

# INNEHÅLL

FÖRORD 13

KAPITEL 1 INLEDNING 15

- 1.1 Studiens bakgrund och syfte 15
- 1.2 Studiens metod 15
- 1.3 Några definitioner och mätproblem 17
- 1.4 Studiens disposition 18

KAPITEL 2 ENERGIOMVANDLINGSSEKTORNS AVGRÄNSNING,  
OMFATTNING OCH PRODUKTIONSUTVECKLING 19

- 2.1 Energiomvandlingssektorns avgränsning 19
- 2.2 Energiomvandlingssektorns omfattning och produktionsutveckling 20

KAPITEL 3 PRODUKTIVITETEN OCH DEN TEKNISKA UTVECK-  
LINGEN I ENERGIOMVANDLINGSSEKTORN 26

- 3.1 Totalproduktivetsutvecklingen i energiomvandlingssektorn 26
- 3.2 Produktionsfunktions- och produktivetsanalys 29
- 3.3 Raffinaderisektorn 30
- 3.4 Gassektorn 32
  - 3.4.1 Orsaker till det iakttagna diffusionsmönstret 42
  - 3.4.2 Miljöeffekterna 44
- 3.5 Energi produktivetsutvecklingen i energiomvandlingssektorn 47
  - 3.5.1 Energi produktivitet och kapacitetsutnyttjandet i värmekraftsektorn 49

KAPITEL 4 DEN TEKNISKA UTVECKLINGEN I ELSEKTORN 55

- 4.1 Inledning 55
- 4.2 Den valda produktionsfunktionen 58
- 4.3 De använda måtten på produktionen, kapital-, arbetskrafts- och energi-  
insatserna samt den relativa tillgången på vatten 60
  - 4.3.1 Produktions- och kapitalmåtten 60
  - 4.3.2 Arbetsinsatsen 62
  - 4.3.3 Energiåtgången och den relativa tillgången på vatten 62
  - 4.3.4 Skattningsförfarandet 63
- 4.4 Resultat och utvärdering 66
  - 4.4.1 Regressionsestimater 66
  - 4.4.2 Kan teorin om den prisinducerade tekniska utvecklingen tillämpas på elsektorn? 67

- 4.5 Kapacitetsutnyttjandets och det förändrade transportarbetets betydelse för produktivitet utvecklingen i elsektorn 1960-73 69
- 4.6 Produktivitet utvecklingens fördelning på hög- och lågspänningssektorerna 79
- 4.7 Den tekniska utvecklingen i elsektorn 1960-73 — en utvärdering 85

#### KAPITEL 5 DEN TEKNISKA UTVECKLINGEN I VATTENKRAFTSEKTORN 87

- 5.1 Vattenkraften i konkurrens med andra kraftslag 87
- 5.2 Vattenkraftverket som energiomvandlare 87
- 5.3 Den tekniska utvecklingen i energiomvandlingssteget 1900—75 89
- 5.4 Energiproduktiviteten och den tekniska utvecklingen 96
- 5.5 Specifikationen av en partiell "engineering production function" 97
- 5.6 Regressionsresultat 99
- 5.7 En utvärdering av den energibesparande tekniska utvecklingen i vattenkraftsektorn 104

#### KAPITEL 6 INNOVATION OCH SPRIDNING AV NY TEKNIK I VATTENKRAFTSEKTORN — ETT STUDIUM AV TEKNISKA UTVECKLINGSMÖNSTER 107

- 6.1 Inledning 107
- 6.2 Produktionsfunktionen och kapitalmättet 109
- 6.3 Kapitalproduktivitet utvecklingen 1925—75 112
- 6.4 Relationen mellan "yearly best practice" och genomsnittligt nytt aggregat 116
- 6.5 Förekomsten av "best-best-practice"-aggregat 119
- 6.6 Teknikens innehåll i 18 YBP-aggregat installerade 1958—76 i vattenkraftsektorn 124
- 6.7 Mönster i den tekniska utvecklingen och avslutande generaliseringar 13

#### KAPITEL 7 SAMMANFATTNING 136

- 7.1 Inledning 136
- 7.2 Studiens metod 137
- 7.3 Totalproduktiviteten och den tekniska utvecklingen i energiomvandlingssektorn 137
  - 7.3.1 Raffinaderisektorn 138
  - 7.3.2 Gassektorn 138
  - 7.3.3 Energiproduktiviteten i energiomvandlingssektorn 139
- 7.4 Den tekniska utvecklingen i elsektorn 139
- 7.5 Den tekniska utvecklingen i vattenkraftsektorn 140
  - 7.5.1 De tekniska fronternas förskjutning 141

7.5.2	Energiproduktiviteten och den tekniska utvecklingen i vattenkraftsektorn	142
7.6	Innovation och spridning av ny teknik i vattenkraftsektorn	143

*Appendix*

A.	Energiproduktiviteten och den tekniska utvecklingen i vattenkraftsektorn vid variabla drifts- och vattenföringsförhållanden	146
B.	En formell analys av spridningsprocessen	154
C.	Den tekniska utvecklingen inom turbin- och generatortekniken utifrån ingenjörsmässiga konstruktionsprinciper	161

*Summary* 170

Contents 181

*Litteratur och källor* 184

*Diagram*

3:1	Totalproduktivitetsutvecklingen i energiomvandlingssektorn och dess delsektorer 1950—74	27
3:2	Spridningen av petroleumbaserad produktionsteknik i gassektorn 1960—73 mätt i energienheter samt i andel av förädlingsvärdet	35
3:3	Samband mellan energiandel och förädlingsvärdeandel i gassektorn för petroleumbaserad produktionsteknik enligt ekvation 3:8	35
3:4	Arbetsproduktivitetsens spridning i gassektorn 1960	38
3:5	Produktivitetsförändringen i gassektorn 1960—74 med fördelning på rationaliseringar i anläggningar med gammal teknik, diffusion (dvs övergång till ny teknik) samt rationaliseringar i anläggningar med ny teknik	40
3:6	Tillförd och levererad energi i energiomvandlingssektorn 1950—74	46
3:7	Energiproduktiviteten i energiomvandlingssektorn och dess delsektorer 1950—74	47
3:8	Energiproduktivitetsens spridning i värmekraftsektorn 1974	50
3:9	Samband mellan kapacitetsutnyttjande och energiproduktivitet samt mellan el- och bränslepris i värmekraftsektorn	52
3:10	Resultat av simuleringarna av värmekraftsektorns kapacitetsutnyttjande och energiproduktivitet	54
4:1	Totalproduktivitetsindex i elsektorn 1950—74	57

- 4.2 Tillgången på vatten i relation till normalår 1950—74 63
- 4.3 Värme kraftverkens tillgänglighet 1962—73 72
- 4.4 Samband mellan ackumulerad tillgänglighet och ålder hos svenska och danska värme kraftsaggregat 72
- 4.5 Faktor- och produktprisutveckling i hög- och lågspänningssektorerna 1960—73 81
- 4.6 Totalproduktivitetsindex i hög- och lågspänningssektorerna 1960—73 81
- 5.1 Isokvanter för olika kombinationer av fallhöjd och vattenkvantitet 88
- 5.2 Gränser för flöde, fallhöjd och kapacitet hos aggregat installerade 1900—75 90
- 5.3 Vattenkraftaggregatens effekt och fallhöjdsförhållanden 1900—75 92
- 5.4 Specifik magasinskapacitet per installerad MW 1941—74 94
- 5.5 Tunnellängd per fallhöjdsmeter och installerad MW 1941—74 95
- 5.6 Den utbyggda effektens fördelning på fallhöjder fram till 1950 respektive 1975 95
- 5.7 Energitillgången, aggregatskalan och den tekniska utvecklingen 1900—74 103
- 6.1 Tvärsnitt av generator och turbin representerande två kapitalårgångar, 1954 och 1982 108
- 6.2 Kapitalproduktivitetsutvecklingen 1925—75, uppdelad på bästa och genomsnittliga nya aggregat samt genomsnitt för vattenkraftsektorn 115
- 6.3 Kapitalproduktivitetsutvecklingen i vattenkraftsektorn 1925—75. Trender för totalgenomsnitt, genomsnittligt nytt aggregat, varje års bästa aggregat samt bästa aggregat 117
- 6.4 Kvoten för kapitalproduktiviteten mellan varje års bästa aggregat (YBP) och genomsnittliga nya aggregat (GNA) i vattenkraftsektorn 1925—75 118
- 6.5 Samband mellan kapitalproduktivitetsindex, generatorindex och turbinindex för vattenkraftaggregat installerade 1949—76 123
- 6.6 Kapitalproduktivitetsindex och generatorindex i vattenkraftsektorn 1949—76 125
- 6.7 YBP-aggregaten inplacerade i fallhöjds-kapacitetsdiagrammet 131
- 6.8 Teknisk utveckling inom turbintekniken i ett fallhöjds-  $n_s$  - diagram ( $n_s$  = specifikt varvtal) 134
- A.1 Produktionskurvan och energiproduktivitetskurvan för vattenkraftverk 141
- A.2 Energitillgången vid variabla driftförhållanden 149

- B:1 Test av fyra funktionssamband mellan den tekniska utvecklingen YBP och spridningen GNA, 1950—80 159
- B:2 Kvoten mellan YBP och GNA enligt funktionssambanden 1—4, 1950—80 15
- C:1 Index för de tre variablerna  $G_O(T)_{OPT}$ ,  $G(T)$  och  $C(n, P_S, T)$  avseende 30 generatorer som är installerade eller kommer att installeras 1951—80 166
- C:2 Den tekniska utvecklingens effekt på specifika varvtalet  $n$ , 1900—75 169

#### Tabeller

- 2:1 Tillförd energi till energiomvandlingssektorerna i Sverige, Storbritannien, Västtyskland och OECD-området samt dennas andel av total primärenergitillförsel 1974 21
- 2:2 Den till energiomvandlingssektorerna i Sverige, Storbritannien, Västtyskland och OECD-området tillförda primärenergien, fördelad på energiformer 1974 22
- 2:3 Energiomvandlingssektorns bruttoproduktions- och förädlingsvärdena 1950, 1960, 1970 och 1973 samt förädlingsvärdets andel av BNP 23
- 2:4 Relativprisutvecklingen på energiomvandlingssektorns produkter 1950—73 24
- 3:1 Totalproduktivetsutvecklingen i energiomvandlingssektorn och dess delsektorer samt i hela industrin 1950—74 28
- 3:2 Oljeraffinaderier i Sverige 1975. Kapacitet, lokalisering och huvudsakligt utbyggnadsår 31
- 3:3 Jämförelse mellan arbetsproduktiviteten i retortugnsverk (1965) och i spaltgasverk (1970) 33
- 3:4 Beräknad arbetsproduktivitet i de gamla och nya delarna av gassektorn 1960—74 37
- 3:5 Energiomvandlingssektorns energiproduktivitet och produktion 1972 och 1960, fördelade på delsektorer 48
- 3:6 Energiproduktivetsutvecklingen 1960—72, fördelad på teknik- och strukturfaktorer 49
- 3:7 El- och bränsleprisantaganden för simuleringar av energiproduktivetsvariationerna i värmekraftsektorn 53
- 4:1 Elsektorns totalproduktivetsindex samt årliga totalproduktivetsförändring 1950—74 56
- 4:2 Estimat för trenden i den faktorbesparande tekniska utvecklingen och för substitutionsparameteren  $\hat{\rho}$  1950—74 och 1950—73 66
- 4:3 Den relativa vattentillgångens effekter på energins marginalproduktivitet
- 4:4 Fördelningskoefficienterna  $\hat{\delta}$  och intercepttermen  $\hat{\gamma}$  67

- 4:5 Jämförelse mellan den faktorbesparande tekniska utvecklingstrenden och prisutvecklingen på produktionsfaktorerna 1950—73 69
- 4:6 Årlig procentuell ökning i totalproduktiviteten i elsektorn 1950—73 70
- 4:7 Genomsnittliga tillväxttal i kraftsektorns kapacitetsutnyttjande 1960—73 71
- 4:8 Generatorkapacitetsutnyttjandets förändring fördelad på tekniska faktorer och efterfråge/utbuds faktorn 1960—73 71
- 4:9 Beräknad förändring av den genomsnittliga tillgängligheten per MW installerad effekt på grund av övergången till ökad värmekraftsandel mellan 1960 och 1973 73
- 4:10 Samband mellan vattenkraftsandel och reserveffekt i kraftsystem i sju industriländer 1967 och 1974 74
- 4:11 Genomsnittlig årlig förändring i leveranser, ledningslängd och antal abonnenter i kraftsystem av olika spänningskategorier 1960—73 75
- 4:12 De analyserade distributionsnätens sammansättning 76
- 4:13 Samband mellan försäljningspris, distributionsavstånd och antal abonnenter i svenska hög- och lågspänningsnät 1968 77
- 4:14 Elasticiteten för högspännings-, lågspännings- och stamlinjenät 78
- 4:15 Genomsnittlig effekt på faktoråtgångsutvecklingen av förändrat transportarbete/kWh mellan 1960 och 1973 78
- 4:16 Totalproduktivitetsökningen i hög- och lågspänningssektorerna 1960—73 8
- 4:17 Totalproduktiviteten i elsektorn 1960—73 med fördelning på delsektorer 8:
- 5:1 Energi produktivitetens förklaringsfaktorer i vattenkraftsektorn 1900—74. Regressionsestimat 100
- 5:2 Energi produktivitetens förklaringsfaktorer i vattenkraftsektorn 1900—74. Betingad regression 101
- 5:3 Energi produktivitetens förklaringsfaktorer i vattenkraftsektorn 1900—74. Vägt skattningsförfarande 102
- 5:4 Energi produktivitetens förklaringsfaktorer i vattenkraftsektorn 1900—74. Betingad regression med individuell interceptterm för varje årgång 104
- 5:5 Samband mellan turbinkapacitet, investeringar och fallhöjd 105
- 5:6 Samband mellan aggregatkapacitet, maskininvesteringar och fallhöjd 106
- 6:1 Ålders-, kapacitets- och fallhöjdsfördelning för anläggningar använda vid jämförelsen mellan de fysiska och monetära kapitalmåten 111
- 6:2 Produktionsfunktionens koefficienter med monetärt respektive fysiskt kapitalmätt 111
- 6:3 Datamaterialets sammansättning med avseende på ålder, kapacitet och fallhöjd 112
- 6:4 Energiomvandlingsutrustningens kapitalbesparande tekniska utveckling vattenkraftsektorn 1925—75 112
- 6:5 Datamaterialets fördelning på ålderskategorier 113
- 6:6 Energiomvandlingsutrustningens kapitalbesparande tekniska utveckling vattenkraftsektorn 1925—75 114

- 6:7 Kapitalproduktivitets-, generator- och turbinindex för "Yearly-best-practice"-aggregat installerade 1949—76 121
- 6:8 Förklaringsfaktorer till kapitalproduktivitetsindex 124
- 6:9 Översiktlig beskrivning av förändringar i teknikens innehåll i 18 YBP - aggregat installerade i vattenkraftsektorn 1950—76 126
- A:1 Energiproduktiviteten vid variabla driftsförhållanden. Huvudvariabler och subvariabler samt antagen effekt av dessa 150
- A:2 Energiproduktiviteten vid variabla driftsförhållanden. Regressionskoefficienter och standardiserade regressionsestimat för variablerna i tabell A:1 152
- A:3 Regressionskoefficienter för variablerna TEKN, VAR och REGL 153
- B:1 Beräknad tidsfördröjning mellan YBP och GNA 1950 och 1960 samt när  $t \rightarrow \infty$  158
- C:1 Koefficienter för sambandet mellan utnyttjningsfaktorn C, kapacitet, varvtal och teknisk utveckling 162
- C:2 Samband mellan fallhöjd, generatorkapacitet och varvtal 164
- C:3 Relationen mellan specifika varvtalet och fallhöjden för 110 Francisturbiner installerade 1960—75 167
- C:4 Specifika varvtalets fallhöjds- och tidsberoende under perioden 1900—75 168
- C:5 Regressionsestimat, specifika varvtalets utveckling och fallhöjdsberoende 1900—75. 168