

BERÄKNING

Av

7 Mton Järnsvampverk

Av

Bengt-Olof Drugge

2023-04-02

SAMMANFATTNING

Jag har tagit fram en beräkning för att bestämma storleken på ett 7.27 Mton järnsvampverk.

Jag kommer fram till att man kan bygga två vätgasfabriker som ger 16.3 TWh vätgas och då har man totalt 320 st NEL 1940 elektrolysör som köps av Norsk Hydro. Och 70 % av pellets in som då är hematit blir till rent järn och för man in 10.38 Mton pellets får man 7.27 Mton rent järn. I Sverige har vi ett behov av 4.4 Mton råstål.

Energibehov för att lösa Sverige fossilfritt blir 13.9 TWh för järnsvamp och att göra 24 miljoner ton pellets blir 1.9 TWh och för att göra stålet 1.5 TWh så det totala energibehovet för att göra Sverige fossilfria är 18 TWh och jag vet inte hur LKAB fått det till 54 TWh.

Och för att köra fullt med 7.27 miljoner ton järnsvamp blir det 27 TWh som behövs.

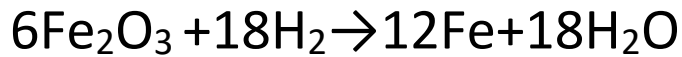
Enligt SSAB menar dom att det tar 15 TWh att lösa elbehovet men jag menar det är fel, jag menar att det är 1.5 TWh och inte 15 TWh.

Vad som jag tror SSAB gör fel är att dom idag räknar med reduktionen som göres av järnsvampverket och inte som idag av SSAB när dom använder kol för att frigöra syre från hematit. Och det innebär att järnsvampverket drar 13.9 TWh eller 3159 kWh/ton för Sverige och SSAB drar 1.5 TWh eller 345 kWh/ton för att värma upp järnet.

Kostnad för att göra järnsvamp blir 25.3 Gkr per år eller 3.48 kr/kg järnsvamp då med ett elpris på 110 öre/kWh.

TEORI

Först ska vi ta fram den kemiformel som är reduktionsformeln av hematit till järn å vatten.



Molmassa Fe = 55.8

Molmassa O = 16.0

Molmassa H= 1.01

Effektivt värmevärde vätgas = 120 MJ/kg

Specifik värmekapacitet väte = 14200 J/(kg*°C)

Specifik värmekapacitet hematit = 639 J/(kg*°C)

Desitet vätgas = 0.08989 kg/m³

Timme = 3600 s

Timmar på ett år = 8766 h

Mängd vätgas som man ska föra in vid mängd pellets (hematit)

$$18 \cdot 2.02 / (6 \cdot (55.8 \cdot 2 + 16 \cdot 3)) = 36.36 / 957.6 = 0.03797, \text{ ca } 3.8 \%$$

Mängd järn som man får ut av pellets (hematit)

$$55.8 \cdot 12 / (6 \cdot (55.8 \cdot 2 + 16 \cdot 3)) = 0.6992, \text{ ca } 70 \%$$

BERÄKNINGAR

För att då bestämma mängd på vätgas som krävs för att reducera 10.38 Mton pellets (hematit)

$10\,380\,000\,000 \cdot 0.038 = 394\,440\,000$ kg/år vätgas för att reducera pellets till vatten.

BERÄKNING AV EFFEKT VID FÖRBRÄNNING

Nu ska vi bestämma hur mycket vätgas det går åt för att värma reduktions gas till 2026 grader.

$$P_{fr} = m_{fv} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$m_{fv} = 394\,440\,000 / (3600 \cdot 8766) = 12.50 \text{ kg/s}$$

$$P_{fr} = 12.50 \cdot 14\,200 \cdot 2026 = 359\,615\,000 \text{ W}$$

$$359\,615\,000 \cdot 3600 \cdot 8766 / 120E6 = 94\,571\,553 \text{ kg/år}$$

Nu ska vi bestämma mängd vätgas det behövs för att smälta pellets
Jag antar att temperaturen blir delta $\Delta T = 1600$ grader

$$P_{sp} = m_{fs} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$m_{fs} = 10\,380\,000\,000 / (3600 \cdot 8766) = 328.92 \text{ kg/s}$$

$$P_{sp} = 328.92 \cdot 639 \cdot 1600 = 336\,297\,808 \text{ W}$$

$$336\,297\,808 \cdot 3600 \cdot 8766 / 120E6 = 88\,436\,968 \text{ kg/år}$$

Termisk verkningsgrad på ca 93.6 % stämmer mot att värma pellets

$$359\,615\,000 \cdot 0.936 = 336\,599\,640 \text{ W}$$

Total summa vätgas

$$394\,440\,000 + 94\,571\,553 = 489\,011\,553 \text{ kg/år}$$

BERÄKNING AV ELEKTROLYSÖRER

Nu ska vi bestämma hur mycket vätgas man får utav 320 NEL 1940 elektrolysör. 1940 betyder Nm³/h

$$1940 * 8766 * 0.08989 * 320 = 489\,175\,339 \text{ kg/år}$$

Det här innebär att 320 elektrolysörer räcker för att ge totalsumma vätgas.

BERÄKNING AV MÄNGD ENERGI FÖR VÄTGAS OCH MÄNGD SYRE

Bestämning av vätgas i TWh

För att smälta pellets

$$94\,571\,553 * 120E6 / 3600 = 3.15 \text{ TWh}$$

Totalt med all vätgas

$$489\,011\,553 * 120E6 / 3600 = 16.30 \text{ TWh}$$

Det tar 20 % av energin till att värma vätgas och 80% av vätgasen in i reduktions schaktugn till att reducera hematit. Det innebär att det räcker lätt med syrgas för att värma vätgasen och syrgas får man från vätgasverk. Och mol förhållande mellan väte å syre är ca 8 så man för in 8 ggr mer syre än väte som man värmer med.

Mängd syrgas man för in

$$94\,571\,553 * 7.921 = 749\,081\,608 \text{ kg/år syre}$$

Beräknad gas temp in i reduktions schaktugn 2030 °C och ut ur reduktions schaktugn 130 °C

BERÄKNING AV VATTENMÄNGD IN I VÄTGASVERKEN

Nu ska vi bestämma mängd vatten in i vätgasverken molförhållande mellan vatten å vätgas är ca 9 ggr.

$$489\,011\,553 * 9 = 4\,403\,588\,994 \text{ kg/år}$$

$$4\,401\,103\,977 / (8766 * 3600) = 139.5 \text{ kg/s eller l/s}$$

139.5 l/s motsvarar en vattenledning på 300 mm å 2 m/s i strömningshastighet, vattnet går lätt att lösa då.

BERÄKNING AV ENERGIBEHOV FÖR FOSSILFRITT

Energibehov för pellets, järnsvamp å ståltillverkning.

125 360 m³ olja behöver LKAB för att göra 24 miljoner ton pellets.

Det motsvarar 40 367 487 kg vätgas, för att göra 24 Mton pellets

$$120E6 * 40\,367\,487 / (3600 * 0.71) = 1.895 \text{ TWh}$$

För att göra 7.26 miljoner ton järnsvamp, enligt nedan, sidan 10

$$22.98 \text{ TWh}$$

För att smälta järn så har man värmekapacitivet på 450 J/(kg*°C) och jag antar man värmer järnet till 1650 och det är 4.4 miljoner ton och en verkningsgrad på 60 % på ljusbågsugn.

$$Q = m * C_p * \Delta T$$

$$Q = 4.4E9 * 450 * 1650 / (3600 * 0.6) = 1.513 \text{ TWh}$$

Summa energi totalt om allt köres på max

$$1.90 + 22.98 + 1.51 = 26.39 \text{ TWh}$$

Summa energi enbart Sverige

$$1.90 + 13.90 + 1.51 = 17.31 \text{ TWh}$$

BERÄKNING AV PRISER

Verkningsgraden på vätgasverk vid 250 bar är 71 %

Det blir 23.0 TWh/år in i verken

Kostnad vid 110 öre/kWh = $23.0 * 1.1 = 25.3$ Gkr

Kostand per kilo järnsvamp = $25.3/7.27 = 3.48$ kr/kg

Och SSAB vanliga kol eldade ugnar drar 5466 kWh/ton och jag säger min drar 3159 kWh/ton.

Det blir för Sverige 24 TWh /år för vanliga och med min blir det 13.9 TWh/år. Det blir en skillnad på 10.1 TWh/år.

I världen finns det 300 pellets verk med 4 Mton och 70 % av det blir järn d v s 840 Mton järn. Kvoten mellan världen å Sverige blir $840/4.4$ 191 ggr större är världen det blir då 1929 TWh/år man kan spara och 2.1 biljoner kronor kan man spara per år.

Det finns utrymme för 200 pellets verk till eller totalt 500 pellets verk och man kan då spara 3183 TWh/år och man får bra miljö. Man kan då max spara 3.5 biljoner kronor/år