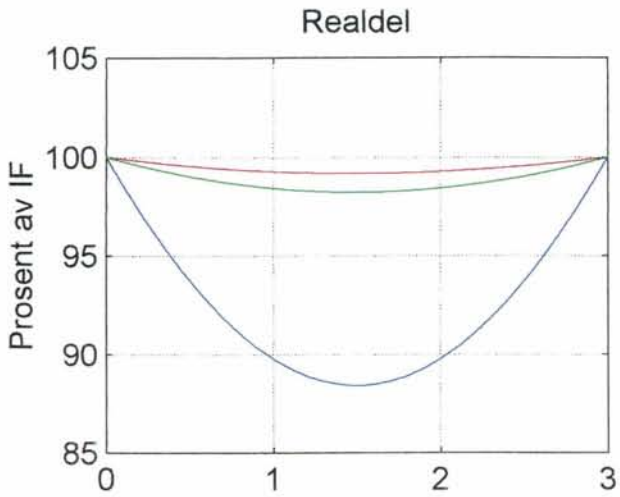
Potensialet U_s , abs.verdi



Bilag 8

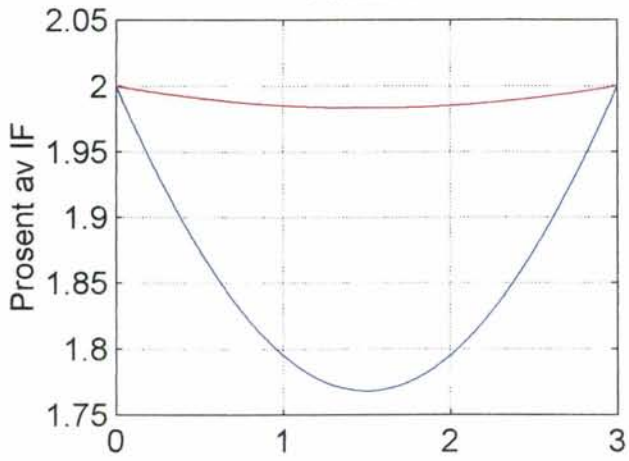


Bilag 9

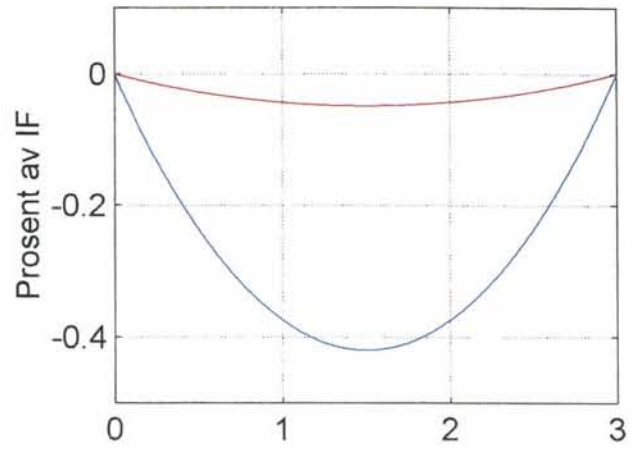


Bilag 10

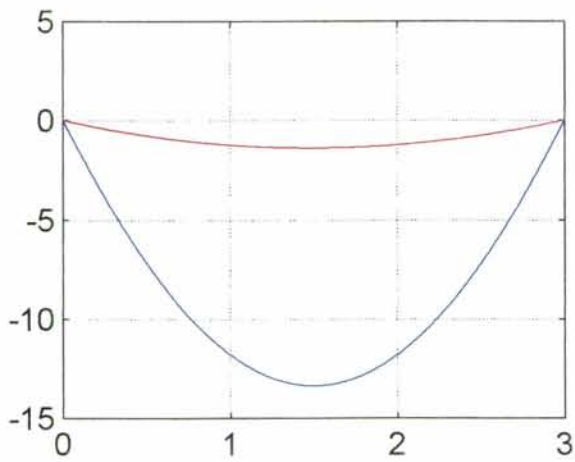
Realdel



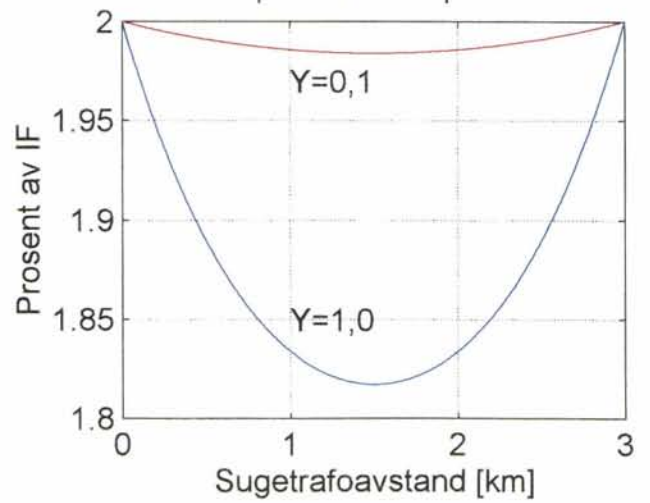
Imaginærdel



Vinkel

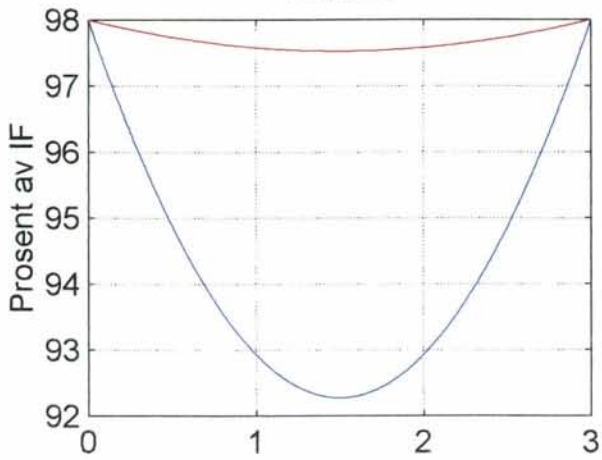


3. sporstrømskomponent

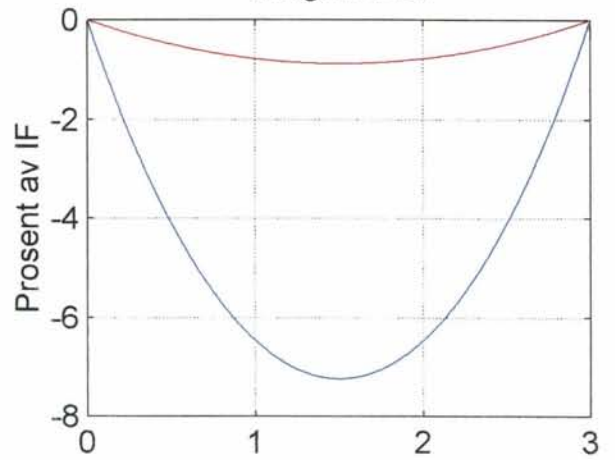


Bilag 11

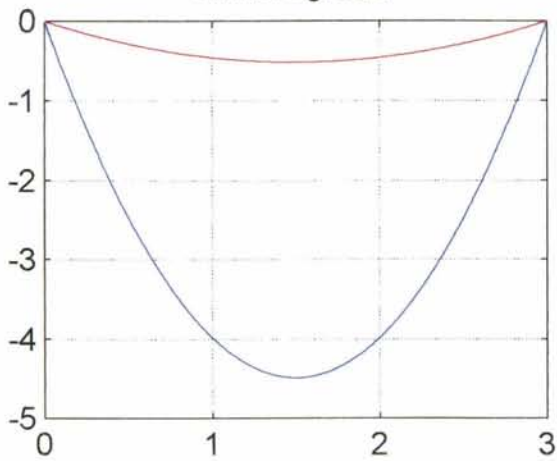
Realdel



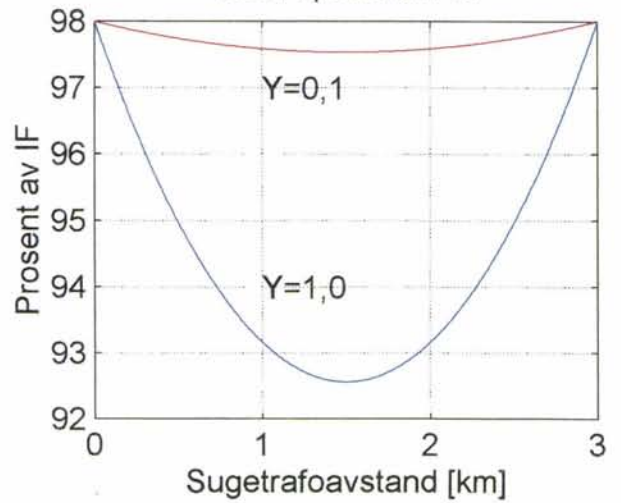
Imaginærdel



Vinkel i grader

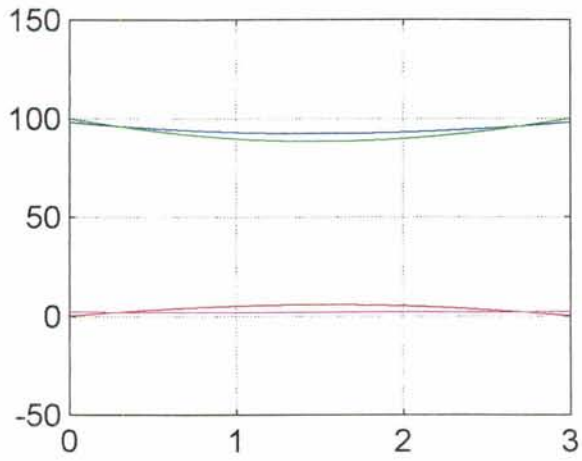


Total sporstrøm Is

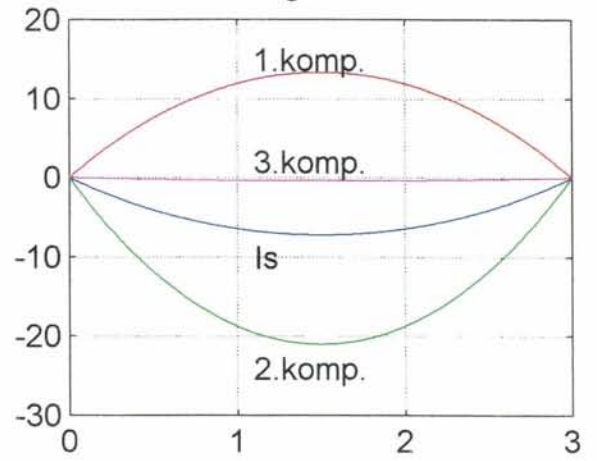


Bilag 12

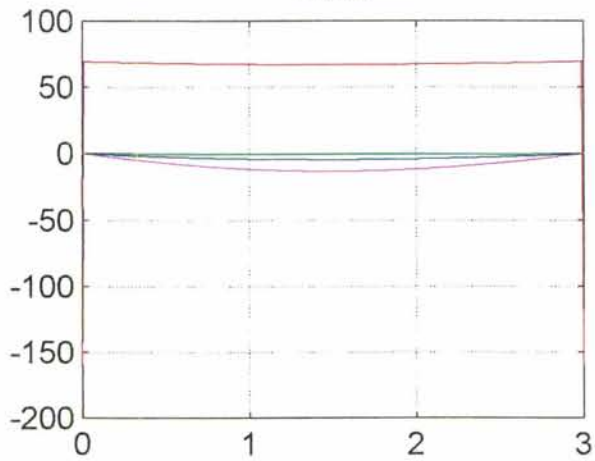
Realdel



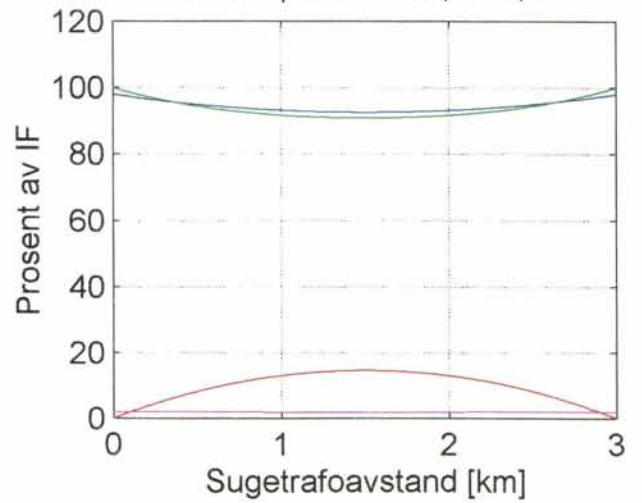
Imaginærdel



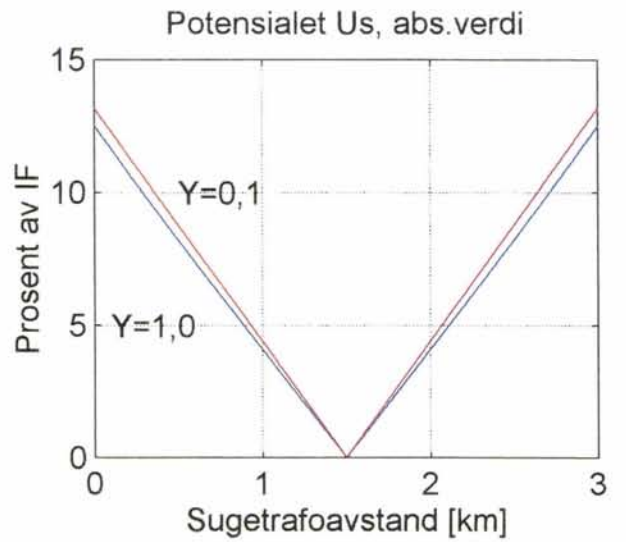
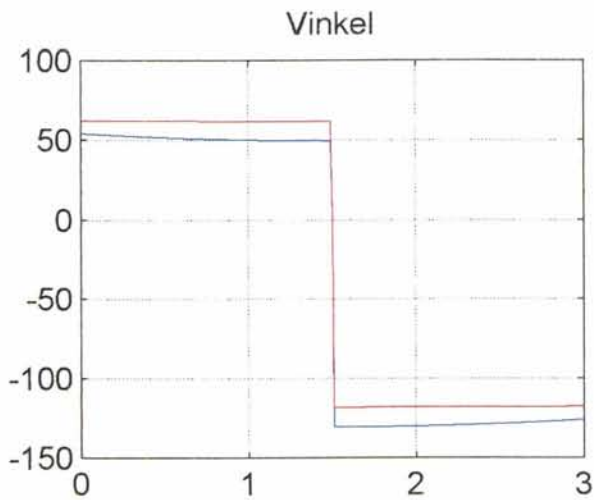
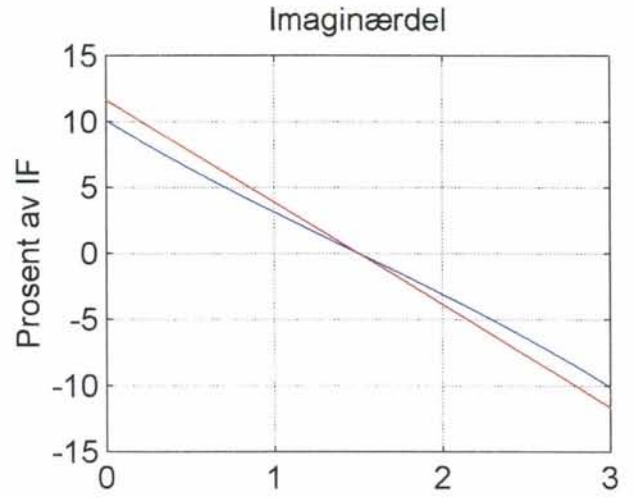
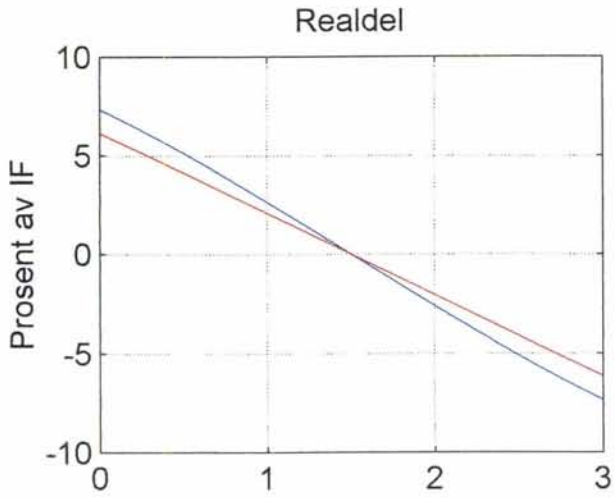
Vinkel



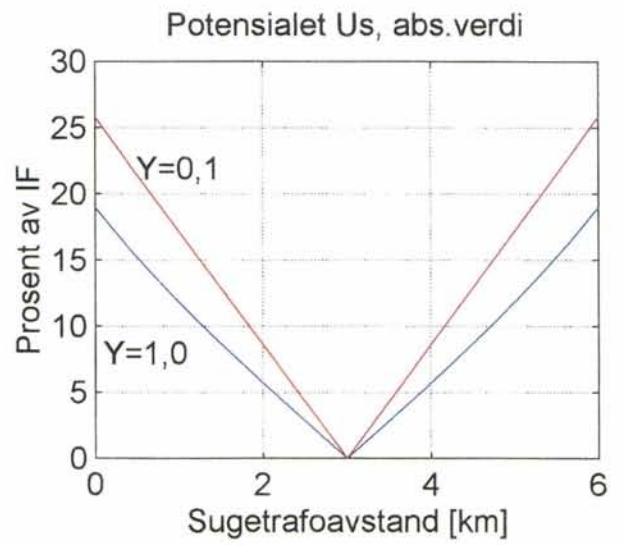
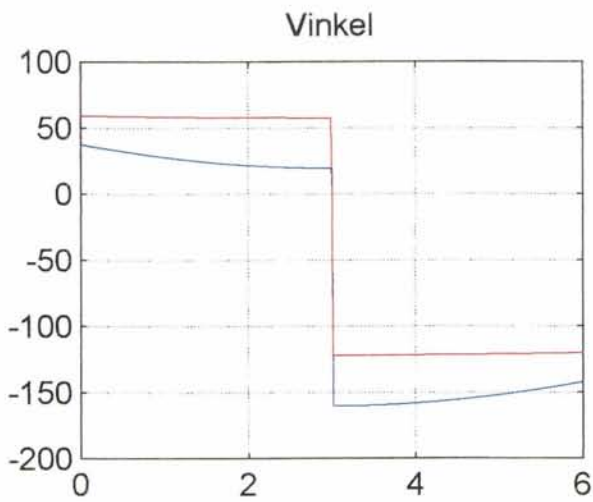
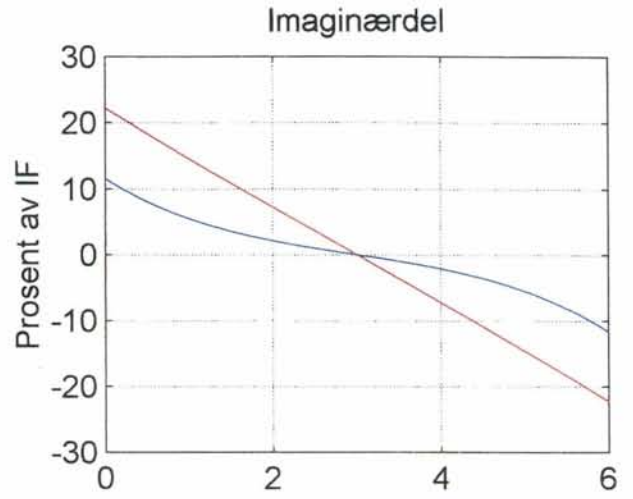
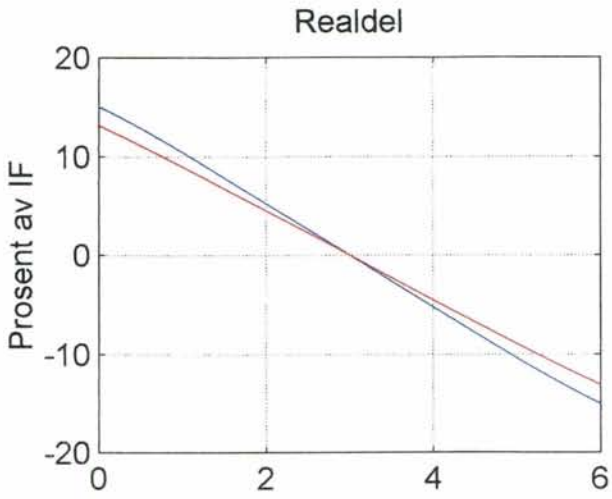
Total sporstrøm Is, Y=1,0



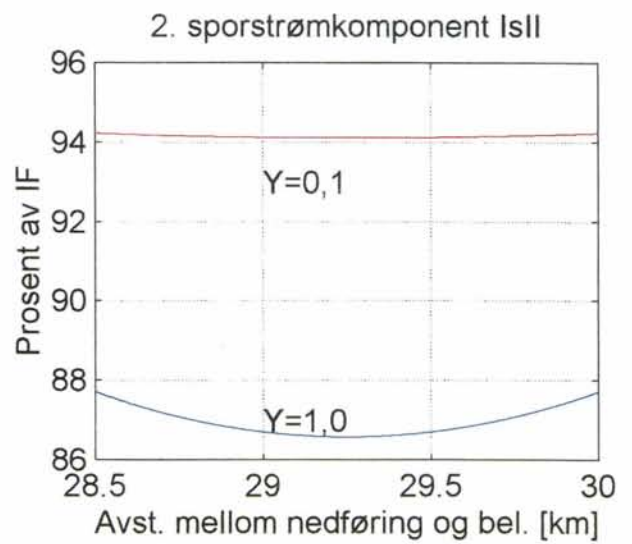
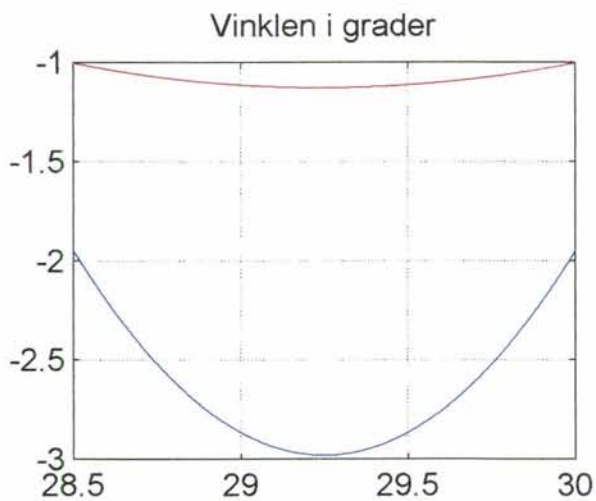
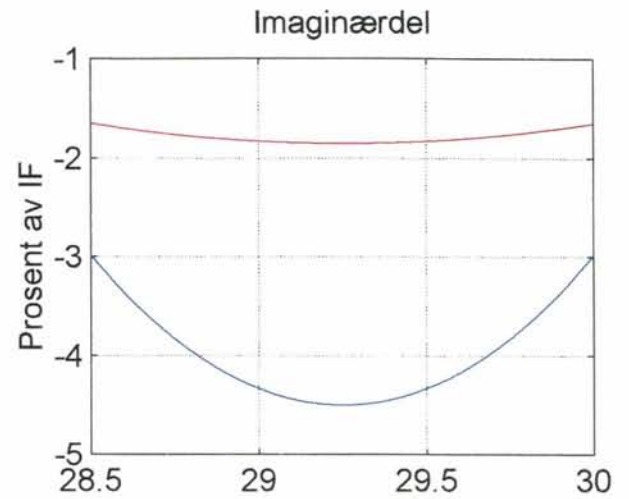
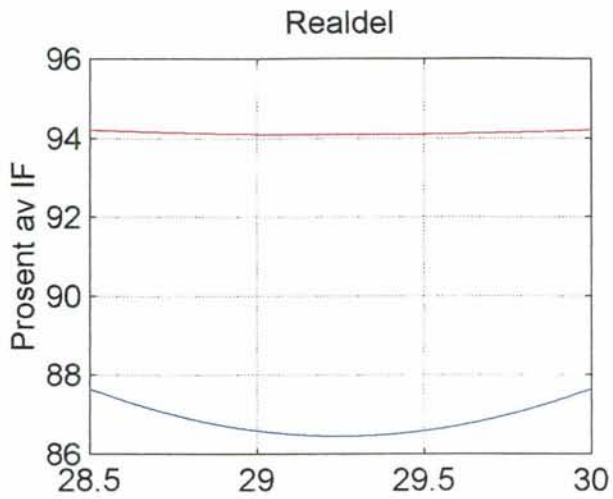
Bilag 13



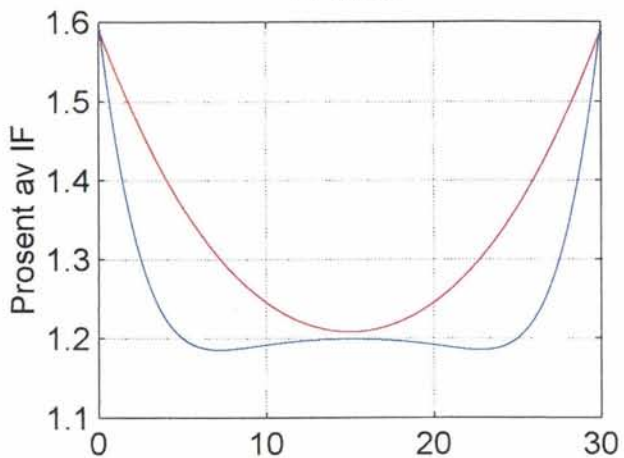
Bilag 14



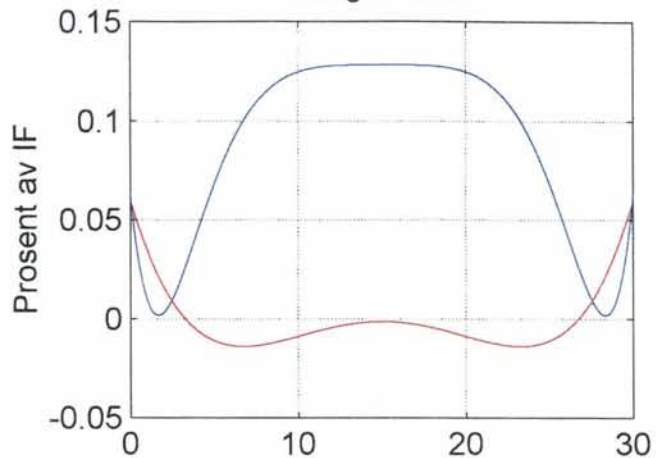
Bilag 15



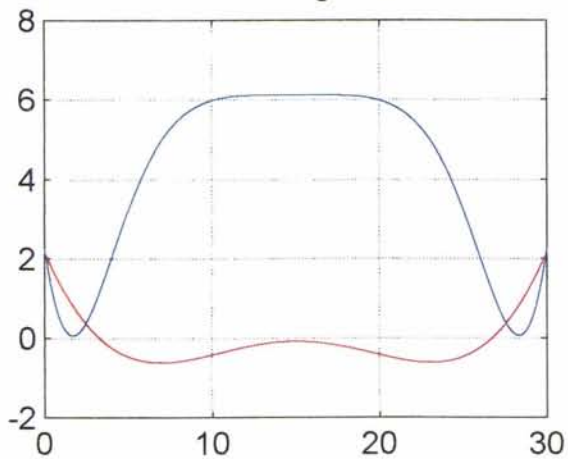
Realdel



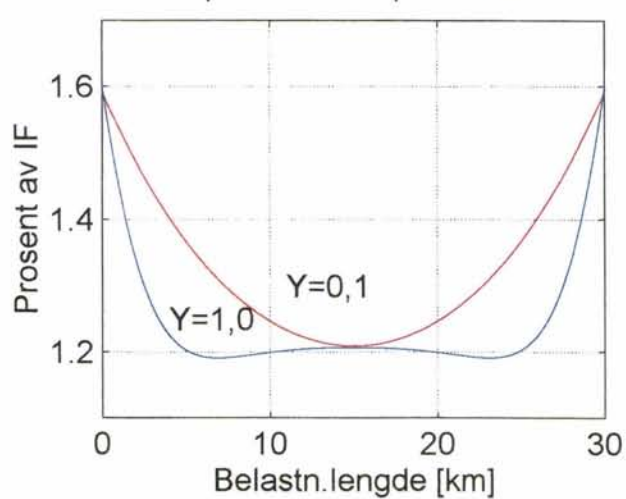
Imaginærdel



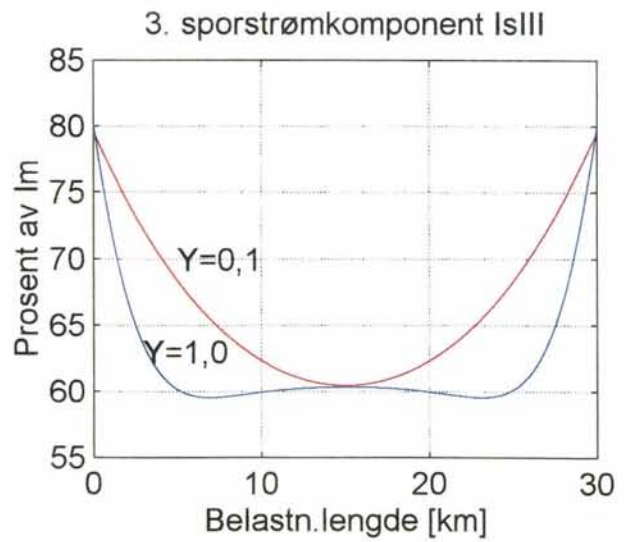
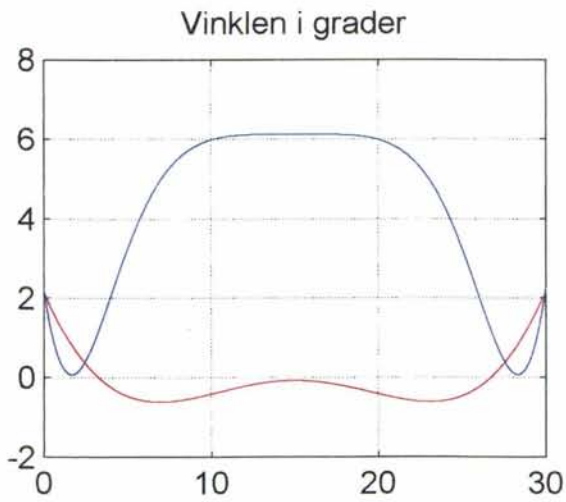
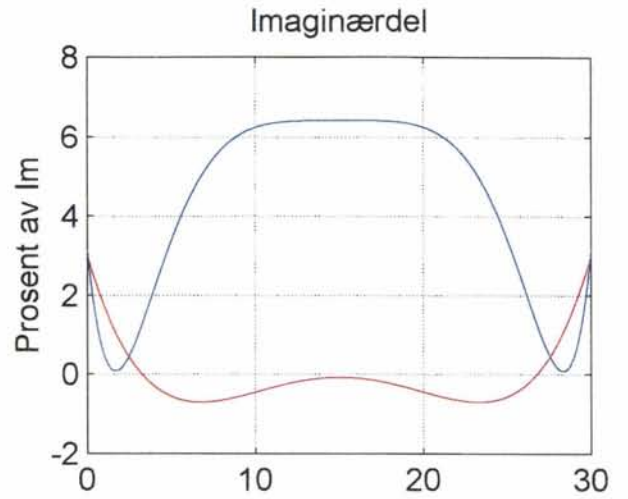
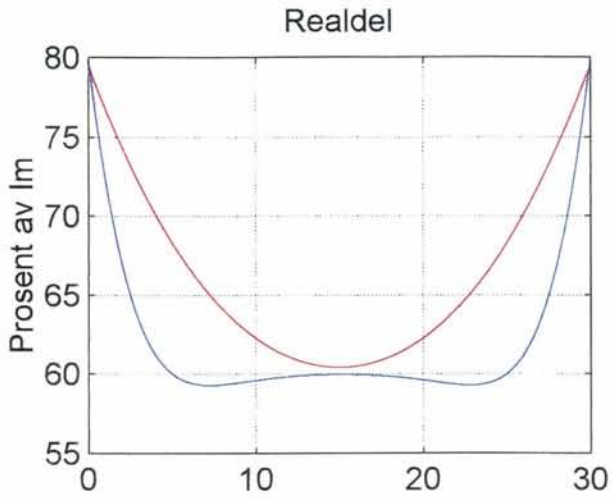
Vinklen i grader



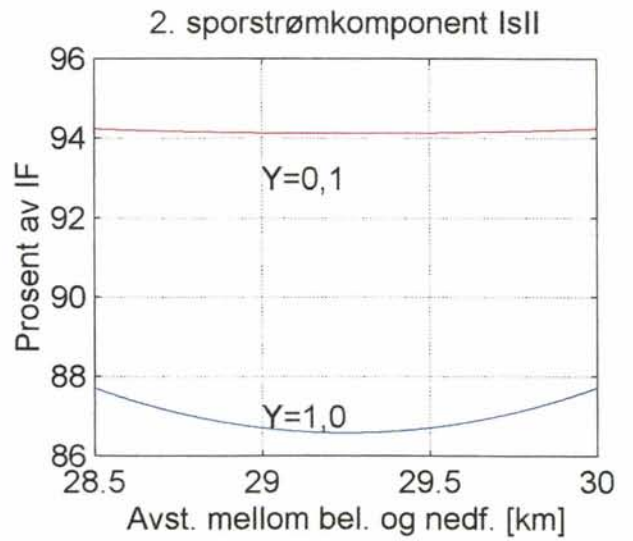
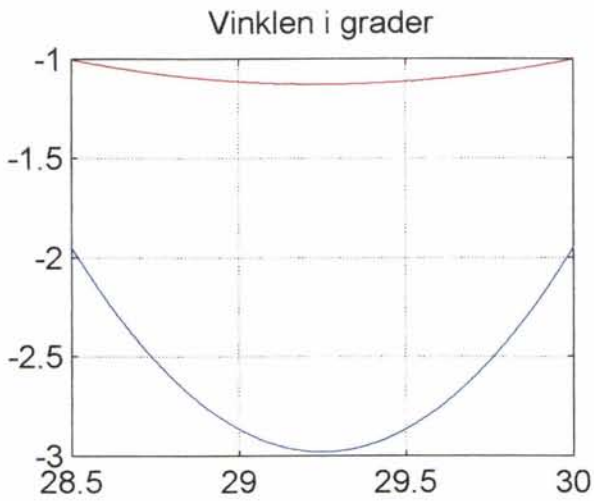
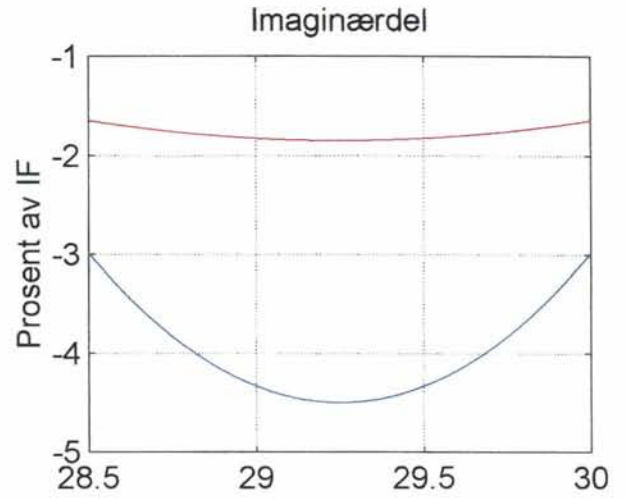
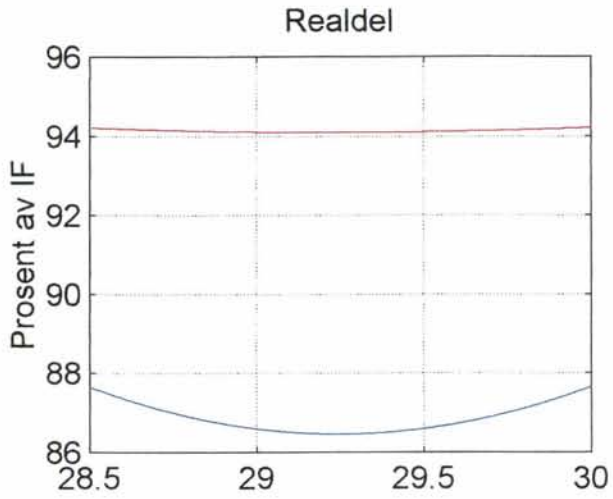
3. sporstrømkomponent I_{sIII}



Bilag 17



Bilag 18



22. 10. 1997

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



09TU06668