

Mikael Näslund

ENERGIGASTEKNIK

Svenskt Gastekniskt Center AB

Malmö

2011

www.gasakademin.se

Innehåll

Förord

Beteckningar

9 Energigaser i går och i dag

En kort historisk återblick, 9 • Energigaser i dagens energiförsörjning, 17 • Nya och andra energigaser, 28 • Naturgas och andra energigaser i Norden, 29 • Litteraturlöfteckning, 35 .

39 Gasers och gasblandningars egenskaper

Allmänna karakteriseringsstorheter, 40 • Energigaser och deras indelning, 43 • Gasers fasbeteende, 50 • Tillståndsekvationer, 55 • Några andra storheter, 64 • Litteraturlöfteckning, 70 .

73 Gasförbränning

Värmevärde, luftbehov och andra data, 73 • Föroreningar vid gasförbränning, 89 • Omräkning av emissionsnivåer, 95 • Litteraturlöfteckning, 100 .

101 Utvinning och produktion av energigaser

Bildning av naturgas, olja och kol, 101 • Utvinning av naturgas, 105 • Gasproduktion genom termisk förgasning, 109 • LNG-produktion, 112 • Biogasproduktion, 114 • Produktion av gasol, 128 • Vätgasproduktion, 128 • Energigaser från industriprocesser, 128 • Litteraturlöfteckning, 129 .

131 Transmission och distribution av energigaser

Naturgasnätets uppbyggnad, 131 • Transmissionsnätet, 133 • Mät- och reglerstationer, 144 • Styrning, övervakning och underhåll av transmissionsnät, 148 • Distributionsnät för naturgas, 150 • Transport och distribution av andra energigaser, 151 • Rörmaterial och fogningsmetoder, 154 • Nätdimensionering, 157 • Belastningsvariationer i gasnät, 162 • Lagring av energigaser, 165 • Mätning av gasflöden och energiinnehåll, 171 • Gasläckage, 178 • Normer och regler för gasdistribution, 180 • Litteraturlöfteckning, 181 .



183 Gasbrännare

Flammans utbredning och egenskaper, 184 •
Atmosfärsbrännare, 187 • Förblandningsbrännare, 197 •
Fläktbrännare, 198 • Övriga brännare, 205 • Flamstabilitet och
gasers utbytbarhet, 217 • Brännararmatur, 226 •
Abonnentcentralen, 229 • Litteraturförteckning, 231 .

233 Industriell gasanvändning

Varmvatten- och ångpannor, 233 • Industriugnar, 236 • Metalliska
och icke-metalliska material, 243 • Vätskevärmning, 248 •
Varmluftgenerering och torkning, 250 • Naturgas som kemisk
råvara, 255 • Gasanvändning i livsmedelsindustrin, 257 •
Litteraturförteckning, 260 .

263 Kraft- och värmeproduktion

Kraftproduktion, 265 • Kraftvärmeproduktion, 267 •
Litteraturförteckning, 273 .

275 Gasanvändning i bostäder och lokaler

Klassificering av gasapparater, 276 • Uppvärmningssystem för
gas, 281 • Gaspannor, 282 • Gaspannor utan kondensering, 289
• Gaspannors verkningsgrad, 294 • Energimärkning, 297 • Gas
och förnybar energi, 298 • Rumsbaserad uppvärmning, 303 •
Konvertering till gasuppvärmning, 304 • Luft- och avgaskanaler, 305
• Strålningsvärme, 307 • Övrig gasanvändning i byggnader, 311 •
Gasinstallationer och säkerhet, 318 • Litteraturförteckning, 319 .

323 Gas i transportsektorn

Motor och bränsle, 326 • Gaslagring i fordon, 332 •
Fordonstyper, 334 • Infrastruktur, 336 • Bränsleceller i
fordon, 340 • Gas till fartygsdrift, 341 • Övriga fordon, 342 •
Litteraturförteckning, 343 .

345 Energigas och miljö

Internationellt ramverk, 346 • Miljöpåverkan vid utvinning och
transport, 348 • Miljöpåverkan vid gasanvändning, 348 •
Emissionsmätningar och gränsvärden – Kväveoxider, 355 •
Ekonomiska styrmedel, 357 • Livscykelanalyser, 360 •
Litteraturförteckning, 361 .

363 Energigasers handel och ekonomi

Ägande och drift av det svenska energigassystemet, 363 • Utvinning
och koncessioner, 364 • Reglering och avreglering, 365 •

Kontrakt och priser för naturgas, 367 • Kostnader för transmission och distribution, 368 • Litteraturlörteckning, 373 .

Bilagor

375 Tabeller

383 Informationssökning och branschorganisationer

Tidskrifter, 384 • Information på Internet, 384 • Konferenser, 386
• Forskningsorganisationer, 387 • Nationella och internationella
branschorganisationer, 388 • Litteraturlörteckning, 390 .

391 Auktorisation i Sverige

393 Gastekniska förkortningar och omräkningstabeller

1

Energigaser i går och i dag

NÄR FLAMMAN TÄNDS i en gasspis eller en värmepanna i Sverige, Danmark, Storbritannien eller Tyskland kommer energin ofta från Nordsjöns botten där naturgas bildats under årmiljoner. Energipolitiken under 1960- och 70-talen har gjort naturgasen till ett allt vanligare energialternativ i vårt vardagsliv. Utvecklingen från stadsgas för belysning till dagens naturgasanvändning inom alla områden berörs i detta inledande kapitel.

Naturgasens andel av världens energiförsörjning ökar, och är i dag nästan 25 procent. Naturgasen är den vanligaste av energigaserna och den som vanligen distribueras i de vittförgrenade gasnäten. Denna andel av energiförsörjningen har uppnåtts huvudsakligen sedan 1970. I dag ser vi början av nästa steg då energigaser med betydligt mindre klimatpåverkan introduceras i allt större skala på samma sätt som annan förnybar energi. Det gäller då biogas skapad genom mikrobiologiska processer och gas från termisk förgasning av biomassa. Dessa gaser är kemiskt lika med naturgas men med ett ursprung som gör dem än mer miljövänliga. Vi ser i dag också inledningen på en tid där gas- och elnät blir mer integrerade. Elsystemet kommer att försörjas med alltmer intermittent arbetande och icke reglerbar förnybar el från sol och vind. Gasnätets roll kan bli att utjämna elbehovet och i någon form lagra elenergi under kortare eller längre tid.

1.1 En kort historisk återblick

Den tidigaste naturgasanvändningen torde vara för ungefär 2000 år sedan i Kina och där bamburör användes för gasdistributionen. Gasen användes i provinsen Szechuan för saltproduktion. Andra historiska uppgifter som kan förklaras av ytligt liggande naturgaskällor är berättelser om evigt brinnande eldar [1, 2].



Ordet gas kommer från flamländaren Johann Baptist van Helmont¹. Han kallade ”något okänt som försvunnit från kol och trä” för gas, som troligen kommer från grekiskans kaos. Under 1600-talet gjordes olika arbeten i dagens Storbritannien, Frankrike, Belgien och Tyskland. Man upptäckte då att en brännbar gas erhöles då kol, trä eller torv upphettades.

Man upptäckte också att brännbara gaser förekom i kolgruvor och under 1700-talet föreslogs i England att man kunde distribuera denna gas i underjordiska distributionsnät och använda den för belysning. Någon direkt användning av gas finns inte beskriven förrän mot slutet av 1700-talet. Engelsmannen William Murdoch², också kallad gasindustrins fader, använde gaslampor i sitt hus 1792, och senare gasljus utanför Manchesters polishus. Fransmannen Philippe Lebon³ visade 1801 gatubelysning med gas i Paris. Till gasindustrins pionjärer räknas också engelsmannen Samuel Clegg⁴. Därefter följde gasanvändning i några fabriker några år in på 1800-talet. Energigaser började alltså användas i samband med industrialismens genombrott. Gasanvändning och -produktion var här nära integrerade. Inga distributionsnät förekom ännu. Murdochs födelseort var den sista plats som konverterades från stadsgas till naturgas av British Gas 1978.

Stadsgas tillverkades genom upphettning av stenkolk till 1000–1200 °C i en retort, varvid en brännbar gas bildades. Den bildade gasen behövde kylas och rensas från bland annat tjära, ammoniak och svavel innan den kunde distribueras till kunderna. Den bildade gasen hade då en sammansättning på ungefär 55 procent H₂, 30 procent CH₄, 5 procent CO och N₂. Biprodukter som kunde säljas vidare var koks, tjära och ammoniakprodukter. En bild av det gamla gasverket i Stockholm [3] visas i figur 1.1. Bilden visar tydligt alla de olika komponenter som ingick i sådana gasverk. Senare ersattes denna kolgas av spaltgas från annan förgasningsteknologi.

1.1.1 De första gasnäten – stadsgas

Det första företaget som byggde upp ett nät för att distribuera gas till många kunder, London and Westmister Gas Light and Coke Company, bildades 1812. Några få år senare bildades gasföretag i amerikanska storstäder som Boston, New York

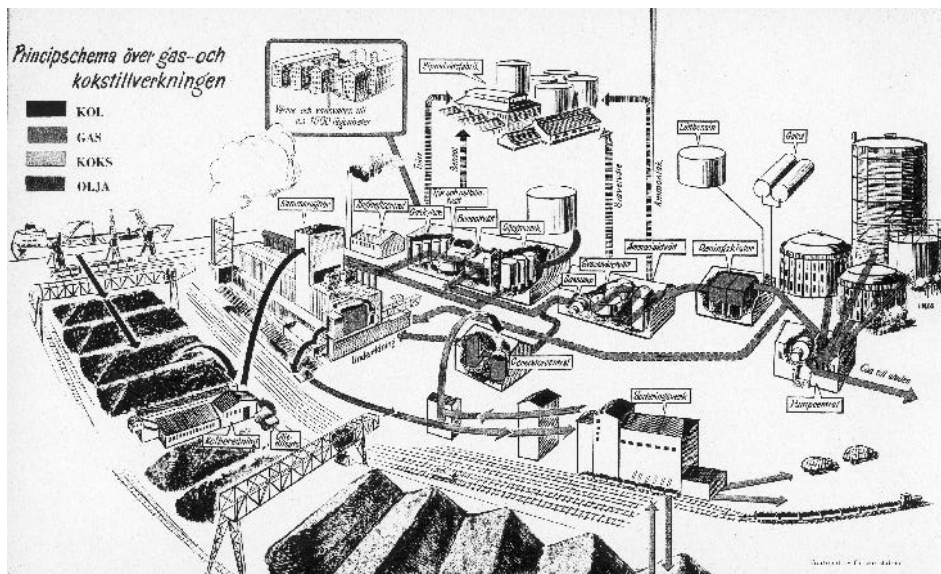
¹Johann Baptist van Helmont, 1577–1644, var verksam inom kemi och medicin.

²William Murdoch, även med stavningen Murdock, levde 1754–1839. Han arbetade med utveckling av ångmaskiner vid James Watts företag. Han betraktas ibland som gasindustrins fader.

³Philippe Lebon (1767–1804) arbetade med gas för olika tillämpningar och hör tillsammans med Murdoch till gasindustrins pionjärer. Hans arbeten var dock inte lika ingenjörsmässiga som Murdochs.

⁴Samuel Clegg (1781–1861) var assistent hos Murdoch men bildade senare ett eget företag för uppförande av gasverk. Han uppfann en gasmätare 1815.





Figur 1.1: Bild av uppbyggnaden av gasverket i Stockholm då kol fortfarande var råvaran för stadsgasen[3]

och Baltimore. Gasanvändningen ökade snabbt och på 1870-talet fanns stadsgas i Europa, Nord- och Sydamerika, Asien och Australien.

El började konkurrera med gas för belysning under 1870-talet. Utveckling av en glödstrumpa för gasljus gav det så kallade Auerljuset, med förbättrat ljusutbyte. Robert Bunsen⁵ konstruerade 1857 Bunsenbrännaren [4], vilken kom att vidga användningsområdet för gas. Under andra halvan av 1800-talet användes gas även till förbränningsmotorer, spisar och vattenvärmare.

Rörmaterialet och möjligheten att bygga distributionsnät var naturligtvis viktigt för en spridd gasanvändning. Inledningsvis användes träror, som senare ersattes av rör av koppar, bly, gjutjärn och sedan sömlösa stålrör. Gasmätare började användas kring 1830. Under de tidigaste åren användes sällan gasbehållare för gaslagring; överflödiga gas ventilerades bort. Detta skedde oftast dagtid eftersom belysning var det största användningsområdet för stadsgasen.

Efter sekelskiftet började el att ersätta gas för belysningsändamål men den övriga hushållsanvändningen ökade. I industrisektorn konkurrerade gas med kol före andra världskriget.

⁵Robert Bunsen (1811–1899) är mest känd för en av sina mindre landvinningar, Bunsenbrännaren, som utvecklades för spektroskopistudier. Han var professor vid flera universitet. Bunsen upptäckte grundämnena cesium och rubidium och gjorde också studier av industriprocesser.

Den tidiga svenska gashistorien

Det första svenska stadsgasnätet invigdes 1846 i Göteborg och det följdes av gas i totalt 37 svenska städer. Gas hade använts minst 20 år före introduktionen i Göteborg men då i isolerade installationer, till exempel belysning i enskilda hus. Så kallade Thermolampor utvecklade av Lebon hade använts ännu tidigare. Ett annat exempel på tidig svenska gasanvändning finner vi i Malmö där fyren vid hamninnloppet drevs av gas redan 1823. Figur 1.2 visar ett brev till Magistraten i Malmö om den nya gasdrivna fyren i hamnen.

Den första svenska renodlade boken om gasbelysning utkom 1825 [5] och samma år förekom artiklar i Stockholmstidningarna *Journalen* [6] och *Stockholms Dagligt Allehanda* [7]. Det är intressant att notera att fyren i Malmö inte omnämns i boken. Denna fyr byggdes av den danske rörläggaren Johannes Irgens, en av den danska gasindustrins pionjärer.

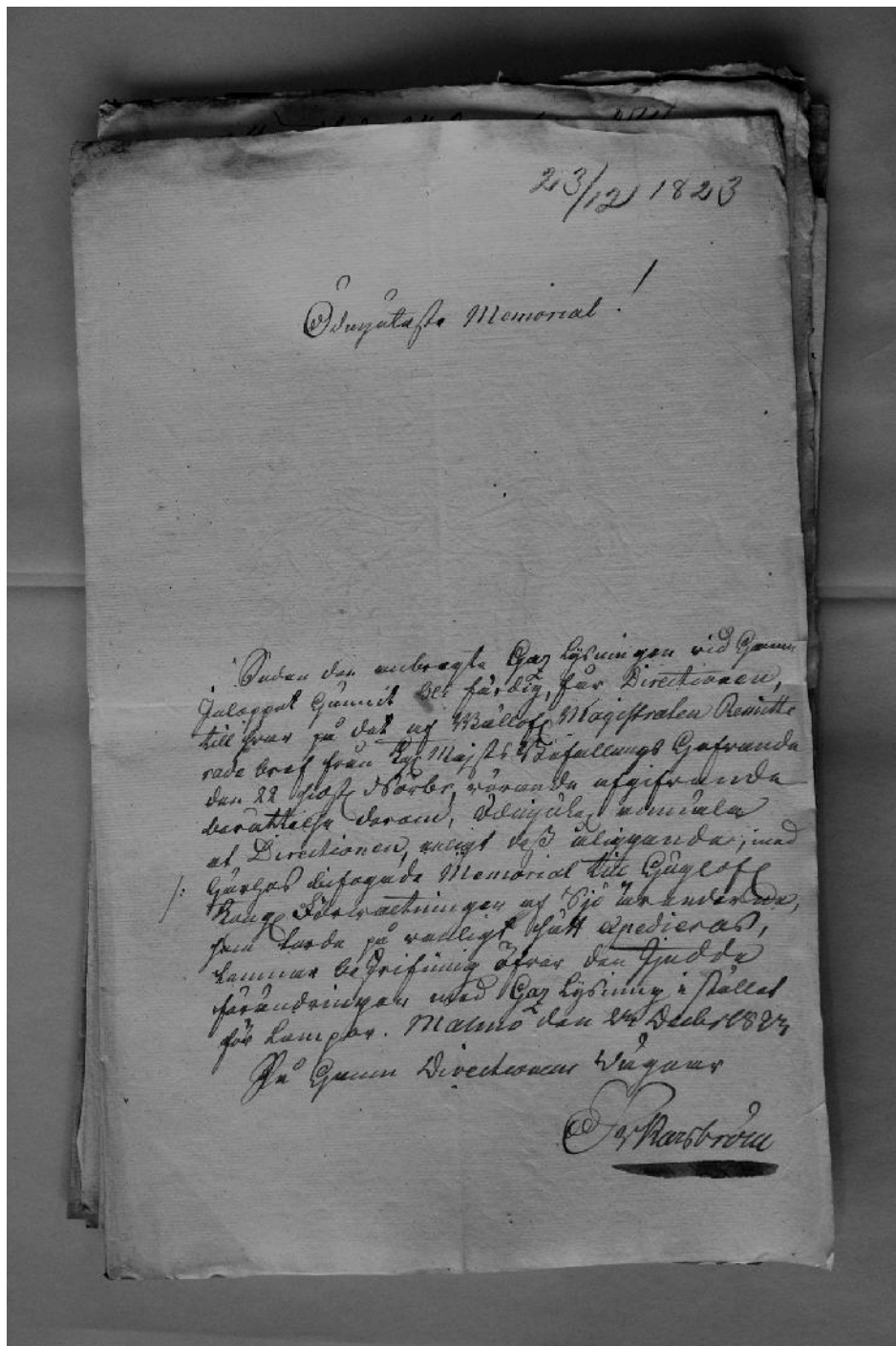
En beskrivning av den tidiga svenska gashistorien skrevs 1939 av Holmqvist [8]. Den beskriver tiden fram till 1843, det vill säga fram till det första stadsgasnätet i Sverige. En senare bok beskriver de första svenska gasverken ur ett teknikhistoriskt perspektiv [9]. Utifrån ett likartad perspektiv är motsvarande danska utveckling beskriven [10]. Många svenska gasverk och deras historia beskrevs i minneskrifter fram till ungefär 1960 vid exempelvis deras 50- eller 100-årsjubiléer. Även i dag skrivs om de gamla gasverken, och nyligen publicerades en bok som beskriver Visby gasverk [11]. Energiförsörjningen, gas och el, till danska kommuner är ytterligare en bok där tidig nordisk gasindustri beskrivs i ett bredare perspektiv [12].

1.1.2 Från stadsgas till naturgas

Efter andra världskriget fick tillverkad gas allt svårare att konkurrera med olja och el i både hushåll och industri. Upptäckten av naturgas i södra Frankrike och nordöstra Nederländerna i slutet av 1950-talet säkrade en fortsatt bred användning av gas i Västeuropa. Naturgas hade dock använts i begränsade områden i Europa sedan tidigt på 1900-talet. Utvinningen av naturgas i Nordsjön och i Ryssland har sedan möjliggjort dagens omfattande naturgasanvändning i Europa.

Konverteringen från stadsgas till naturgas i Europa innebar stora förändringar för gasföretagen. Dessa var bland annat att ledningstrycket höjdes, försäljning av en gas med förändrat värmevärde och förbränningsegenskaper, distributionssträckorna ökades drastiskt, och att kompressorstationer introducerades i ledningsnätet för att kompensera för tryckförluster längs de långa transmissionsledningarna. Dessutom krävdes ett större säljarbete.





Figur 1.2: Brev till Magistraten i Malmö daterad 23 december 1823 angående den nya gasdrivna fyren i Malmö hamn (Källa: Malmö stadsarkiv)

I USA inleddes naturgasanvändningen⁶ redan 1821 med gatubelysning i Fredonia i delstaten New York. De första stora industriinstallationerna gjordes under 1880-talet. På grund av bristande transport- och lagringskapacitet ventilerades mycket stora mängder naturgas bort fram till 1940-talet. Uppskattningsvis 5–6 gånger USA:s nuvarande årsförbrukning ventilerades bort.

Naturgasutvecklingen i USA hängde intimt samman med utvecklingen av teknik för konstruktion av transmissionsnät med högtrycksledningar med stor diameter. Gaskällorna fanns i södra USA och den största avsättningen fanns i landets nordöstra delar. Bland tidiga ledningar kan nämnas en mellan norra Louisiana och Texas 1925, drygt 300 km med 14–18 tum diameter. En 1600 km gasledning från det stora Panhandlefältet i Texas till Chicago öppnades 1931 [13].

1.1.3 Oljeindustrins utveckling

Naturgasindustrins utveckling skiljer sig markant från oljeindustrins som länge dominerades av sju stora oljebolag, de sju systrarna. Dessa var de amerikanska Esso (Exxon), Mobil, Gulf, Texaco och Socal, det brittiska BP samt det nederländsk/brittiska Royal Dutch Shell. Många av de amerikanska oljebolagen har någon form av grund i Standard Oil som upplöstes 1911 som en följd av amerikanska antitrustlagar.

Oljebolagen erhöll koncessioner på oljeutvinning i Mellanöstern och Nordafrika från 1920-talet. Efter bildandet av OPEC 1960 började de oljeexporterande länderna att kräva större inflytande över oljeproduktionen. Att producentländerna sökt större inflytande hade dock tidigare inträffat, i till exempel Mexiko, Venezuela och Iran. OPEC bildades av Iran, Irak, Kuwait, Saudiarabien och Venezuela. Qatar, Indonesien, Libyen, Förenade Arabemiraten, Algeriet och Nigeria har tillkommit senare. Några andra länder har varit medlemmar under en begränsad tid.

OPEC:s strävanden efter ett större inflytande på oljeproduktionen och konflikten mellan Israel och arabländerna ledde fram till den första oljekrisen under hösten 1973. Från andra världskrigets slut till den första oljekrisen hade oljans andel av världens energiförsörjning fördubblats och var då omkring 50 procent. USA och Västeuropa hade under samma tidsperiod blivit starkt beroende av oljeimporten och $\frac{2}{3}$ av världens oljereserver fanns i Mellanöstern. Beskrivningar av oljeindustrin och dess utveckling finns i exempelvis [14] och [15].

Olika faktorer ledde fram till att naturgasen nu kunde inleda en stark expansion. Den första oljekrisen visade tydligt beroendet av olja och de ekonomiska konsekvenserna av ett fyrfaldigat oljepris. Politikerna sökte alternativ energiför-

⁶Ordet naturgas användes i Sverige långt före den stora naturgasexpansionen i Europa. Exempel på användning av ordet finns i *Svensk Kemisk Tidskrift* 1893 och i *Norra Skåne* 1895. Före den tidpunkten användes troligen ordet kolvätgas.

sörjning och här passade naturgasen väl. Stora fyndigheter hade gjorts i de brittiska och norska delarna av Nordsjön från mitten av 1960-talet och denna för Väst-europa inhemska energikälla gynnades av oljeprisökningarna. Fyndigheterna var så stora att stadsgasen kunde ersättas utan problem och ny användningsområden för gas kunde också utvecklas. Naturgassystemet kunde nu utvecklas till en sammanhängande regional marknad i Västeuropa. Att man bekymrades av utlandsberoende var dock inga nya tankar. Den svenska linjen att söka utveckla inhemsk kärnkraftteknik med svenskt naturligt uran grundades bland annat på erfarenheterna av energiförsörjningen under andra världskriget.

1.1.4 Utvecklingen i några länder

Naturgassystemen präglas av storskalighet och oftast av nationella organisatoriska avgränsningar. De har ofta betraktats som naturliga monopol där staten givit ramarna för verksamheten. Ägande och geografisk utbredning i några betydelsefulla länder beskrivs nedan. Exemplet visar att naturgasanvändning utvecklats i länder med statsägda företag till en helt fri marknad, dock med statliga regleringar. De senaste årens avregleringar har radikalt förändrat denna traditionella bild. Reglering och avreglering av naturgasmarknaderna i några länder beskrivs i avsnitt 12.3 med början på s. 365.

Världens första distributionsföretag för stadsgas bildades som tidigare nämnts 1812 i London. En utredning av den brittiska gasindustrin ledde fram till en nationalisering 1949 av alla gasverk i England, Skottland och Wales. Vid denna tid fanns det något mer än 1000 gasverk i Storbritannien och dessa delades in i 12 "Area Boards". Nationellt fungerade Gas Council som koordinator. Under 1950-talet blev kostnaderna för stadsgasproduktionen allt högre som följd av kraftigt höjda kolpriser. Man sökte aktivt att ersätta gasen som producerats från kol, och under första halvan av 1960-talet levererades en blandning av gas från kol och olja, köpta energigas från stålverk, raffinaderier, metan från gruvor med mera. Man sökte också efter naturgas på de brittiska öarna, dock endast med begränsat resultat. Provimport av flytande naturgas och fynden av naturgas i Nordsjön ledde fram till ett beslut 1968 om konvertering av gasnätet till naturgas under en tioårsperiod. Detta underlättades av de redan sammanbundna stadsgasnäten.

Det brittiska parlamentet gav Gas Council ensamrätt att köpa naturgas för distribution inom Storbritannien. Gasföretagen på Nordsjön hade alltså endast en brittisk köpare. Gas Council utvecklade även sin verksamhet till att också omfatta utvinning, vilket innebar att man hade verksamhet längs hela kedjan från utvinning till användning.

British Gas bildades 1972 av Gas Council och de olika "Area Boards", vilket innebar en ytterligare koncentration av gasindustrin i Storbritannien. British Gas privatiserades 1986. British Gas delades senare upp i Centrica och BG. Centrica



säljer i dag naturgas till konsumenter under namnen British Gas och Scottish Gas. BG har senare delats upp i dagens National Grid och BG Group. National Grid äger och driver gas- och elnät i Storbritannien och USA medan BG Group arbetar globalt med gasproduktion och LNG-transport.

Den holländska naturgasanvändningen inleddes i samband med upptäckten 1959 av det gigantiska gasfältet Slochteren nära staden Groningen. Sedan 1940-talet hade dock ett antal mindre naturgasfält upptäckts. Slochterenfältet är så stort att man kunde bestämma sig för en konvertering av stadsgasnäten till naturgas. Gas från Slochteren har också exporterats till andra länder på den europeiska kontinenten och fältet har ekonomiskt varit mycket viktigt för den holländska staten. Naturgasen har ett lägre värmevärde och en annan så kallad gaskvalitet än naturgas från Nordsjön och Ryssland och transporteras inte i samma rörsystem. Fältet har varit en av de mest betydande försörjningskällorna för Västeuropa under många år.

GasTerra är en del av gamla Gasunie och företaget köper naturgas från holländska naturgasfält, men importerar även från Nordsjön och Ryssland. Naturgasens säljs vidare till kraftverk och industrikunder, gasdistributionsföretag som Nuon och Eneco, samt även export till Västeuropa. Ägare är holländska staten, Shell och Esso. Dagens Gasunie är helägt av den holländska staten och äger och driver det holländska gastransmissionsnätet och har även verksamhet i norra Tyskland.

I det tidigare Västtyskland har det inte förekommit statligt ägande utan inflytandet på naturgasindustrin har skett genom politik och lagstiftning. Flera företag driver transportnät men E.ON Ruhrgas har varit dominerande. Andra företag är Thyssengas, Wintershall och BGB. E.ON Ruhrgas har också intressen i många transmissionsledningar i Europa för naturgas från Ryssland och Nordsjön.

I Frankrike har staten ett mycket stort inflytande inom naturgasindustrin. De första små naturgasfynden gjordes 1939 men först när gasfältet i Lacq nära Pyrenéerna upptäcktes 1951 fick man betydande tillgångar. Stadsgasen dominerade vid denna tidpunkt och stadsgasindustrin hade tillsammans med flera andra industrier nationaliserats 1946. I Frankrike är gdf Suez störst. De inhemska gasfälten var inledningsvis tillräckliga för den franska naturgasanvändningen. Den första importen inleddes 1965 från Algeriet för att sedan följas av import från Nederländerna och senare Sovjetunionen. I dag svarar importerad naturgas för huvuddelen av den franska naturgasanvändningen. En kombination av minskad egen produktion och ökad användning ligger bakom detta.

I USA finns ett mycket stort antal företag inom såväl utvinning, transport och distribution. Frånsett en del kommunala distributionsföretag är alla företag privatägda. Staten har däremot haft ett stort inflytande på bland annat prissättningen genom olika regleringar. Den federala regleringen har huvudsakligen berört utvinning och gastransmission mellan delstaterna.



Naturgas användes för första gången, såvitt man vet, 1821. Liksom inom den tidiga oljeindustrin utnyttjades fyndigheterna snabbt och utan tanke på långsiktig försörjning. Naturgasen kom därför att betraktas med misstänksamhet i jämförelse med stadsgasen, som oftast kontrollerades eller reglerades av städerna.

I och med utvecklingen av material och tillverkningen av rör kunde naturgasen transporteras över långa avstånd, över delstatsgränserna. Misstankar om att transportföretagen gjorde oskäligen vinster genom att köpa billig naturgas av producenterna och sälja den dyrt; stadsgasen var dyr att tillverka, resulterade i statliga utredningar. Dessa ledde fram till den första regleringen av den amerikanska naturgasindustrin. Se vidare om detta på s. 366.

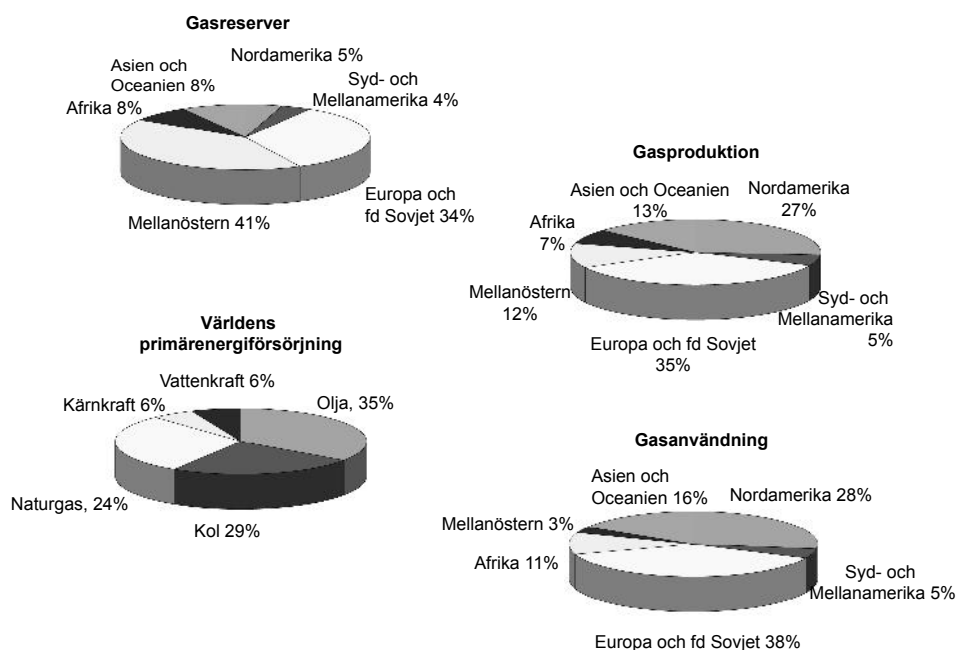
1.2 Energigaser i dagens energiförsörjning

2008 användes drygt 3000 miljarder m³ naturgas vilket det året motsvarade 24 procent av världens energibehov. Nästan alla jordens kända naturgasreserver finns i knappt 50 länder. Sedan början av 1980-talet har sökande efter naturgas resulterat i att reserverna fördubblats. Dagens kända reserver räcker med nuvarande förbrukning i strax över 60 år. Denna tid har minskat med 4–5 år sedan mitten av 1990-talet. Nya gaskällor ligger allt längre från användarna varför effektiv teknik för gasutvinning och transport är avgörande för en god konkurrenskraft. De kända naturgasreserverna är i dag i det närmaste lika stora som oljereserverna och ökar snabbare än dessa. De är ojämnt fördelade och koncentrerade till Ryssland och till exempel Turkmenistan (35 procent) och Mellanöstern (35 procent) inklusive Irans 15 procent. Nordamerika har endast 5 procent av reserverna, men 30 procent av världens naturgasanvändning. Data över reserver, produktion och användning av naturgas som nämns i detta avsnitt har hämtats från BP (www.bp.com) och Eurogas (www.eurogas.org).

Figur 1.3 visar naturgasens andel av världens energiförsörjning samt naturgasens användning, produktion och kända reserver i de olika världsdelarna. Naturgas används främst i Europas (inklusive före detta Sovjetunionen) och Nordamerikas utbyggda naturgasmarknader. Här konsumeras drygt 70 procent av all den gas som produceras i världen. Nya, ej utbyggda, naturgasmarknader finns i bland annat Sydostasien. I de etablerade mogna marknaderna är användningen av naturgas utbredd inom industrin, hushåll och handel samt ibland för kraftproduktion. På de nya marknaderna är kraftproduktion ofta dominerande. De etablerade mogna naturgasmarknaderna präglas av långsam tillväxt medan de nya marknaderna har en snabb ökning av naturgasanvändningen. Utvecklingen av energi- och naturgasanvändningen sedan 1976 ses i figur 1.4.

Naturgas utvinns ofta närmare förbrukaren än vad fallet är med olja och har fram till i dag inte haft en global marknad på samma sätt som olja. Långväga



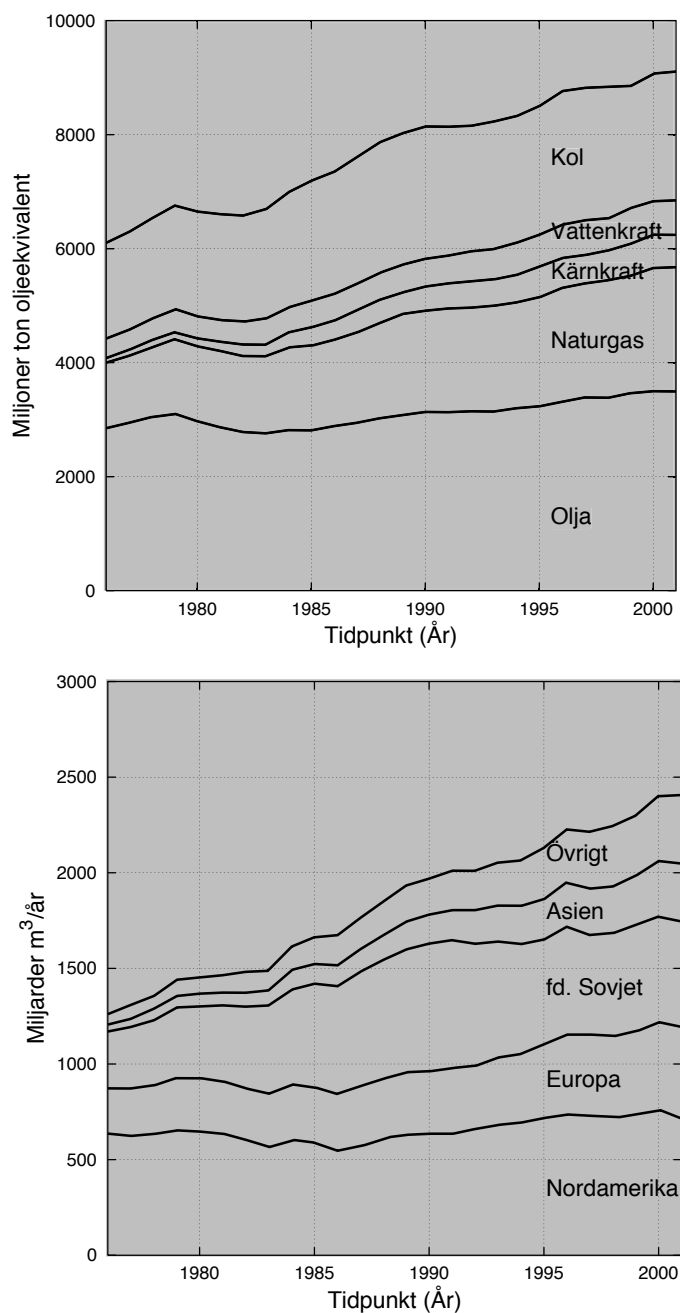


Figur 1.3: Världens reserver, produktion och användning av naturgas samt världens primärenergiförsörjning (Källa: BP)

transporter av naturgas sker antingen i rörledningar eller med fartyg. Rörlednings-transport dominerar mellan sammanhängande landområden medan fartygstransporter av nedkyld flytande naturgas, Liquefied Natural Gas (LNG) uteslutande sker mellan landområden åtskilda av hav. I rörsystem transporteras 93 procent av naturgasen hela vägen från källa till förbrukare. 2009 fanns det 32 LNG-terminaler i 17 länder för kondensering och transport från gasfyndigheterna, och 75 terminaler i 21 länder för import, förångning och vidaretransport till gasnät [16]. Små terminaler som i dag används i Norge är inte medräknade. Drygt 200 LNG-fartyg används för denna transport av naturgas. För närvarande transporteras inte naturgas som LNG inom ett land utan all LNG-transport på fartyg sker mellan olika länder. Det enda undantaget från detta är den norska infrastrukturen för kusttransport av LNG, vilket beskrivs vidare på s. 144. LNG förväntas få en viktigare roll inom naturgastransport i framtiden.

LNG transporteras över stora avstånd eller då hav skiljer sträckans början och slut. Utrustning för LNG-hantering såsom kondenserings- och förångningsanläggningar samt fartyg är mycket kapitalkrävande. Dock blir den totala transportkostnaden mindre än vid rörtransport då transportsträckorna är tillräckligt långa, se figur 12.3 på s. 370. Den första internationella transportleden av LNG, mellan Algeriet och Storbritannien, öppnades i mitten av 1960-talet. Därefter följde i tur-





Figur 1.4: Utvecklingen av världens energianvändning och naturgasanvändning sedan 1970 (Källa: BP)

ordning Libyen, USA (Alaska), Förenade arabemiraten, Indonesien, Malaysia och Australien som LNG-exportörer. Totalt 15 länder exporterade LNG 2008. Utöver länderna som nämndes var det också Trinidad & Tobago, Norge, Oman, Qatar, Egypten och Ekvatorialguinea. Utvecklingen visar att länderna runt Persiska viken nu också blivit viktiga naturgasexportörer, men också länder i Afrika som ligger långt från naturgasmarknaderna. Naturgashandeln har blivit alltmer global. De största volymerna av LNG importeras i dag av Japan, Sydkorea och Taiwan i Asien och Frankrike, Belgien, Italien, Spanien, Portugal, Grekland och Turkiet i Europa. USA importerar LNG från Algeriet, Nigeria och Trinidad & Tobago. 2008 transporterades 225 miljarder m³ som LNG, vilket motsvarar 25 procent av naturgashandeln mellan länder. Av världens totala naturgasanvändning utgör detta cirka 7 procent. Totalt importeras LNG av 18 länder. USA är det enda land som både importerar och exporterar LNG.

1.2.1 Naturgas i Europa

Nordsjön och norra Nederländerna är i dag de viktigaste områdena för naturgasutvinning i västra Europa och svarar för knappt 80 procent av den europeiska naturgasutvinningen (Ryssland ej medräknat). Norge utvinner mest naturgas av dessa länder med 99 miljarder m³ 2008 följt av Storbritannien med 70 miljarder m³ och Nederländerna med 67 miljarder m³. Gasfältet Slochteren utanför Groningen i nordöstra Nederländerna är Europas största gasfält, upptäcktes 1959 och produktionen inleddes 1963. Naturgasen är belägen 3000 meter under markytan och gastrycket vid markytan är drygt 200 bar. Naturgasen från Slochteren innehåller en hög andel kvävgas, cirka 14 procent. Den årliga produktionen uppgår till 30–35 miljarder m³. Även om fältet i Slochteren är bland de största gasfälten i världen så har man fortsatt sökningen efter mindre gasfält i Nederländerna. I dag är utvinningen från dessa fält mer eller mindre konstant under året. Säsongsvariationer kompenseras genom anpassning av utvinningen från Slochteren samt användning av gaslager. Andra områden i Västeuropa där naturgasproduktion finns i nämnvärd omfattning är norra Italien, södra Frankrike, västra Tyskland och Spanien. I östra Europa förekommer naturgasutvinning i Polen, Rumänien och Ukraina.

Efter fynden av naturgas vid Lacq och Groningen var södra delen av Nordsjön nästa plats för storskalig naturgasutvinning i Västeuropa. Sökandet efter gas och olja inleddes vid mitten av 1960-talet i de brittiska och norska sektorerna. Kontinentalsockeln delades in efter mittlinjeprincipen, det vill säga gränsen mellan de olika ländernas sektorer drogs mitt mellan kustlinjerna. Ekofiskfältet, som innehåller både naturgas och olja, upptäcktes 1969. Två år senare upptäcktes Friggfältet, ett renodlat gasfält där naturgas utvanns 1978–2004. Friggfältet sträcker sig både över norsk och brittisk sektor. Statfjordfältet med både gas och olja upptäcktes 1974. Gasen från Ekofiskfältet transporteras till Tyskland och Storbritannien i



två rörledningar. Från Frigg transporterades gasen till Storbritannien. Det mycket stora Trollfältet upptäcktes 1979. Fältet innehåller ungefär 1 300 miljarder m³ naturgas och utvinningen inleddes 1998. Gasen leds först in till norska kusten (cirka 50 km) till en behandlingsanläggning nära Bergen och fortsätter sedan i sjöledning till Västeuropa. Sökande efter nya olje- och gasfyndigheter sker allt längre norrut utanför Norges kust. Till de senare fälten hör bland annat Åsgard i Norska havet nordväst om Trondheim. Figur 1.5 visar platserna för betydande gasfält i Nordsjön och där naturgas transporteras i rörledningar. Några välkända norska fält är utmärkta. De tunnare linjerna markerar rörledningar från områden med betydande gasfält för den brittiska marknaden.

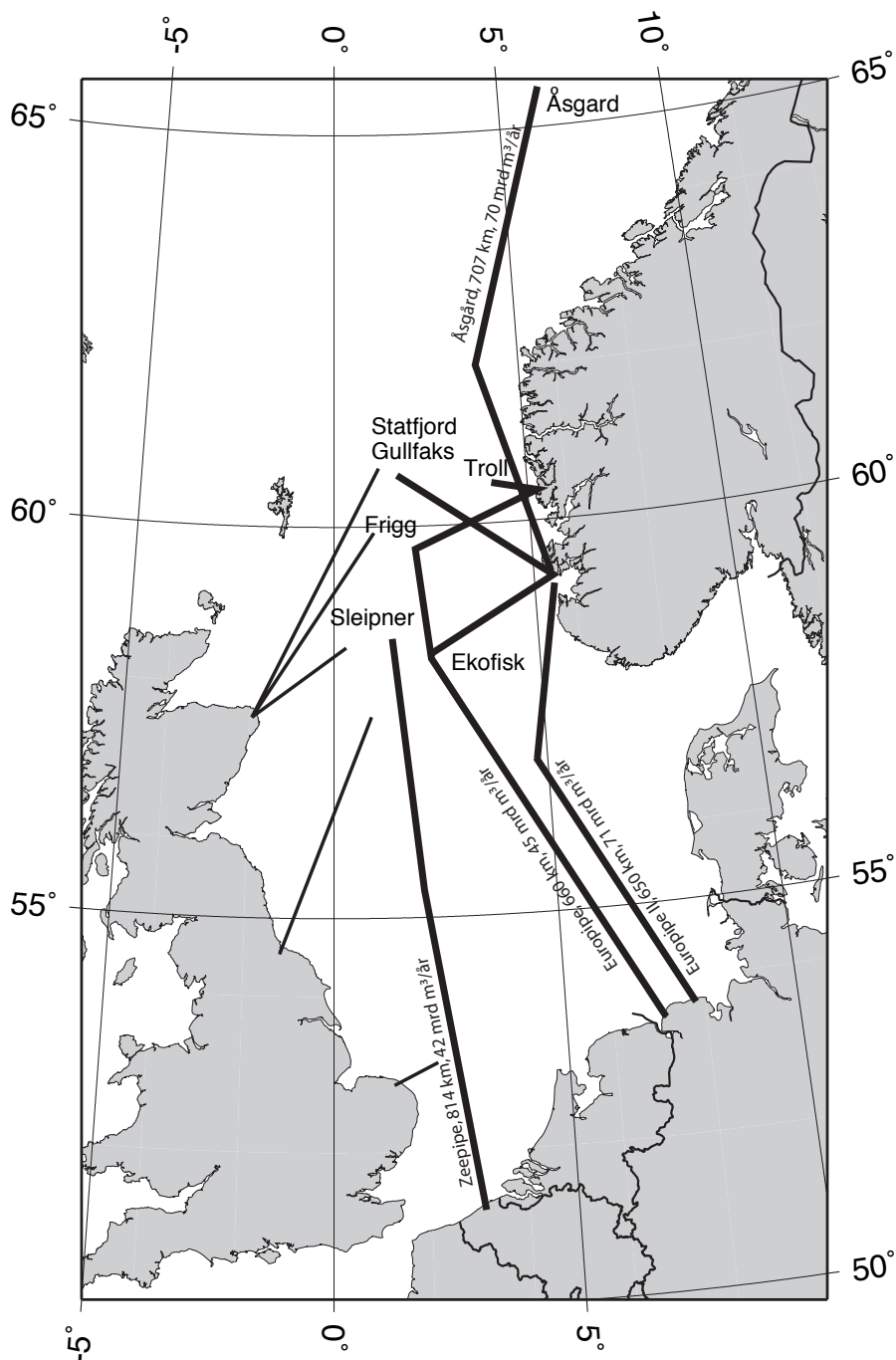
Utanför Nordnorge i Barents hav finns fältet Snøhvit. Gasen från detta fält skiljer sig från andra norska gasfält bland annat att inte transporteras i rörledningar till kunderna utan som flytande naturgas LNG. Snøhvit innehåller ungefär 200 miljarder m³ utvinningsbar naturgas. Inga plattformar i traditionell mening finns vid borrhålen utan all utvinningsutrustning finns på havsbotten på 250–325 meters djup. Från de ungefär 20 borrhålen transporteras gasen i rörledningar cirka 150 km till behandlingsanläggning och LNG-produktion nära Hammerfest. Naturgasen från Snøhvit innehåller 5–8 procent CO₂, vilket avskiljs på land och återförs till källan. LNG-leveranserna inleddes 2007.

Naturgasen från Norge transporteras till Västeuropa i ett flertal rörledningar. Flera gasledningar samlas vid två plattformar vid Draupner i närheten av Sleipnerfälten. Norpipe invigdes 1977 för transport av naturgas från Ekofisk till Emden i norra Tyskland. Ledningen är dimensionerad för ungefär 15 miljarder m³ årligen. Statpipe transporterar naturgas från den norra delen av norska Nordsjön, bland annat Statfjord, till Norpipe för vidare transport till Emden. Ledningen invigdes 1985 och ledningssystemet omfattar 880 km. Zeepipe innehåller ledningar dels från Sleipner till Zeebrugge i Belgien, dels till Draupner för anslutning till Statpipe. En senare etapp ansluter behandlingsanläggningen i Kollsnes utanför Bergen. Franpipe är en ledning som invigdes 1998 och transporterar gas till Dunkerque i Frankrike. Nordligaste rörledningen går från Åsgard till Kårstø utanför Stavanger och denna invigdes 1998. Dessa transmissionsledningar är dimensionerade för en livslängd på 30–50 år där den lägre livslängden gäller för de äldre rörledningarna. Diametrarna är i intervallet 910–1070 mm (36–42 tum).

Naturgasnätet i Europa är väl utbyggt med gasleveranser till alla delar utom delar av Skandinavien samt delar av södra Europa. I figur 1.6 ses hur de stora transmissionsledningarna i Europa är utlagda. Gasförsörjningen kommer huvudsakligen från Ryssland samt Nederländerna och Nordsjön. LNG importeras från Nordafrika till länder runt Medelhavet. Till Storbritannien, Spanien, Belgien och andra länder importeras LNG från Afrika och Mellanöstern.

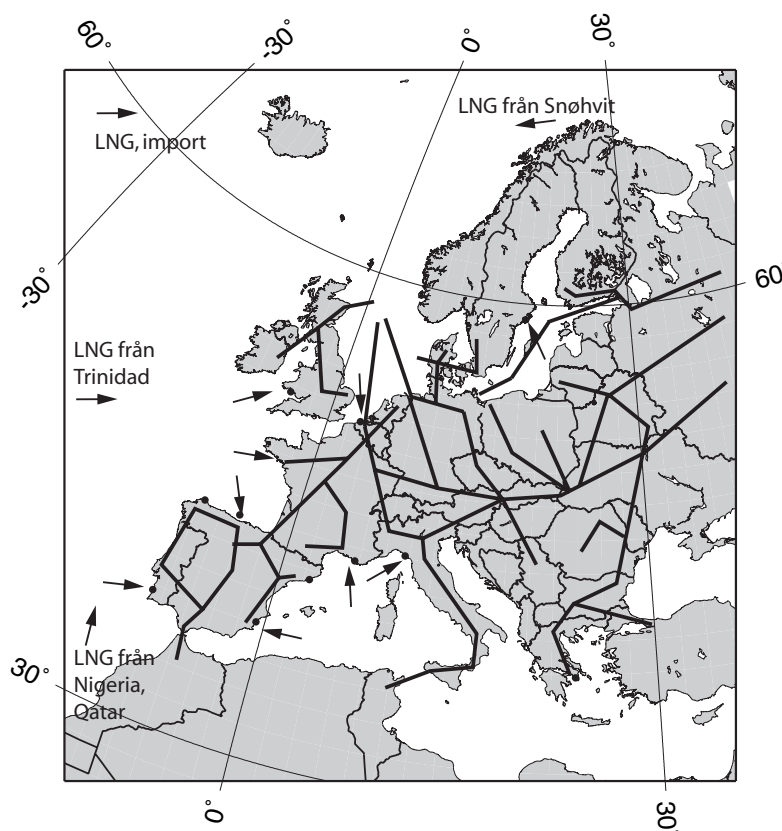
I EU täcktes cirka 25 procent av energitillförseln med naturgas år 2005. Detta motsvarar en årlig användning av 4 250 TWh eller 392 miljarder m³. Huvuddelen





Figur 1.5: Betydande gasfyndigheter i Nordsjön med rörledningar till Väst-europa. Rör till kontinental Europa är markerade med kraftigare linjer





Figur 1.6: Större transmissionsledningingar för naturgas i Europa samt importvägar och terminaler för LNG

av denna mängd, 90 procent, förbrukas i fem länder, Storbritannien, Tyskland, Nederländerna, Italien och Frankrike. Totalt sett används ungefär hälften av naturgasen av kunder anslutna till distributionsnätet. 40 procent förbrukas i industrin och resten i framför allt kraftverk. Dock finns stora skillnader mellan de västeuropeiska länderna. En uppfattning om hur fördelningen kan skifta mellan länderna ges i tabell 1.1.

Den europeiska gasbranschens organisation Eurogas förväntar att naturgasens andel av EU:s energiförsörjning kommer att öka från dagens 24 procent till 27–29 procent 2030 [17]. Gasförbrukningen förväntas öka med 14–23 procent under samma tid. Ökningen kommer huvudsakligen från ökad kraftproduktion med gas.

Gasproduktionen inom EU förväntas att kontinuerligt minska och vara lite mindre än hälften av dagens produktion 2030. Norges produktion förväntas vara ungefär konstant under tidsperioden. I dag utvinns 55 procent av EU:s naturgasbehov inom unionen inräknat Norge. EU:s importbehov kommer fortlöpande att öka för att förväntas vara omkring 70 procent 2030. Behovet av nya tillförselvägar



Tabell 1.1: Naturgasanvändningen i några EU-länder år 2005
(Källa: Eurogas)

Land	Andel av försörjning (%)	Hushåll, handel + kontor (%)	Industri (%)	Kraftverk (%)	Övrigt (%)
Storbritannien	40	50	17	31	2
Tyskland	23	35	42	9	0
Italien	38	35	25	38	2
Frankrike	15	54	37	1	8
Nederländerna	45	42	40	19	0

börjar redan omkring 2015. LNG anses stå för en del av detta men nya transmissionsledningar till Europa kommer att byggas. En sådan är Nordstream från Ryssland till Tyskland genom Östersjön. Till södra Europa planeras gasledningar från Asien med namnen Southstream, Nabucco och Bluestream. En del av dessa syftar till att leda naturgas från Turkmenistan till Europa. Det finns argument för att dessa ledningar minskar Europas beroende av Ryssland som naturgasleverantör.

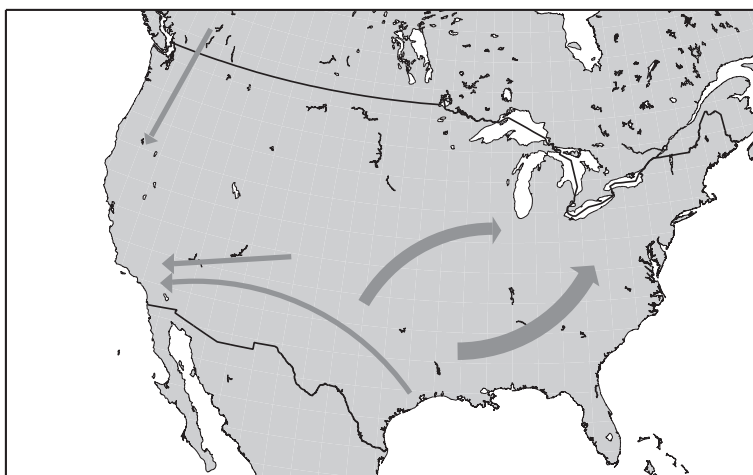
1.2.2 Naturgas i Nordamerika

Både USA och Kanada har betydande naturgastillgångar och -utvinning. All naturgasutvinning i de av USA:s delstater som kallas "lower 48 states" går till inhemsk användning förutom en viss mindre export till Mexiko och Kanada. Kanada, som svarar för ungefär 6 procent av världens naturgasproduktion, exporterade 2008 ungefär 40 procent av produktionen till USA.

Naturgasutvinning finns i omkring 30 av USA:s delstater men är koncentrerad till området kring mexikanska golfen. Texas, Louisiana, Oklahoma, New Mexico och mexikanska golfen är de största producerande staterna och områdena, och svarade 2008 för 65 procent av USA:s totala naturgasutvinning. Andra delstater med betydande gasutvinning är Wyoming och Colorado. Ingen gasutvinning förekommer i de nordöstra delstaterna, som brukar kallas New England. I figur 1.7 ses de huvudsakliga transportvägarna i USA. Transportnätet för naturgas i USA utvecklades under en tid då naturgasen huvudsakligen utvanns i delstaterna kring mexikanska golfen och användningen var koncentrerad till mellanvästern och delstaterna längs Atlankusten, och denna bild kvarstår.

Under perioden 1995–2009 har den totala naturgasanvändningen i USA varit i intervallet 600–650 miljarder m³ och det är ungefär 20 procent av världens totala användning. Nettoimporten är drygt 10 procent. Naturgasanvändningen i USA fördelas med cirka 25 procent till hushållssektorn, 15 procent till lokaler och kontor





Figur 1.7: Huvudsakliga transportvägar för naturgas i USA

och mindre kommersiella användare, och slutligen ungefär 30 procent vardera till industri och elproduktion.

1.2.3 Naturgas utanför Europa och Nordamerika

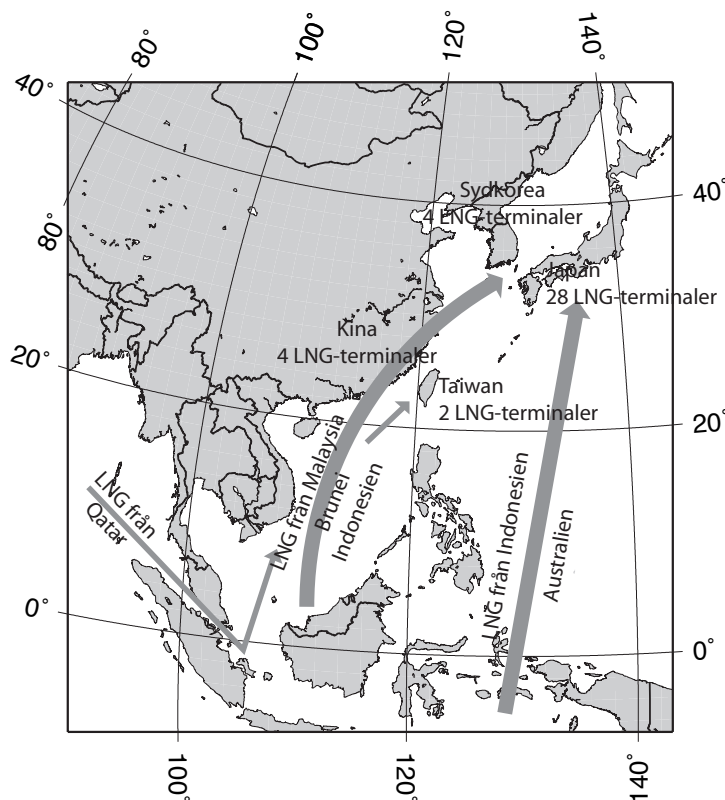
Argentina, Brasilien, Venezuela och Mexiko är de länder i Latinamerika som har störst naturgasanvändning. Förbrukningen varierar mellan 20 och 60 miljarder m³ årligen för var och en av länderna. Totalt används 120 miljarder m³ naturgas årligen i Latinamerika. Naturgasen utvinns huvudsakligen i respektive land. Rörledningsnät finns i nord-sydlig riktning från sydligaste Argentina och till gasfält i Bolivia. Från detta finns ledningar i öst-västlig riktning till Brasilien och Chile. I Venezuela och Colombia finns också utbyggda naturgasnät. Med flera nybyggda LNG-terminaler kan även LNG importeras till Sydamerika.

I Mellanöstern finns cirka 40 procent av världens naturgasreserver men utvinningen är liten, endast cirka 6 procent av världens totala utvinning. Iran svarar för cirka 30 procent av denna utvinning. Andra större producenter är Förenade Arabemiraten, Qatar, Oman och Saudiarabien. LNG-produktionen har ökat starkt i området, särskilt runt Persiska viken.

Utvinning och användning av naturgas är förhållandevis liten i övriga Asien, speciellt om man ser till folkmängden. Folkrika länder som Kina, Indien och Bangladesh har en för befolkningsmängden förhållandevis liten naturgasutvinning. Malaysia och Brunei har en betydande utvinning och export. Kina, Indonesien och Malaysia är de största gasproducenterna med ungefär 700 TWh/år eller vardera knappt 20 procent av Asiens och Australiens naturgasproduktion exklusive Mellanöstern. Det är värt att notera att Japan, som har den största naturgasan-



vändningen i Asien bara har en försumbar inhemsk naturgasutvinning. Figur 1.8 visar transportlederna för LNG från Mellanöstern, Malaysia, Indonesien, Brunei och Australien till Japan, Taiwan och Sydkorea.



Figur 1.8: Huvudsakliga transportvägar för naturgas i östra Asien

Japan har den största naturgasanvändningen i Asien av länderna utanför Mellanöstern. Konsumtionen är ungefär 90 miljarder m³ årligen varav merparten används för kraftproduktion. Naturgas för kraftproduktion introducerades under 1970-talet och ersatte kol eller olja nära storstadsområden.

Australien och Nya Zeeland har inhemsk utvinning och användning av naturgas. De nya större gasfyndigheterna i Australien är belägna i landets nordvästra delar. Naturgas exporterats till Japan i form av LNG.

Huvuddelen av naturgasutvinningen i Afrika sker i Algeriet. En stor del av gasen exporteras sedan länge till Västeuropa. Andra afrikanska länder med någon betydande utvinning är Egypten, Libyen och Nigeria. Från Nordafrika transporteras naturgas både i rörledningar och som LNG. Naturgas från Nigeria, Angola och Ekvatorialguinea exporteras endast som LNG.



1.2.4 Okonventionella naturgasreserver

Mer osäkra än de tidigare nämnda naturgasreserverna är gastillgångar som är bundna på ett okonventionellt sätt, till exempel gashydrater, skiffergas och metan i kolfyndigheter, kolmetan. I USA kan skiffergas och kolmetan i dag snarare betraktas som konventionella naturgaser.

Gashydrater är naturligt förekommande där trycket är högt och temperaturen låg, exempelvis på havsbotten och i permafrostområden. Gashydrater innehåller stora mängder gas och energibehovet för att frigöra gasen är lågt, vilket gör dem intressanta för utvinning. Man har funnit gashydrater i Alaska och i ryska permafrostområden och i havsområdena kring Mellanamerika. Uppskattningar av gashydratreserverna pekar på mycket stora mängder gas. Om endast en procent av de uppskattade gashydratreserverna i mexikanska golfen, Atlanten och Stilla havet skulle kunna utvinnas så motsvarar detta 100 års naturgasanvändning i USA. Utvinning i kommersiell skala är ännu ett olöst problem, eftersom teknik saknas. Miljöaspekterna är inte heller ordentligt genomlysta.

Metan från kolfyndigheter har utvunnits i USA sedan slutet av 1970-talet. I dag utvinns metan kommersiellt från kolfyndigheter huvudsakligen endast i USA. Av USA:s naturgasutvinning kommer 10 procent från sådana källor [18]. Stora fyndigheter av metan finns i Kanadas kolfyndigheter, i Ryssland och gamla sovjetrepubliker och andra länder kända för stor kolproduktion som Storbritannien, Polen, Kina och Australien. Här kan man förvänta sig utvinning i framtiden.

Ännu större förhoppningar knyts i dag till skiffergas. Förbättrade prospekteringsmetoder är en huvudförklaring till det kraftigt ökade intresset. Skiffergas kan öka naturgasreserverna med 40 procent.

1.2.5 Framtida försörjning och användning av naturgas

Med en stigande naturgasanvändning i hela världen framstår frågan om hur länge reserverna ska räcka. Naturgas svarar i dag för drygt 20 procent av världens energiförsörjning och denna andel förväntas öka. Det är en siffra jämförbar med kolanvändningen som dock minskar men mindre än oljeanvändningen, vilket kan ses i figur 1.4. Dessa tre bränslen har inte samma användningsområden, exempelvis oljeprodukternas dominans inom transportsektorn.

I ett stort antal studier har man sökt prognostisera den globala framtida energiförsörjningen och -användningen i världen. Många av dessa pekar på en ökad andel naturgas i den globala energiförsörjningen. I en studie för Internationella gasunionen (IGU) [19] hävdas att naturgas kommer att finnas tillgängligt i tillräcklig mängd och till lågt pris åtminstone fram till år 2100. Slutsatsen baseras på analys och kritik av tidigare prognoser och metoder. Resultatet förutsätter en fortsatt teknikutveckling och kostnadsreduktion och att gashydrater och andra okonven-



tionella metankällor blir möjliga att exploatera i stor skala. Man menar också att eftersom naturgas i jämförelse med olja är en relativt ung energikälla, så kan man förvänta sig att upptäcka stora naturgasfält i framtiden i mycket större omfattning än nya stora oljefält.

International Energy Agency (IEA) förutser i en rapport från 2011 att naturgasens roll i världen ökar fram till 2035 [20]. Man utgår från gasreserverna är tillräckliga för den ökande efterfrågan, okonventionell naturgas svarar för en betydande del av den ökande förbrukningen samt att prisökningen är måttlig. Ökningen sker främst i länder utanför OECD. Kinas gasanvändning förväntas stiga till samma nivå som i EU. Naturgasförbrukningen ökar också som en följd av minskad användning av kol och kärnkraft. I scenariet från IEA ökar naturgasens andel från dagens 21 procent till 25 procent av världens energiförsörjning.

Den allt större betydelse som ledningsbunden energi som gas och el i framtiden kan få i världens energiförsörjning skulle uppnås genom fortsatt utveckling av elproduktionstekniker, till exempel kombikraftverk och bränsleceller, som ger hög verkningsgrad, goda miljöprestanda och åtminstone för kombikraftverk ett lågt pris [21]. Kring 2030–2050 skulle traditionell förbränningsbaserad elproduktionsteknik ha ersatts av kombikraftverk, även delvis inkluderande integrerad förgasning eller CO₂-avskiljning och -deponering. Till detta förutspås en utveckling av gastransmissionssystemet så att befolkningsrika områden i exempelvis Asien kan förses med infrastruktur för naturgas. Naturgas ses i samma källa som ett mellansteg till ett samhälle där vätgas och el är de viktigaste delarna i energisystemet. En studie av det framtida svenska energisystemet, se till exempel [22], pekar på en annan utveckling med stor användning av biobränslen.

1.3 Nya och andra energigaser

Stadsgas och naturgas distribueras i rörsystem till kunderna. Gasol distribueras antingen i små distributionsnät men vanligast är att gasen lagras lokalt i tankar hos användaren. Gasol räknas ibland som en oljeprodukt i stället för en energigas. Intresset ökar för biogas och förgasning. Biogas används nästan uteslutande i nära anslutning till produktionsplatsen men allt fler exempel ses där biogasen uppgraderas till naturgaskvalitet och tillförs gasnätet. Produktgasen från förgasningsanläggningar används i dag liksom biogas av närliggande förbrukare.

En inte försumbar gasanvändning gäller energigaser som bildas som biprodukt i olika industriprocesser, till exempel inom metallurgisk och petrokemisk industri. Dessa gaser används nästan uteslutande inom industrin och levereras inte till allmänna distributionssystem. Dock finns transmissionsledningar mellan industrier där vätgas produceras i överskott och industrier där vätgasen kan användas.



Ett framtida vätgassamhälle eller vätgasekonomi har diskuterats länge. I dag används vätgas nästan uteslutande där den produceras som biprodukt, till exempel i petrokemisk industri. Det saknas distributionsnät för en ökad användning. Man har dock studerat effekterna av vätgastillsats till naturgas och hur stor denna andel kan vara. Det är en väg att utnyttja naturgasnät för förnyelsebara energigaser. Provt av vätgas som exempelvis fordonsbränsle görs och här är bränsleceller den viktigaste applikationen. Vätgas ses ofta som en fortsättning på ett ledningssystem för naturgas och en väg till CO₂-fri energianvändning. Vätgas kan produceras från fossila bränslen och från förnybara energikällor som exempelvis vind. En viktig fråga med de förstnämnda källorna är hur CO₂ ska avskiljas i samband med en central vätgasproduktion då fossila bränslen används. CO₂-avskiljning och -deponering diskuteras också i samband med användning av fossila bränslen, och då framför allt för stora förbrukare som kraftverk. Se vidare avsnittet om CO₂-avskiljning och -deponering på s. 351. Översikter om vätgas, teknik och framtida perspektiv finns i [23] och i [24]. International Energy Agencys Hydrogen Implementing Agreement har en rad rapporter och publikationer om vätgas på sin webbplats⁷.

1.4 Naturgas och andra energigaser i Norden

Naturgasanvändningen i Norden med undantag för Danmark är inte lika väl utbredd som i övriga Västeuropa. Dock är Norge ett av länderna med störst naturgasproduktion i Europa. I figur 1.9 visas naturgasnätets utbredning i de nordiska länder där naturgas används i större omfattning, Sverige, Danmark och Finland. I Norge finns inget transmissionsnät men en liten naturgasanvändning i begränsade gasnät eller hos enskilda konsumenter.

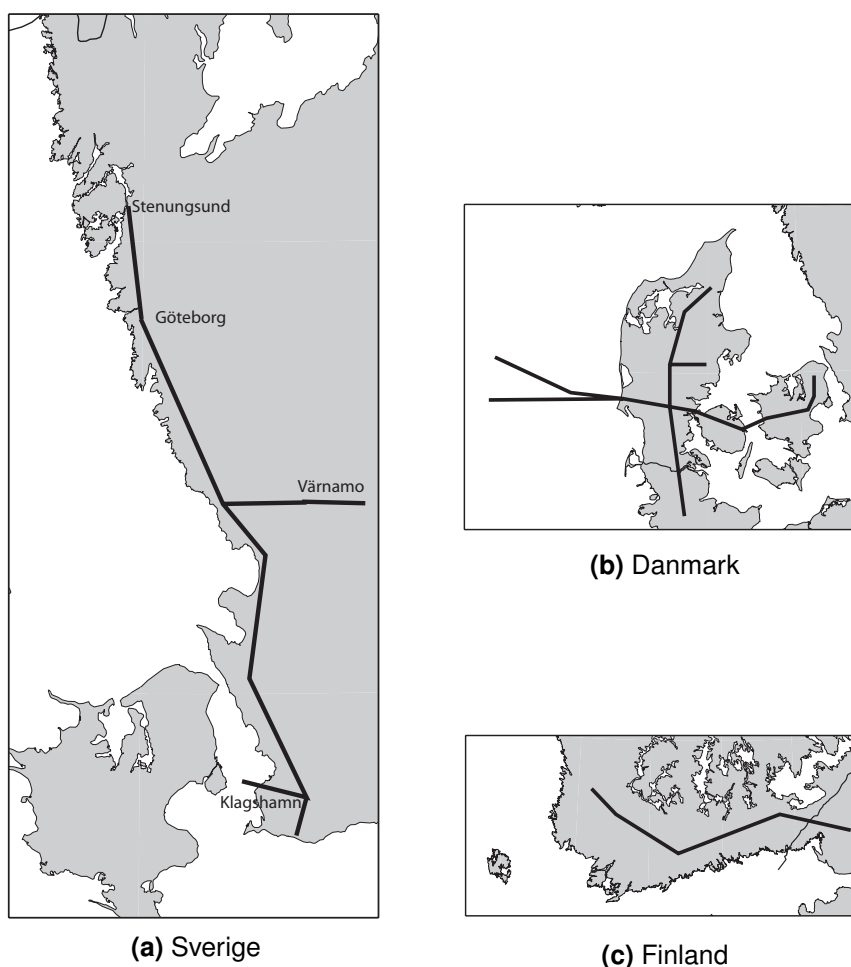
1.4.1 Sverige

Det första svenska gasverket invigdes 1846 i Göteborg. I totalt 37 städer byggdes gasverk fram till 1900-talets början. Gasproduktionen från dessa var som störst under 1950-talet med en årlig produktion av drygt 300 miljoner m³. Produktionen sjönk sedan drastiskt.

Svenska Gasföreningen bildade 1971 en naturgassektion, vars medlemmar bestod av företag med intresse att antingen distribuera eller använda naturgas. Även företag utanför energibranschen ingick, till exempel stålföretag. De första konkreta planerna på naturgasimport till Sverige var Östgasprojektet, där en gasledning tänktes dras från Finland till Sverige norr om Åland. Erbjudanden om att köpa naturgas kom också under 1970-talet. Till exempel erbjöd Phillips Petrole-

⁷Hydrogen Implementing Agreement, <http://ieahia.org>





Figur 1.9: Transmissionsledningarna för naturgas i de nordiska länderna

um naturgas från Ekofiskfältet i Nordsjön till den svenska marknaden vid ett par tillfällen [25].

Framför allt sågs naturgas som ersättning för eldningsolja, vilken dock till betydande del senare har ersatts av el och biobränslen. Vid tiden för den första oljekrisen 1973/74 täcktes Sveriges energibehov till något mer än 70 procent av olja. Potentialen för naturgas i Sverige ansågs vara 8 miljarder m³ per år vid slutet av 1970-talet. Detta är en volym som vida överstiger dagens naturgasanvändning i Sverige. Volymen baserades på prognoser om energianvändningen som har visat sig vara kraftigt överskattade.

En grupp bestående av svenska industriföretag introducerade LNG som storskaligt alternativ till rörimport när det så kallade Kockumsprojektet presenterades 1977. Gasvolymerna motsvarade 110–157 TWh/år. Både kombikraftverk och LNG-



lagring i bergrum ingick i planerna. Kockumsprojektet utsattes senare för hård kritik och blev aldrig mer än ett förslag.

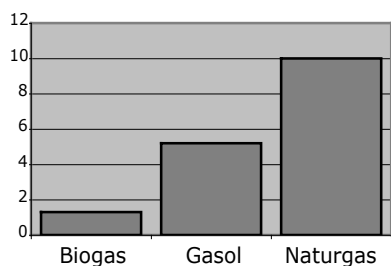
Swedegas AB hade bildats 1976 och ägdes då gemensamt av svenska staten och Svenska Gasföreningen. Uppgiften för Swedegas var att utreda och klarlägga villkoren för inköp av naturgas och möjligheterna att sälja naturgasen inom Sverige. Swedegas förhandlade om leveranser av naturgas från Västtyskland och Algeriet. Det så kallade Ruhrgasprojektet avsåg import av naturgas från dåvarande Västtyskland i rörledningar. Ett principavtal mellan Swedegas och det statliga algeriska olje- och gasföretaget Sonatrach träffades 1978. Swedegas skulle under perioden 1985–2005 köpa 1,7 miljarder m³ gas per år. I första hand tänkte man sig en importterminal på västkusten. Varken Ruhrgas- eller Sonatrachprojektet resulterade i några förverkligade kontrakt. I regeringens proposition avslogs avtalen med hänsyn till ekonomin. Näringsutskottet tog i stället tydlig ställning för rörbunden naturgas och hänvisade till att de danska naturgasfyndigheterna i Nordsjön visat sig vara betydligt större än vad man tidigare hade trott. Förhandlingar med Danmark ledde fram till ett avtal 1980 och naturgas introducerades i Sverige våren 1985.

I dag är naturgasen energimässigt den största energigasen i Sverige. Spaltgasproduktion fanns i Stockholm fram till slutet av 2010. Naturgas används i dag av alla slags förbrukare längs naturgasledningen. Importpunkten finns i Klagshamn söder om Malmö och ledningen fortsätter längs västra Skåne och Halland till Göteborg och Stenungsund. Ledningen har byggts ut österut till Gnosjö och Värnamo. I Malmö och Göteborg ersattes stadsgasen med en blandning av naturgas och luft. Det gamla stadsgasnätet i Malmö är nu helt konverterat till ren naturgas. De största naturgasanvändarna är industri, följt av el- och värmeverk samt bostäder och lokaler. Det svenska transmissionsnätet har 2011 en längd på 620 km. Distributionsnätets längd är totalt 2600 km. Till naturgasnätet är 36 000 kunder anslutna. I figur 1.10 visas den svenska produktionen och användningen av olika energigaser.

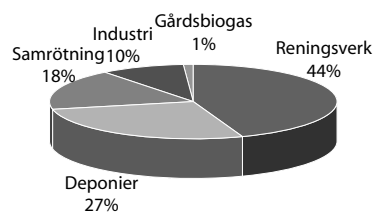
Stockholms gasnät har genomgått en stor förändring. Från att ha varit Europas sista större stad med stadsgastillverkning från förgasning har man från 2011 ett gasnät som försörjs med naturgas och en betydande del biogas. Gasnätet är fortfarande isolerat från det svenska naturgasnätet. Naturgas importeras som LNG till Nynäshamn och transporteras med tankbil till en mottagningsterminal i södra Stockholm. LNG förångas och leds in i en ledning för ren naturgas och uppgraderad biogas. Tankstationer för fordon ansluts till denna ledning. I fyra reningsverk produceras biogas och det ska kompletteras med fler biogasanläggningar med uppgradering runt Stockholm. Det gamla stadsgasnätet finns kvar och försörjs med en blandning av naturgas eller uppgraderad biogas och luft med egenskaper som liknar den gamla stadsgasen. Samma gaskvalitet används i Köpenhamn och Ålborg, och har tidigare också använts i Göteborg och Malmö. Efter konverteringen från



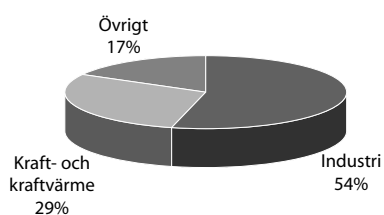
Produktion och användning av energigaser i Sverige 2009



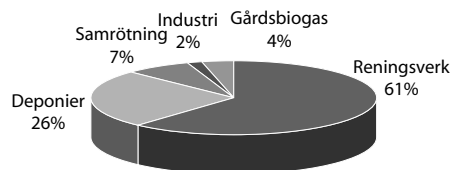
Biogasanläggningar, produktion 1,36 TWh



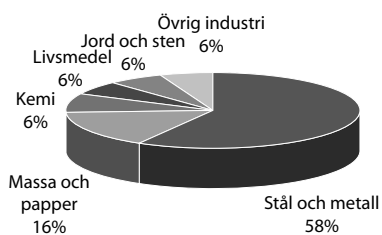
Naturgasanvändning



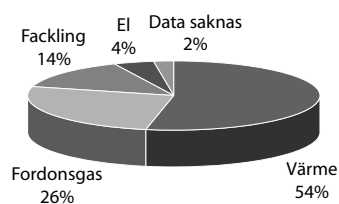
Biogasanläggningar, totalt 227



Gasolanvändning



Biogasanvändning



Figur 1.10: Produktion och användning av energigaser i Sverige
(Källa: Energigas Sverige)



den gamla stadsgasen finns knappt 80 000 abonnenter i Stockholm, varav de allra flesta är spiskunder.

Gasol används huvudsakligen i industriprocesser. I södra Europa används gasol mer i hushåll. Uppvärmning och industri svarar för vardera 40 procent av förbrukningen. Biogas inkluderar rötgas från avlopps- och reningsanläggningar samt deponigas från avfallsupplag. Det finns ungefär 230 biogasanläggningar i Sverige, varav cirka 160 rötgasanläggningar. Gasproduktionen uppgår årligen till ungefär 0,9 TWh rötgas och 0,4 TWh deponigas enligt Energigas Sverige [26]. Biogasen har tidigare använts för värmeproduktion, men framför allt fordonsdrift är ett nytt snabbt växande användningsområde. I ett par stålverk produceras koksugns- och hyttgas. Förbrukningen av dessa energigaser sker internt inom anläggningarna, men annan användning förekommer också. Ett exempel är Luleås fjärrvärmenät där huvudsakligen värmeenergi används från kraftvärmeverket Lulekraft. I kraftvärmeverket används produktgas från masugnar, koks- och stålverk vid SSAB Tunnpå. Ungefär 1,3 TWh produktgas används årligen. Vätgas produceras och konsumeras främst inom petroleumindustrin.

Biogaspotentialen i Sverige från restprodukter har beräknats till cirka 15 TWh per år [27] och 11 TWh per år med vissa begränsningar. Till restprodukter räknas: matavfall, avloppsslam, gödsel, park- och trädgårdsavfall samt restprodukter från lantbruk, skogsbruk och industrier. Störst biogaspotential från matrester finns inte oväntat i de tre största städerna Stockholm, Göteborg och Malmö med omkringliggande regioner. Biogaspotentialen från industri, mejerier och andra källor är störst i jordbrukslänen: Skåne, Halland, Kalmar, Västra Götaland och Östergötland.

Ett utvidgat naturgasnät i Sverige

Allt sedan naturgasens introduktion i Sverige 1985 har flera studier gjorts rörande en utbyggnad av det befintliga naturgasnätet och nya importpunkter. "Projekt gastransitering" under andra halvan av 1980-talet omfattade en ledning från Norrbotten till södra Sverige. Dåvarande Swedegas hade också långt framskridna planer på att bygga ut ledningen från Göteborg vidare till Trollhättan och Vänersborg. Den enda utbyggnad som gjorts av den ursprungliga ledningen var till Gnosjö och Gislaved samt från Göteborg till Stenungsund.

En utredning om ett nordiskt gasnät "Nordic Gas Grid" presenterades 1998. Förutsättningarna för ett integrerat gasnät i Norden studerades och dess funktion som försörjningsväg för gas till Centraleuropa. Förslag om en ledning med rysk gas från Finland till Tyskland innehöll alternativ med dragning av ledningen i Östersjön eller genom Sverige. Möjligheterna att importera norsk gas från Nordsjön har också studerats flera gånger. Detta gäller bland annat en ledning från Trondheim över Östersund och Sundsvall till Finland och ledningar till Mellansverige och Stockholm. En ledning från Nordtyskland till Skåne och Danmark,



”Baltic Gas Interconnector” har fått koncession för byggande men inte förverkligats. En intensiv politisk debatt fördes i Sverige kring ledningen Nordstream som ska öka transmissionskapaciteten för rysk gas till Centraleuropa. Tidigt i planeringen fanns ett förslag på en grenledning till området kring Norrköping. Planer på en stor LNG-terminal i Oxelösund fanns också i början av 2000-talet. Andra ledningar som planerats för naturgasimport till Sverige och inte förverkligats är Skanled från Norge, via Västkusten, mot Danmark.

I dag framstår andra alternativ som mer realistiska för en ökad gasförsörjning i Sverige. En mindre LNG-terminal med en årlig kapacitet på 3 TWh finns i Nynäshamn. Flera LNG-terminaler är tänkbara, men i mindre storlek. Ökad inhemsk gasproduktion är kanske det mest realistiska scenariet. Intresset är stort för både utvidgad biogasproduktion och storskalig förgasning av biomassa. Potentialen för biogas bedöms till cirka 15 TWh/år och cirka 60 TWh gas från förgasning. Det kan sättas i relation till den slutliga energianvändningen som 2009 uppgick till 376 TWh. Energitillförseln uppgick till 568 TWh [28]. Skillnaden inkluderar omvandlings- och transportförluster.

1.4.2 Danmark

Danmark är det enda nordiska land med inhemsk naturgasutvinning och även en användning av västeuropeiskt omfattning. Här finns också det mest förgrenade naturgasnätet bland de nordiska länderna.

A.P. Möllerkoncernen fick tidigt under 1960-talet exklusiv rätt till exploatering av kolväteförekomster i Danmark och danska havsområden under 50 år. Dansk Undergrunds Consortium (DUC) bildades tillsammans med internationella oljebolag. Det första gasfältet i den danska delen av Nordsjön, Tyra, upptäcktes 1968. Man beslöt 1979 att introducera naturgas i Danmark. Naturgas började användas 1982 i södra Jylland genom en ledning från Tyskland. Från Tyrafältet började leveranserna 1984 och i dag kommer all naturgas från inhemska fält i Nordsjön. Dong Energy distribuerar naturgas tillsammans med två regionala gasbolag och energiverket i Köpenhamn. I Köpenhamn och Ålborg omvandlas naturgasen till stadsgas en blandning av naturgas och luft som ersättning för den gamla stadsgasen. Denna blandning har namnet Bygas2 i Danmark.

2008 användes 4,1 miljarder m³ naturgas och det utgör cirka 23 procent av Danmarks totala energianvändning. Naturgasanvändningen fördelade sig mellan småskalig kraftvärme (32%), industri och industriell kraftvärme (29%), hushåll, handel och kontor (23 %) och slutligen stora kraftvärmeanläggningar (16 %). Danmark är alltså självförsörjande med naturgas, och är även EU:s enda medlemsland som är helt nettosjälvförsörjande på energi. Naturgasutvinningen i Nordsjön förväntas minska de närmaste åren och import från Tyskland blir nödvändig. Den



tyska naturgasen har en något annan sammansättning med andra egenskaper, vilket aktualiserat gaskvalitetsbegreppet i Danmark.

1.4.3 Finland

Finland var det första nordiska land där naturgas började användas. Rysk naturgas började importeras 1973 till södra Finland efter ett avtal 1971. Användningen uppgick 2009 till 3,6 miljarder m³, vilket motsvarar ungefär 10 procent av Finlands totala energianvändning. Naturgasanvändningen i Finland skiljer sig från flertalet andra länder. Nästan hälften av naturgasen används i industrin och då huvudsakligen inom pappersindustrin och kemisk industri. Drygt 50 procent används i fjärrvärme, kraftvärme och kraftproduktion där kraftvärmeanvändningen är helt dominerande. Endast 5 procent av naturgasen går till direkt användning i byggnader.

Litteraturförteckning

- [1] Tiratsoo, E.N., *Natural gas. A study*, 2:a uppl., Scientific Press Ltd, Beaconsfield 1972
- [2] Peebles, M.W.H., *Evolution of the gas industry*, The Macmillan Press Ltd, London 1980
- [3] *Gas och koks*, Stockholms Gas- och Vattenverk, 1961
- [4] Bunsen, R. och H. Enfield Roscoe, *Photo-Chemical Researches. Part I. Measurement of the Chemical Action of Light*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 147 (1857), pp. 355–380
- [5] Gerelius, A., *Gasupplysningens egenskaper, företräden och beredningssätt*, Stockholm 1825
- [6] *Journalen*, 29 januari 1825
- [7] *Stockholms Dagligt Allehanda*, 13 och 14 januari 1825
- [8] Holmqvist, O., *Svenska Gasteknikens Historia. Del I. Experimenttiden (till år 1843)*, Svenska Gasverksföreningen 1939
- [9] Kaijser, A., *Stadens ljus. Etableringen av de första svenska gasverken*, Liber Förlag, Malmö 1986, ISBN 91-40-05159-5
- [10] Hyldtoft, O., *Den lysende gas. Etableringen af det danske gassystem 1800–1890*, Systimes Teknologihistorie, Herning 1994, ISBN 87-7783-444-5



- [11] Ragnar, M., *Berlinerblått i Blåklinten. En berättelse om Visby gasverk*, Gotlands Hembygdsförbunds förlag, Visby 2007, ISBN 978-91-86806-06-4
- [12] Thomsen, H. och J. Thorndahl, *El og gas til danske kommuner*, Elmuseet Bjerringbro och Gasmuseet Hobro 2007, ISBN 978-87-89292-00-7
- [13] Troxel, E., *Long-Distance Natural Gas Pipe Lines*, The Journal of Land & Public Utility Economics. Vol. 12, No 4, 1936, pp. 344–354
- [14] Sampson, A., *De sju systrarna – De stora oljebolagen och den värld de skapat*, Wahlström & Widstrand, Stockholm 1975
- [15] Odell, P.R., *Oil and World Power*, 5:e uppl., Penguin Books, Harmondsworth 1979
- [16] *The LNG Industry 2009*, International Group of Liquefied Gas Importers, www.giignl.org
- [17] *Long term outlook for gas demand and supply 2007–2030*, Eurogas, 2010, www.eurogas.org
- [18] Esau, I., *Coal-Bed Methane Moves Up the Agenda*, International Gas, april 2009
- [19] Adelman, M.A. och M.C. Lynch, *Natural Gas Supply to 2100*, International Gas Union, 2002
- [20] *Are we entering a golden age of gas?*, World Energy Outlook 2011 Special Report, International Energy Agency, 2011, www.iea.org
- [21] Nakićenović, N., *Global Natural Gas Perspectives*, International Institute for Applied Systems Analysis, 2000
- [22] Azar, C. och K. Lindgren, *Low carbon dioxide emissions and no nuclear power – towards a renewable energy system in Sweden and in the World*, Kap. 14 i Building Sustainable Energy Systems. Swedish Experiences, S. Silveira (red.), Svensk Byggtjänst, Stockholm 2001, ISBN 91-7332-961-4
- [23] Ogden, J.M., *Prospects for Building A Hydrogen Energy Infrastructure*, Annual Rev. Energy Environ., **24**(1999), pp. 227–279
- [24] Dunn, S., *Hydrogen future: toward a sustainable energy system*, Int. J. of Hydrogen Energy, **27**(2002), pp. 235–264
- [25] Blomqwist, O., *Energiperspektiv: en opretentiös minneskavalkad med några energisynpunkter*, Sveriges elleverantörers service AB, Stockholm 1998, ISBN 91-7622-140-7
- [26] *Produktion och användning av biogas 2009*, Statens Energimyndighet, ES2010:05, januari 2010, www.energimyndigheten.se



- [27] Linné, M. m fl, *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*, Energigas Sverige m.fl., 2008, www.energigas.se
- [28] *Energiläget 2010*, Statens energimyndighet ET 2010:45, www.energimyndigheten.se

Ytterligare läsning

The third Man. The life and times of William Murdoch, inventor of gaslight, Griffiths, J.C., Andre Deutsch, London 1992, ISBN 0-233-98778-9

The natural gas industry — Evolution, structure, and economics, Tussing, A.R. och C.C. Barlow, Ballinger Publishing Company, Cambridge Mass. 1984

Regulated Enterprise: Natural Gas Pipelines and the Northeastern Markets 1938–1954, Castenada, C.J., Ohio State University Press, Columbus 1993, ISBN 0-8142-0590-9

Olja och naturgas – Nuläge och framtid för två av världsmarknadens viktigaste energiresurser, Agfors, G., Energimyndigheten ET38:2000, 2000

LNG i Sverige, Näslund, M. (red.), Inst. för Energivetenskaper, LTH, Lund 2006, ISBN 91-631-7922-9

Naturgasen – en bro in i biogassamhället, Byman, K., Stenkvisst, M. och E. Grundfelt, ÅF-Consult AB 2008, www.energigas.se

Natural gas as a transitional fuel. For a sustainable energy future, Rooijers, F. m fl, GasTerra/Castel International Publishers, Groningen 2009, ISBN 978-0-79147-09-0, www.gasterra.nl

Ytterligare läsning – Allmän gaslitteratur

Energigas – En översikt, Svenskt Gastekniskt Center, Malmö 2008, ISBN 978-91-85207-03-9, www.gasakademin.se

Gas Ståbi, Hansen, B. (red.), Teknisk Forlag, Köpenhamn 1993, ISBN 87-571-1108-1

Dictionary of the gas industry, International Gas Union, 2:a uppl., Vulkan-Verlag, Essen 1982, ISBN 3-8027-2266-3

Grundlagen der Gasteknik, Cerbe, G. m fl, 7:e uppl., Carl Hanser Verlag, München 2008, ISBN 978-3-446-41352-8

Combustion Engineering and Gas Utilisation, Cornforth, J.R. (red.), 3:e uppl., E&FN Spon, London 1992, ISBN 0-419-17670-5

