

Cyanamidproduksjon i Odda 1908-1935

Av

Elisabeth Bjørsvik

1.0 Introduksjon

I denne presentasjonen settes fokus på cyanamidproduksjonen ved Odda Smelteverk (1908-2003) som blant annet ble brukt til gjødsel og ugressmiddel og seinere ble basis for produksjon av dicyandiamid. Målet er å vise den betydningen cyanamidproduksjonen i Odda hadde i internasjonal sammenheng. Hovedvekten i beskrivelsen er årene 1905-1920, med andre ord pionerårene for cyanamidproduksjon i verden.¹ Anlegget ble etablert med tanke på verdensmarkedet. Dette ser vi i lisensrettigheter som omfattet en rekke europeiske og oversjøiske områder. Cyanamidfabrikken i Odda var verdens største da den startet produksjonen i 1908. Det var flere trekk ved produksjonsprosessen som skilte den fra andre fabrikker på Kontinentet. I 1930-årene eksporterte Oddafabrikken mest av tre europeiske eksportanlegg, Odda, Ruse og Dalmatienne.

Anlegget i Odda produserte kalsiumcyanamid, et nitrogengjødsel som fram til etter første verdenskrig var det dominerende alternativ til nitratgjødsel produsert etter lysbue-metoden (Birkeland-Eyde-metoden) ved Norsk Hydro. Frank-Caro-metoden (cyanamidprosessen) representerte mer stabilitet enn lysbue-metoden som gradvis mistet sin betydning i løpet av 1920-årene. I Odda ble det produsert cyanamid etter Frank-Caro-metoden i hele Odda Smelteverks produksjonshistorie.² En annen metode for nitrogenfiksering var Haber-Bosch-metoden, som etter hvert ble den

¹ De første fabrikkene som produserte cyanamid var i virksomhet fra 1905. Frank-Caro: Tysk patent nr. DE 88363, 1895, www.cyanamide.com/content/history.htm

² Jeg har her valgt å bruke Odda Smelteverk som fellesbetegnelse på karbid- og cyanamidproduksjonen i Odda fra 1908, selv om dette navnet ikke kom inn før gjenstart i 1924.

dominerende metoden og som Norsk Hydro tok i bruk i siste halvdel av 1920-årene.³

Vi legger i presentasjonen vekt på å henvise direkte til kilder i fotnoter, slik at opplysningene er lett etterprøvbare. Kildene er først og fremst dokumenter og bedriftsrapporter funnet i bedriftsarkivet ved Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Tyssedal. I tillegg har vi brukt beskrivelser av nitrogenindustrien i samtidsbøker, dvs. bøker publisert i tidsrommet 1907-1928.

2.0 Når kom produksjonen av cyanamid i gang i Odda?

Produksjonen, i alle fall prøveproduksjon, kom i gang på slutten av 1908. Flere kilder bekrefter dette.

- I. I innberetning i A/S North Western Cyanamide Co.s konkursbo datert 10/22.november 1924 står det at produksjonen startet i 1908.⁴
- II. Det henvises til årlig produksjon i cyanamidfabrikken i 1908-1909 i oversikt over industri og håndverk for Søndre Bergenhus amt 1906-1910.⁵
- III. Fra 15.desember 1908 finnes *Bericht über die officielle Leistungsversuchen bei der Linde Stickstoffanlage in Odda*.⁶
- IV. Oversikt over årlig produksjon 1908-1921 finnes i et dokument fra 1923 i arkivet etter Alby United Carbide Factory.

³ Nærmere beskrivelse av forholdet mellom de tre metodene finnes i pkt. 10.0.

⁴ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter A/S North Western Cyanamide Co., Samleeske 1, OLA/157.3

⁵ *Norges offisielle statistikk, VI. 47*, Beretning om Amternes økonomiske tilstand 1906-1910, Kristiania 1915.

⁶ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter A/S North Western Cyanamide Company, OLA/157.3, Ea:1, hefte "A" nr. 26.

Dokumenter om anbud og kontraktinngåelser for de ulike delene av anlegget viser at byggingen skjedde i perioden 1906-1908. En av de første bygningene som etter kontrakten skulle stå ferdig var administrasjonsbygget, med frist for ferdigstillelse innen utgangen av 1906.⁷

3.0 Kommersiell produksjon av kalsiumcyanamid

3.1 Når kom produksjon av kalsiumcyanamid i gang i andre land?

De første anleggene som produserte cyanamid var i Piano d'Orta i Italia og Westeregeln i Tyskland. Produksjonen ved disse anleggene kom i gang i 1905.⁸

I USA startet byggingen av den første cyanamidfabrikken i 1907. Den var klar for produksjon i desember 1909.⁹

Fra en engelskspråklig beskrivelse av Odda-anleggene i 1909 gis en oversikt over cyanamidanlegg i virksomhet og under bygging.¹⁰ Det blir ikke opplyst når produksjonen kom i gang på de ulike stedene. Oversikten presenteres i tabell 1.0.

Tabell 1.0 Fabrikker i virksomhet og under bygging per 1909

Fabrikker i virksomhet per 1909	Fabrikker under bygging per 1909
Odda	Dalmatia, to fabrikker
Briancon	Italia to fabrikker
Martigny	Bayern
Piano d'Orte	Niagara
Bromberg	Osaka
Westeregeln	India, Sør Afrika, Canada
Knapsack	

Kilde: The Manufacture of Calcium Carbide at the Odda Works of the Alby United Carbide Factories, Engineering, Vol. Ixxxvii, London 1909, s. 46.

⁷ Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Arkivet etter A/S North Western Cyanamide Company, OLA/157.3, Ea:1, Hefte "A", nr. 21.

⁸ Ernst, Frank A, *Fixation of Atmospheric Nitrogen, Industrial Chemical Monographs*, Chapman & Hall, LTD, London 1928, s. 15. Boken finnes elektronisk, www.sciencemadness.org/library/index.html

⁹ *American Hortigraphs and Agronomic Review*, Vol. III, November-december 1932, No. 9, s. 4.

¹⁰ *The Manufacture of Calcium Carbide at the Odda Works of the Alby United Carbide Factories*, Engineering, Vol. Ixxxvii, London 1909.

Bayerische Stickstoffwerke AG i Tyskland ble etablert i november 1908 og bygde fabrikk i Trostberg som stod ferdig i 1910. Anlegget var det første i Tyskland som produserte store mengder cyanamid.¹¹ I årene 1906-1909 startet Die Deutsche Carbide Aktiengesellschaft produksjon av kalkkvelstoff og karbid i Knapsack. Virksomheten ble kort tid etter en del av Hoechst.¹²

To år etter Odda ble et cyanamidanlegg knyttet til Albys karbidfabrikk i Sverige med en kapasitet på 16 000 tonn.¹³ I en kilde fra 1913 vises det til at det da fantes 14 cyanamidfabrikker i verden: Tyskland, USA, Italia, Frankrike, Sveits, Østerrike, Norge, Sverige og Japan.¹⁴

En rekke kilder bekrefter dermed at fabrikk i Odda hører til de første cyanamidanleggene i verden som ble etablert i perioden 1905-1908.

3.2 Hvor lenge ble det produsert cyanamid ved ”førstefase-anleggene”?

Med anlegg for cyanamidproduksjon som hørte til første fase menes fabrikk anlegg bygd i perioden 1905-1908 som nevnes i tabell 1.0, kolonne 1, s. 3, dvs. Odda, Briancon, Martigny, Piano d’Orta, Bromberg, Westeregeln og Knapsack.¹⁵ Ett av disse anleggene, i Westeregeln, ble lagt ned allerede i 1908/1910.¹⁶

”The first commercial plant utilizing this process was put into operation at Westeregeln near Magdeburg, Germany, in 1905. This plant was not a commercial success and was abandoned in 1908.”¹⁷

¹¹ www.degussa-history.com/geschichte/en/locations/trostberg.html

¹² www.chemiepark-knapsack.de/

¹³ *The Manufacture of Calcium Carbide and Nitrogen Products, with a description of the works at Odda, Norway*, reprinted from *Engineering*, Vol. xcvi, London 1914, s. 2.

¹⁴ Pranke, Edward J, *Cyanamid, Manufacture, Chemistry and Uses*, Williams & Norgate, London 1913, s. 3.

¹⁵ Bromberg = Bydgoszcz i Polen fra 1920.

¹⁶ Pranke, Edward J, 1913, s. 4: “Stickstoffkalk.- A crude calcium cyanamide made by nitrifying a calcium carbide which contains about 10 per cent of calcium chloride. Its manufacture in Westeregeln, Germany, under the Polzeniusz patents was discontinued in 1910.”

¹⁷ Ernst, Frank A, 1928, s. 14.

Om produksjonen ved Odda vet vi at den fortsatte gjennom Odda Smelteverks historie. Produksjonen i Knapsack ble lagt ned årene 1990-1999.¹⁸ I tillegg vet vi at Trostberg (virksom fra 1910) fremdeles produserer cyanamid.¹⁹

4.0 Odda-anlegget i internasjonal sammenheng

Cyanamidanlegget i Odda var det største i verden med en produksjonskapasitet på 12 000 tonn da det stod ferdig i 1908.²⁰ Dette ser vi i tabell 2.0, som viser produksjonskapasiteten til eksisterende og planlagte cyanamidfabrikker per 1909.

Tabell 2.0 Produksjonskapasiteten ved cyanamidanlegg per 1909

Fabrikker i virksomhet	Produksjonskapasitet i tonn	Fabrikker under bygging	Planlagt produksjonskapasitet
Odda	12 000	Dalmatia, to fabrikker	8 000
Briancon	3 750	Italia to fabrikker	7 000
Martigny	3 750	Bayern	12 500
Piano d'Orte	5 000	Niagara	5 000
Bromberg	2 500	Osaka	4 000
Westeregeln	5 000	India, Sør Afrika, Canada	12 000
Knapsack	5 000		

Kilde: *The Manufacture of Calcium Carbide at the Odda Works of the Alby United Carbide Factories*, reprinted from *Engineering*, Vol. lxxxvii, London 1909, s. 46

Anlegget i Odda ble raskt utvidet. I en beretning for 1914 står det at cyanamidproduksjonskapasiteten var 85 000 tonn og karbidproduksjonen 80 000 tonn.²¹ Fra flere kilder vet vi at også anlegg andre steder i verden ble raskt utvidet. Anlegget ved Niagara Falls i Canada som startet med en produksjonskapasitet i 1909 på 5000 tonn hadde i 1913 en kapasitet på 30 000 tonn og stod foran en ytterligere utvidelse til 60 000 tonn.²² Kapasiteten i Piano d'Orta økte til 24 000 tonn i 1912/1913.²³ Martigny hadde i 1912/1913 en kapasitet på 8-

¹⁸ www.chemiepark-knapsack.de/

¹⁹ www.perlka.de

²⁰ Produksjonsoppgaver viser at i 1911 var produksjonen vel 9 000 tonn.

²¹ *The Manufacture of Calcium Carbide and Nitrogen Products*, 1914, s. 2.

²² Pranke, Edward J, 1913, s. 3.

²³ Waeser, Bruno, *Die Luftstickstoffindustrie*, Verlag von Otto Spamer, Leipzig 1922, s. 19.

12 000 tonn.²⁴ Tabell 3.0 viser verdensproduksjonen av kalsiumcyanamid frem til 1930.

Tabell 3.0 Produksjon av kalsiumcyanamid på verdensbasis i 1906, 1913, deretter årlig 1922 til 1929/30

År	Tonn
1906	500
1913	223 600 ²⁵
1922	630 000
1923/24	760 000
1924/25	820 000
1925/26	1 037 000
1926/27	1 070 000
1927/28	1 130 000
1928/29	1 150 000
1929/30	1 452 000

Kilde: American Hortigraphs and Agronomic Review, Vol III, November-December 1932, No. 9, s. 8, Martin, Geoffrey and William Barbour, Industrial Nitrogen Compounds and explosives, Crosby Lockwood and son, London 1915, s. 61.

Under første verdenskrig fikk man en sterk vekst i antall fabrikker og dermed produksjonskapasitet. Dette hadde sammenheng med at nitrogenindustrien var viktig i produksjon av sprengstoff. I en situasjon der transportveiene var truet, ble det nødvendig med produksjon innenfor egne grenser. Antall cyanamidfabrikker økte fra 15 stykker i 1913 til 35 i 1918.²⁶

Hva skjer med produksjonen i Odda? Årlige produksjonstall for Oddafabrikkene 1908-1921 er presentert i tabell 4.0. Tallene er hentet fra et dokument i arkivet etter Alby United Carbide Factory datert 20.oktober 1923. Hvorvidt dokumentet gjengir korrekte produksjonstall er vanskelig å si, i og med at det ikke er funnet andre sammenlignbare dokumenter/opplysninger i arkivmaterialet etter karbid- og cyanamidfabrikkene. Det vi kan se er at den oppgitte produksjonen ikke på noe tidspunkt kom opp i den produksjonskapasiteten som forelå etter utvidelser (85 000 tonn). Samtidig viser tallene at allerede i 1912 var den opprinnelige

²⁴ *Ibid.*, s. 118.

²⁵ Estimert tall, basert på Martin, Geoffrey and William Barbour, *Industrial Nitrogen Compounds and Explosives*, Crosby Lockwood and Son, London 1915, s. 61.

²⁶ Ernst, Frank A, 1928, s. 16.

produksjonskapasiteten på 12 000 tonn overskredet. Toppåret var 1918 med en produksjon på 65 700 tonn. Vi har sammenlignet produksjonstallene med de offisielle utførselstallene til Statistisk Sentralbyrå.²⁷ For årene 1911, 1912 og 1913 ligger utførselstallene for cyanamid over produksjonstallene. Årene 1914, 1915, 1916, 1917 og 1918 ligger produksjonen langt over utførselen. Utførselstallene disse årene er i tillegg relativt lave i forhold til den betydning cyanamiden fra Norge rapporteres å ha på internasjonale markeder i en rekke kilder.

”Zu den ersten (1908) Kalkstickstoffabrikanten überhaupt gehört das Werk Odda (am Hardanger Fjord) der englischen North Western Cyanamide Company Ltd. in London, das nach dem System Frank-Caro arbeitet. Die Leistungsfähigkeit betrug 1912: 24 000 t, 1913: 52 000 t Kalkstickstoff. Sie wurden bei Kriegsausbruch zunächst stark eingeschränkt, dann aber auf 90 000 t Carbid entsprechend 112 500 t Kalkstickstoff mit 20 Proz. N vergrößert.”²⁸

Fra andre samtidskilder finnes beregninger som viser at av en antatt samlet internasjonal årsproduksjon på 220 000 tonn i 1913 skulle anleggene til Nitrogen Products Co i Odda og Alby i Sverige dekke 40 prosent.²⁹ Den foreløpige konklusjonen er at produksjonstallene krever nærmere undersøkelser. Sammenligninger av ulike kilder kan tyde på at produksjonstallene slik de er gjengitt i tabell 4.0 er for lave, og at tilsvarende også gjelder for den offisielle utførselsstatistikken.

²⁷ www.ssb.no

²⁸ Waeser, Bruno, 1922, s. 104.

²⁹ Martin, Geoffery and William Barbour, 1915, s. 61.

Tabell 4.0 Produksjon av karbid og cyanamid i Odda 1908-1921

År	Karbidproduksjon, i tonn	Cyanamidproduksjon i tonn
1908	10 700	1 760
1909	23 800	1 380
1910	26 400	6 800
1911	30 300	9 300
1912	31 500	13 700
1913	33 400	17 200
1914	44 300	18 900
1915	72 000	50 000
1916	65 100	60 300
1917	52 600	44 800
1918	65 300	65 700
1919	42 100	31 400
1920	32 500	32 500
1921	8 600	1 870

Kilder: Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Arkivet etter Alby United Carbide Factory, Diverse oppgaver fra Alby i Odda, datert 20. oktober 1923.

Produksjonstillene i tabell 4.0 samsvarer med en rekke andre kilder som viser kapasitetsutvidelser av anlegget i årene rundt 1912.

- I. Det fant sted en betydelig produksjonsutvidelse i årene 1912-1916. Kilder som bekrefter dette er blant annet dokumenter knyttet til anbud og anleggsbeskrivelser som viser at anlegget ble utvidet bygningsmessig.³⁰
- II. Regnskapsopplysningene knyttet til konkursen til The North Western Cyanamid Company Ltd viser at inntektene var betydelige i årene under første verdenskrig.³¹
- III. Rapporter fra bedriftenes virksomhet årene under krigen, trykt i Financial Times. Det ble blant annet bygd en fabrikk i Dagenham, Storbritannia, basert på videreforedling av cyanamid fra Odda.
- IV. I årene før første verdenskrig ble det bygd et anlegg i Belgia for cyanamid fra Odda for produksjon av ammoniumsulfat.³²

³⁰ Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Arkivet etter The North Western Cyanamid Company, OLA/157.3, Ea:1.

³¹ Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Arkivet etter The North Western Cyanamide Company Ltd, OLA/157.3, Samle-eske 1.

Cyanamidanlegget i Odda var det største i sitt slag i 1909, og dermed også det største av "første-fase-anleggene". Fabrikken var i tillegg bygd med tanke på utvidelser og dette kom raskt i perioden 1912-1916. Oddafabrikkens betydning innen verdens cyanamidproduksjon gjenspeiles dermed på flere måter:

- I. Fabrikken var et kombinert karbid- og cyanamidanlegg. Karbid er innsatsfaktor i produksjonen av cyanamid. Oddas fremtredende rolle i verdens cyanamidproduksjon gjenspeilet seg i størrelsen på karbidanlegget og karbidvolumet. Verdens største cyanamidfabrikk krevde dermed en tilsvarende størrelse på karbidfabrikken. I tabell 4.0 ser vi nettopp samsvaret i produksjon mellom karbid og cyanamid og størrelsen på karbidproduksjonen. Kravene til karbidkvaliteten var høy og dette forteller igjen noe om anleggets modernitet og effektivitet.

"Its product has a world-wide reputation, and has commanded a premium over all other brands of carbide in both foreign and Colonial markets."³³

- II. Oddas rolle i forsyning av cyanamid på verdensmarkedet vises direkte i de markedsrettighetene som ble gitt The North Western Cyanamide Company Ltd. i 1906 for Frank-Caro-metoden og som det blir redegjort nærmere for i punkt 5.0. Som tidligere nevnt, ble det bygget fabrikker i andre land basert på bruk av cyanamid fra Odda.
- III. Anleggets størrelse: Lindeanlegget for produksjon av nitrogen var det største i verden (se pkt. 7.0). For å fremstille kalsiumcyanamid behøves kalsiumkarbid og nitrogengass. Nitrogengassen ble fremstilt i et Lindeanlegg, som var et stort kjøleanlegg som først laget flytende luft, og oksygen og nitrogen skilt fra hverandre ved fraksjonert destillasjon.

³² Se pkt. 6.0 for anvendelser av cyanamid.

³³ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Alby United Carbide Factory, "Nitrogen Products & Carbide Company, Limited, 10. August 1918."

Karbiden fra karbidverket ble plassert i satser i sylindriske retorter og nitrogen ble tilført fra Lindeanlegget.³⁴

IV. På begynnelsen av 1930-tallet var Odda-fabrikken den som eksporterte mest av de tre europeiske eksportørene Odda, Dalmatienne og Ruse (se pkt. 8.0).

V. Anlegget var helt fra begynnelsen av i 1906-1908 konstruert for utvidelser.

”This building (the silos) is the most prominent amongst those forming the combined carbide and cyanamid factories, and is constructed of reinforced concrete. It is notable, not alone for its size, but for the neat combination of pilasters and panels forming the sides. The other buildings in the cyanamide works are, for most part of brick, corresponding to those in the carbide factory. The steel-work is used for the framing and the brickwork forms simple light panelling, so that in the event of any of the buildings requiring to be extended - and the idea is to increase them fourfold - the uniformity of design will not be affected.”³⁵

VI. Vektleggingen og hovedfokuset på Odda-anlegget i Geoffrey Martin og William Babours beskrivelser fra 1915 om verdens cyanamidproduksjon.³⁶

5.0 Hvilken markeder skulle Odda-fabrikken forsyne?

17. juli 1906 ble det inngått en avtale mellom La Societa Generale per la Cianamide og The North Western Cyanamide Company Ltd.³⁷

³⁴ Beskrivelsen er basert på Manne, Rolf, *Kjemiske bedrifter, Fra utvikling av kjemisk og metallurgisk industri i Norge*, Kjemisk institutt, Universitetet i Bergen, 2006, kap. 14.

³⁵ *The Manufacture of Calcium Carbide*, 1909, s. 54.

³⁶ Martin, Geoffrey and William Barbour, *Industrial Nitrogen Compounds and Explosives*, Crosby Lockwood and Son, London 1915, chapter VI. The Cyanamide Industry.

³⁷ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter The North Western Cyanamide Company, OLA/157.3, Ea:1.

”The Societa General declares that they are the free owners of the following patents relating to the manufacturing and use of Calcium-Cyanamide or Lime-Nitrogen as manure.”³⁸

The North Western Cyanamide Company ble gitt rett til å etablere en eller flere fabrikker i Norge for salg til Norge, Sverige, Danmark, Belgia og Storbritannia. Rettighetene gjaldt for en periode på femten år.

“The North Western Company will also be entitled to export and sell Calcium-Cyanamide and its above mentioned derivates in the British Colonies, Dependencies and Protectorates, but the Societa Generale reserve themselves the right of granting export licenses for the said British Colonies, Dependencies and Protectorates, to other parties, with the restriction however of the Societa Generale not taking permanent engagements to this regard without having first brought their negotiations to the knowledge of the North Western Company.”

I tillegg fikk North Western lisens for import og salg av kalsiumcyanamid i Tyskland og Holland opp til 30 prosent *of the sales which will be effected in these countries by licensees or associates of the Societa Generale.*

I avtaleteksten ble det satt krav til produksjonsutvidelser. Stabile forsyninger av karbid var sikret gjennom avtaler med The Sun Gas Company med avtalefestede priser på karbid.

Avtalen mellom La Societa General og North Western omfattet således markeder i mange land og understreker anleggets betydning i internasjonal sammenheng. Forklaringen på hvorfor Odda ble et slikt satsningsverk er mange. Det kan knyttes til aktørene, nettverk og kompetanse, men den grunnleggende forutsetningen var tilgang på store mengder vannkraft.

³⁸ Avtale mellom La Societa Generale og The North Western Cyanamid Company av 17. juli 1906.

6.0 Produksjonens anvendelse og vurderinger av cyanamid som gjødsel

6.1 Anvendelsesområder

Anvendelse av cyanamid kan deles i to hovedgrupper:

- Råstoff i kjemisk industri
- Gjødningsmiddel og ugrasdreper i landbruket

Kalsiumcyanamid har vært utgangsmateriale for fremstillingen av en rekke kjemiske stoffer. Et satsingsområde fra produksjonsstart var som gjødningsmiddel direkte. Raskt kom imidlertid anvendelse som råstoff i kjemisk industri inn. I årsmeldingen til Alby United Carbide Factories perioden 30. juni 1908 - 30. juni 1909 vises det til cyanamid til ammoniumsulfat. Den nesten umiddelbare økningen i produksjonskapasiteten ved anlegget i Odda hadde sammenheng med etterspørsel både for cyanamid som gjødsel og cyanamid som basis for annen produksjon.

”The increased production was necessary so that the company might be enabled to take advantage of an offer from Messrs. Duche and Sons, of Vilvorde, Belgium, to convert yearly about 6 000 tons of cyanamide into sulphate of ammonia.”³⁹

Etterspørselen var så stor at den ikke kunne møtes alene gjennom utvidelser av anlegget i Odda. Løsningen ble å bygge en cyanamidfabrikk i tilknytning til karbidfabrikken i Alby, Sverige, med en produksjonskapasitet på 16 000 tonn cyanamid.⁴⁰ Cyanamidproduksjon i Sverige var imidlertid først aktuelt i det man hadde tilstrekkelige erfaringene med cyanamid som gjødsel og anlegget i Belgia for videreforedling.

Cyanamid behandlet med vanndamp under trykk blir ammoniakk. Ammoniakk kan brukes til fremstilling av ammoniumsulfat og ammoniumnitrat. Både ammoniumsulfat og ammoniumnitrat ble brukt som kunstgjødsel, i tillegg til at

³⁹ *The Financial Times, December 1, 1910.*

⁴⁰ *Ibid.*

ammoniumnitrat inngikk i produksjon av sprengstoff. Markedet for cyanamid til gjødsel viste vekst før første verdenskrig, men på grunn av krigen måtte man legge om til produksjon av eksplosiver. I England ble det bygd en fabrikk i Dagenham for produksjon av ammoniumnitrat basert på cyanamid fra Odda. På sikt førte ubåtkrigen til at leveranser fra Odda ble usikre og fabrikken i Dagenham gikk over til en produksjon basert på gassvannammoniak. I løpet av krigen leverte Odda også til Norsk Hydro, for produksjon av ammoniumnitrat.⁴¹

En bedriftsrapport fra 1915 bekrefter bruken av cyanamid både til gjødsel og som råstoff i kjemisk industri:

”The Odda Factory is working successfully. Important contracts for the sale of cyanamide for chemical use have been secured, by which about half the total yearly production will be taken. The profit of these contracts is quite satisfactory.

The remainder of the output will be converted into nitrolim, and your Directors have every confidence that there will be no difficulty in disposing of the whole tonnage produced for agricultural use, as granular nitrolim has given excellent result as a fertiliser. Far greater quantities could readily have been sold during the past season had they been available. The enlargement of the granulating plant has now placed the Company in a position to meet demand, and contracts for larger quantities have already been entered into for the coming season.”⁴²

Cyanamid til gjødsel ble på det britiske markedet markedsført som nitrolim.

6.2 Cyanamid som gjødsel og ugressmiddel

Produktet fra Odda ble under første verdenskrig markedsført som *Kornet Norsk Kalkkvælstof*.⁴³ I siste halvdel av 1920-årene fantes *Kalkkvelstoff Odda og Trollmjøl* på det norske markedet.⁴⁴

⁴¹ Waeser, B, 1922, s. 104. Leveranser til Norsk Hydro finner vi også i dokumenter i bedriftsarkivet.

⁴² *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Alby United Carbide Factories, ”Nitrogen Products & Carbide Co., Ltd, 22nd June 1915.”

⁴³ Johnson, Erling, *Dicyandiamidets indvirkning paa planteveksten*, særtrykk av tidsskrift for kemi 1918, nr. 23 og 24, s. 1.

⁴⁴ Hasund, S og Olav Klokk, *Kunstgjødsel ABC*, Grøndahl & Søns Bogtrykkeri, Oslo 1929, s. 11-13.

I finmalt form hadde cyanamid uheldige egenskaper som at det etset hud og slimhinner, i tillegg til at det støvet sterkt. Det ble arbeidet for å gjøre produktet bedre (se pkt. 9.0 Forskning og utvikling). *Kornet Norsk Kalkkvælstof* var cyanamid som var vannbehandlet og det støvete cyanamidet var blitt overført til en granulert (kornet) form.⁴⁵

Cyanamid er et langsomtvirkende gjødsel, i det det omdannes til ammoniakk og deretter til salpeter for å kunne opptas av plantene.⁴⁶ I 1907 og som revidert utgave i 1916 publiserte John Sebelien, professor ved Landbrukshøyskolen på Ås, *Læren om Gjødsel*.⁴⁷ Bind I omhandler *Læren om de saakaldte Kunstige Gjødselstoffer*. Her finnes et eget kapittel om kalsiumcyanamid. Han understreker at rå og uren kalsiumcyanamid inneholder gasser som kan ha giftige virkninger på plantene. I 1916 hadde imidlertid gjødselproduktet gjennomgått en utvikling.

”Ved de nyere fabrikker har man ved hjelp av en foreløpig behandling med litt vand paa forhaand utdrevet de sidstnævnte av disse skadelige gasarter, og herav forstaar man, at f. eks. fabrikken i Odda kan anbefale det norske kornede produkt endog til overgjødsling.”⁴⁸

Forsøk viste at vekstresultatene var avhengig av tidspunkt for gjødsling, type jordsmonn og type planter.

Prisen på kalsiumcyanamid var i følge Sebelien langt rimeligere enn andre kvelstoffforbindelser. Selv om forsøk viste at virkningsverdien for kvelstoffet i kalsiumcyanamidet var mindre enn salpeterets kvelstoffvirkning, var en pris på halvparten av salpeterkvelstoffets pris et viktig argument for bruken av cyanamid.⁴⁹ Foruten som gjødsel ble kalsiumcyanamidet brukt som ugrasmiddel. Det var da det rå, støvaktige produktet som ble brukt.⁵⁰ I Hasund og Klokk sin oversikt over gjødselstyper på det norske markedet i 1920-årene beskrives *Kalkkvelstoff Odda*

⁴⁵ Johnson, Erling, 1918, s. 1f.

⁴⁶ Hasund, S og Olav Klokk, 1929, s. 12f.

⁴⁷ Sebelien, John, *Læren om gjødsel*, bind 1, 2. utgave, Grøndahl & Søns Forlag, Kristiania 1916. Første utgaven kom i 1907. 1916-utgaven var dermed en revidert versjon.

⁴⁸ *Ibid*, s. 128.

⁴⁹ *Ibid*, s. 134f.

⁵⁰ *Ibid*, s. 137.

som det mest langsomtvirkende av kvelstoffgjødselslagene. Best virkning oppnåddes i nedbørsrike strøk og til rotvekster. Resultatene forutsatte tidlig utstrøing før såing.⁵¹

7.0 Særtrekk ved produksjonen

Følgende sitater er hentet fra boken til Geoffery Martin og William Barbour *Industrial Nitrogen Compounds and Explosives* (1915, s. 63-66):

”At Odda the crushed carbide is placed in cylindrical vertical retorts lined with fireproof material and covered with sheet iron, and holding 300-500 kilos.

Each furnace has regulating valves and control metres. The nitrogen gas is passed into each furnace under slight pressure, and the retort is heated to about 800° by sending an electric current through carbon rods placed inside, which act as a heating resistance.”

“After the absorption of nitrogen has begun the heating current is switched off, as the heat developed by the action is sufficient to cause the maintenance of the proper degree of temperature.”

“At Westerregeln, Piano d’Orta and other Continental works the process of manufacture is quite different.

Here the powered carbide is placed in horizontal retorts similar to the retorts used in making coal gas; these are heating externally to 800° - 1000° C. by being placed in a gas-fired furnace, while a stream of nitrogen is forced into the retorts for absorption by the carbide.”

“The Nitrogen required for the manufacture of nitrolime is obtained at Odda by liquefying the atmosphere, and separating the oxygen and nitrogen by fractional distillation.

The Linde plant used at Odda for the purpose is the largest in the world, liquefying 100 tons of air daily, from which about 77 tons of nitrogen is obtained.”

“In some Continental works the nitrogen is produced by passing air over hot copper, which retains the oxygen as copper oxide, and allows the nitrogen to pass on, as explained above.”

⁵¹ Hasund, S og Olav Klokk, 1929, s. 13.

I motsetning til i Odda hvor man tok i bruk Linde systemet *of fractional distillation of liquid air* tok man i Sverige i bruk Claude system.⁵² Forskjellene er ikke store, begge arbeider med fraksjonert destillering.

8.0 Cyanamidproduksjonen i Odda og internasjonalt 1924-1935

Etter konkursen i 1922 startet produksjonen av karbid- og cyanamid igjen i Odda i 1924 som del av Hafslund-Meraker-gruppen. I 1928 ble det produsert 57 000 tonn cyanamid.⁵³ Et hovedmarked var Belgia. Tallene for cyanamidproduksjon viser 37 000 tonn i 1938 og 45 000 i 1939.⁵⁴

I verdenssammenheng ble antall cyanamid-fabriker redusert fra 35 i 1918 til 28 i 1926/1928.⁵⁵ Jeg har ikke funnet produksjonstall for 1918, slik at det er vanskelig å si noe om produksjonsutviklingen i 1920-årene. Det store antall fabriker i 1918 og den påfølgende reduksjonen, hadde sammenheng med behovet for nitrogen under krig. I krigsperioder er behovet for nitrogen større, både til sprengstoffindustrien og økt selvforsyning. Fare for blokkering av handelsveier gjorde behovet for egen nitrogenindustri stort. Noen av grunnene til at man satset på cyanamid i årene under første verdenskrig i stedet for Haber-Bosch-metoden (se pkt. 10.0) kan være at teknologien var enkel og mer kjent, det krevdes få innsatsvarer, i tillegg til at beregningsmetoder for produksjon og drift gikk i favør av cyanamid.

Salg av cyanamid fra Odda foregikk på 1920-tallet gjennom Fertilizers Sales Ltd i London og i første del av 1930-tallet gjennom European Cyanamide Export

⁵² Ernst, Frank A, 1928, s. 33: "In the Linde process the air is compressed to 3 000 pounds and simply expanded, while the cold expanded air passes in heat exchange contiguity with the warmer incoming air, thereby reducing its temperature. In the Claude process the compressed air is expanded in an expansion engine thus obtaining a cooling effect due to external work as well as to the simple expansion or Joule-Thompson effect of the Linde process." *The Manufacture of Calcium Carbide and Nitrogen Products*, 1914, s. 2.

⁵³ www.ssb.no/histstat/aarbok/1930.pdf, tabell 68, s. 66ff.

⁵⁴ www.ssb.no/histstat/aarbok/1940.pdf, tabell 104, s. 110f.

⁵⁵ Ernst, Frank A, 1928, s. 16.

Company Ltd.⁵⁶ Cyanamidsalget ble deretter organisert gjennom Shaw Scott & Co. Cyanamidprodusentene var hjemmeprodusenter eller eksportprodusenter. Per 1934 fantes det tre europeiske eksportverk i cyanamidsyndikatet: Odda, Dalmatienne og Ruse.⁵⁷ Av disse hadde Odda størst eksportkvoter.

”Geheimrat Caro antydet forslag om 50 000 tonn for de eksporterende verker Odda og Dalmatienne (herefter kalt eksportørene), hvorav 31 000 tonn skulle falle på Odda.”⁵⁸

Markedene til Odda i 1934 omfattet Portugal, Spania, Holland, Belgia og en del andre. Norge, Danmark, England og Sverige utgjorde verkets hjemmemarked.⁵⁹ På 1930-tallet var Japan en stor konkurrent til europeiske og amerikanske produsenter. I tillegg arbeidet Dalmatienne for å sette opp en fabrikk for produksjon av granulert cyanamid etter amerikanske patenter.⁶⁰

9.0 Forskning og utvikling

Gjennom hele Odda Smelteverks historie ble det drevet forsknings- og utviklingsarbeid. Basis for effektiv karbidproduksjon var Albyovnen, utviklet av direktør dr. Albert Petersson (f.1870-d.1914).⁶¹ Petersson var direktør ved anleggene de første årene. Han var en internasjonal kapasitet på karbidspørsmålet. ”There was nobody in the world with greater knowledge of the carbide production than Dr. Petersson.”⁶² Anlegget besatt med andre ord topp ekspertise i utgangspunktet.

⁵⁶ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Odda Smelteverk A/S, Avskrift fra ”Journal du Four electrique, Avril 1932”

⁵⁷ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Odda Smelteverk A/S, brev datert 24. april 1931.

⁵⁸ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Odda Smelteverk A/S, brev til direksjonen i Odda Smelteverk A/S, 15. juni 1931: Rapport fra siste cyanamidmøter i Paris.

⁵⁹ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Odda Smelteverk A/S, brev datert 06. 09. 1934, til formannen i styret for Odda Smelteverk A/S.

⁶⁰ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Odda Smelteverk A/S, brev datert 3. mai 1935 til Elias Kiaer.

⁶¹ Rokne, Anders, *Odda Smelteverk A/S i femti år, 1924-1974*, J. W. Eides Boktrykkeri AS, Bergen 1974, s. 14.

⁶² *The Financial Times*, December 1, 1910.

Cyanamidproduksjonen var basert på lisensrettigheter, slik at prosessen allerede var utviklet. I perioden skjedde det imidlertid produkt- og effektforbedringer. Under første verdenskrig foregikk det et omfattende forskningsarbeid i England og Odda for å kartlegge virkningen av cyanamid i ulike jordsmonn.⁶³ Eksperimentene i Odda bidro til å øke kvaliteten på granulert cyanamid.⁶⁴ Dette arbeidet gjenspeiler seg i patentrettigheter.

- Norsk patent nr. 29279 (1917): *Fremgangsmaate til at forøke holdbarheten av granulert cyanamid* ved ingeniør Egil Lie.
- Norsk patent nr. 32850 (1919): *Fremgangsmaate til at fremstille et holdbart granulert kalsiumcyanamid* ved direktør Sigurd Giertsen.

”I norsk patent nr. 29279 er beskrevet en metode til at forøke holdbarheten av granulert cyanamid ved at produktet bibringes et indhold af fritt vand. Ved lagring av granulert cyanamid fremstillet efter denne metode viser det sig imidlertid undertiden at indholdet av frit vand forsvinder efter forholdsvis kort tid selv om man med hensigt har bibragt stoffet et høiprocentig innhold herav. Det granulerte stof vil derfor under lagring i saadanne tilfælder delvis gaa over til støv. Efter foranliggende opfindelse er det imidlertid lykkes at fjerne denne ulempe, idet man har fundet at frit vand ved lagring vil kunne bibeholdes i produktet naar man sørger for at mindst 40 % av de i kalsiumcyanamid inneholdte kalciumforbindelse spaltes af vand.”⁶⁵

Andre eksempler på forskningsarbeid som ble gjennomført er:

- Norsk patent nr. 29457 (1917): *Fremgangsmaate for fremstilling av et urinstofholdig fosforsyre-gjødningsstoff* ved ingeniør Egil Lie, Odda.
- Norsk patent nr. 30858 (1918): *Fremgangsmaate til spalting av cyanamid til urinstof, resp. ammoniak* ved direktør Sigurd Giertsen, Odda.
- Norsk patent nr. 31431 (1919): *Fremstillingsmaate til fremstilling av et gjødningsstoff* ved ingeniørkjemiker Erling Bjarne Johnson, patent i Norge fra 1919.

⁶³ I England var Mr. Cowie ansatt ved Rothamstead. Under ledelse av Dr. Russell gjennomførte han en rekke forsøk med granulert nitrolim. *The Financial Times* May 9, 1918.

⁶⁴ *The Financial Times*, March 16, 1917.

⁶⁵ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter North Western Cyanamide Company, OLA/157.3

Odda-prosessen (norsk patent i 1928 ved Erling B Johnson, Odda) var resultat av forskning gjennom mange år. Sitatet nedenfor er hentet fra Erling B. Johnsons brev til sivilingeniør Leiv Torvund i 1967.

”Foranledningen til at jeg tok til undersøkelse av problemet salpetersyrebehandling av råfosfat i forbindelse med fremstilling av fullgjødsel (og kalksalpeter resp. am.nitrat-produkter som biprodukter) berodde på en kombinasjon av de foreliggende forhold. Fra 1913 av som ung kjemiker arbeidet jeg med gjødslingsspørsmål, først 3 år ved Landbrukshøyskolen som første assistent under prof. Sebelien, dernest en del år, 1915-1920, som forsøkskjemiker ved North Western Cyanamide Co., Odda, med spesielle vekt på gjødslingsspørsmål.”⁶⁶

10.0 Cyanamidprosess, Lysbueprosess og Haber-Bosch-prosessen

I 1898 holdt formannen i British Association for the Advancement of Science, Sir William Crookes en tale som ble avgjørende for utviklingen av kunstgjødselindustrien. Kildene til nitrogengjødsel var i ferd med å ta slutt, og det var nødvendig å finne måter å utvinne nitrogenforbindelser fra luften. I 1920 var tre prosesser i kommersiell virksomhet; lysbuetmetoden (Birkeland-Eyde-metoden), Cyanamidprosess (Frank-Caro-metoden) og Haber-Bosch-prosessen. Sistnevnte er en syntese av ammoniakk ved reaksjon i gassform mellom nitrogen og hydrogen under trykk.⁶⁷

Lysbuetmetoden var så kraftkrevende at forutsetningene for å ta den i bruk produksjonsmessig var knyttet til rikelig tilgang på billig vannkraft. En konkurrerende metode etter samme prinsipper som Birkeland-Eyde-metoden ble oppfunnet av tyskeren Otto Schönherr og utviklet ved Badische Anilin und Soda-Fabrik (BASF) ved Fiskaa bruk i Kristiansand.⁶⁸ Den første utbyggingen på Rjukan var til største delen med Schönherr-ovner. Det var flere varianter av Birkeland- og Schönherr-prosessen.

⁶⁶ *Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum*, Arkivet etter Odda Smelteverk, Brev fra Erling B. Johnson til Leiv Torvund 25. juli 1967.

⁶⁷ Manne, Rolf, 2006, kap. 14 Kunstgjødsel og nitrogenfiksering.

⁶⁸ *Ibid.*

”In practice the arc process was worked on a large scale only in Norway where hydro-power could be obtained so cheaply as to make this method economically.”⁶⁹

Frem til etter første verdenskrig var det cyanamidprosessen som dominerte internasjonal gjødselindustri. Dette ser vi i tabell 5.0 som viser antall fabrikker som produserte etter de tre nevnte metodene årene 1913, 1918 og 1928.

Tabell 5.0 Antall fabrikker som produserte etter cyanamidprosessen, lysbueprosessen og Haber-Bosch-prosessen 1913, 1918 og 1928

År	Fabrikker etter lysbueprosessen	Fabrikker etter cyanamidprosessen	Fabrikker etter Haber-Bosch
1913	7	15	1
1918	12	35	3
1928	5	28	51

Kilde: Ernst, Frank A, *Fixation of atmospheric nitrogen*, Chapman & Hall, LTD, London 1928, s. 16.

Etter lysbuemetoden produserte Norsk Hydro kalksalpeter. Det var et mørkfarget produkt solgt under navnet Norgessalpeter. Denne produksjonsmetoden ble etter hvert for kostbar sammenlignet med ammoniakksyntese utarbeidet av Fritz Haber og Carl Bosch og ble da også kjøpt inn av Norsk Hydro i 1927. Lysbuemetoden ble endelig lagt ned i 1940.⁷⁰

Fra 1928 finner vi en sammenligning av kraftforbruk og produksjon mellom de tre prosessene.

”It is interesting to note that commercial development of the three processes now in commercial operation stands in approximately inverse proportion to the unit power consumption of each. For example, only six per cent of the atmospheric nitrogen fixed during 1926 was fixed by the arc process, which requires the expenditure of 61 000 kilowatt hours per ton. The cyanamide process required an average of 14 000 (some plants as low as 12 000) kilowatt hours, or less than one-fourth that of the arc process, and was accountable for 24 per cent of the years production. The remaining 70 per cent production was by means of the direct synthetic ammonia process, with an average power consumption of 4000 kilowatt hours per ton of nitrogen fixed.”⁷¹

⁶⁹ Haber, L.F., *The Chemical Industry*, Clarendon press, Oxford 1971, s. 87f.

⁷⁰ Opplysning hentet fra Manne, Rolf, mars 2006, revidert utgave av kapittel 14, s. 141.

⁷¹ Ernst, Frank A, 1928, s. 19f.

11.0 Konklusjoner

Produksjon av nitrogengjødsel de første tiårene på 1900-tallet var basert på lysbueprosessen (Birkeland-Eyde), cyanamidprosessen (Frank-Caro) og Haber-Bosch-prosessen. Cyanamidprosessen dominerte til etter første verdenskrig. Dette ser vi i antall fabrikker som produserte etter de ulike metodene. I løpet av 1920-årene ble lysbueprosessen betydning redusert. Kraftforbruket var omvent proporsjonalt med produksjonsvolum. Odda Smelteverk produserte cyanamid gjennom hele sin bedriftshistorie.

Internasjonalt var cyanamidproduksjonen i Odda i verdensklasse: det var verdens største anlegg i 1909 og hørte til førstefaseanleggene for Frank-Caro-metoden.

Hvilken rolle blir cyanamidproduksjonen ved Odda Smelteverk tillagt i norsk historie? Det er en umulig oppgave å gi en fullstendig oversikt over norske historieverker og deres behandling av cyanamid som gjødsel. I *Norges Landbrukshistorie III og IV* som ble gitt ut i 2002, finnes for eksempel ingen henvisninger til at det fantes alternativer måter til Birkeland-Eyde-prosessen for produksjon av nitrogengjødsel, og at en av disse var til stede i Norge og en stor internasjonal aktør. Jeg har valgt å la følgende beskrivelse fra *Norges Landbrukshistorie* stå som en av representantene for den generelle formidlingen av gjødselhistorien:⁷²

”I tiåra før hundreårskiftet søkte vitenskapsmenn vegar til å binda nitrogen av luft - utan suksess. Men no stod forløyninga for døra. Barnet var fullbore i 1905, då ”den nye arbeidsdagen” så vidt hadde byrja i det nyslåtte og uavhengige kongeriket Norge - i framstegsoptimistiske glansår. Opphavet var ein kreativ naturvitenskapsmann og fadderer ein framstående næringslivsgründer.”⁷³

⁷² Med generell formidling tenker jeg på historiske oversiktsverker, ikke bedriftspresentasjoner og fagartikler.

⁷³ Gjerdåker, Brynjulv, *Norges Landbrukshistorie III, 1814-1920, Kontinuitet og modernitet*, Det norske Samlaget, Oslo 2002, s. 230f.

Cyanamidanlegget og dets betydning internasjonalt, representerer kanskje en lite kjent historie nasjonalt. Dette kan skyldes flere forhold som for eksempel markedsandel på hjemmemarkedet. Det var heller ikke nasjonale vitenskapsmenn og gründere som stod bak etableringen, men svensk ekspertise, britisk kapital og tyske oppfinnelser. Dermed var bedriften allerede fra starten av del av et internasjonalt nettverk og satsing. Allikevel ser vi at norsk kunnskap, representert ved direktører og ingeniører, i en tidlig fase kom til å spille en viktig rolle i utvikling av produkt og revolusjonerende prosesser.

Anleggene i Odda for karbid og cyanamid var store i internasjonal sammenheng og representerer viktige bidrag til norsk og internasjonal økonomi og industrihistorie. Anleggene representerer kontinuitet i produkt og produksjonsprosess, men også utvikling, noe Odda-prosessen er det beste eksemplet på.

12.0 Kilder

12.1 Litteratur

- Almås, Reidar, *Norges Landbrukshistorie IV, 1920-2000, Frå bondesamfunn til bioindustri*, Det norske samlaget, Oslo 2002
- Andersen, Ketil Gjølme og Gunnar Yttri, *Et forsøk verdt, forskning og utvikling i Norsk Hydro gjennom 90 år*, Universitetsforlaget 1997
- Arbeidsdirektoratet, *Hordaland og Bergen, En statistisk-økonomisk analyse*, Tiden Norsk Forlag 1956
- Ernst, Frank A, *Fixation of Atmospheric Nitrogen*, Chapman & Hall, London 1928
- Haber, L.F., *The Chemical Industry 1900-1930, International Growth and Technological Change*, Clarendon Press, Oxford 1971
- Hasund, S og Olav Klokk, *Kunstgjødsel-ABC, Nogen korte anvisninger*, Tredje utgave, Grøndahl & Søns Forlag, Oslo 1929
- Johnson, Erling B, "Dicyandiamidets indvirkning paa planteveksten", *sætryk av tidsskrift for kjemi 1918, nr. 23 og 24*, A.W Brøggers Bogtrykkeri AS, Kristiania
- Manne, Rolf, *Kjemiske bedrifter, Fra utvikling av kjemisk og metallurgisk industri i Norge*, Versjon 0.3, Kjemisk institutt, Universitetet i Bergen, Mars 2006
- Martin, Geoffery and William Barbour, *Industrial Nitrogen Compounds and Explosives*, Crosby Lockwood and Son, London 1915
- Opsahl, Birger, *Forsøk med kalkkvelstoff mot frøugras og som kalkstoffgjødsel i potet*, Grøndahl & Søns Bogtrykkeri, Oslo 1951
- Pedersen, Bjørn, "Hvem hjalp Birkeland & Eyde med kjemien", *Kjemi nr. 5*, juni 2006, s. 14-20.
- Pranke, Edward J, *Cyanamid, Manufacture, Chemistry and Uses*, Williams & Norgate, London 1913
- Rokne, Anders, *Odda Smelteverk A/S i femti år 1924-1974*, J.W. Eides Boktrykkeri, Bergen 1974

Sebelien, John, *Læren om gjødsel*, 2. utgave, Grøndahl & Søns Forlag, Kristiania 1916

Sogner, Knut, "Lederkapitalisme og eierkapitalisme, Energiselskapet Hafslund formes", i Engelstad, Fredrik, Even Lange, Helge Pharo, Erik Rudeng (red), *Demokratisk Konservatisme, Frihet, Fremskritt, Fred*, Pax 2006, s. 223-246.

Sætherskar, Johs (red.), *Det norske næringsliv, Hordaland fylkesleksikon*, Det norske næringsliv forlag, Bergen 1952

Torvund, Leiv, *Produksjon av fullgjødsel i Norsk Hydro, en historisk oversikt*, upublisert manus, Porsgrunn 1983

Waeser, Bruno, *Die Luftstickstoffindustrie*, Verlag von Otto Spamer, Leipzig 1922

American Hortigraphs and Agronomic Review, Vol. III, No. 9, November-December 1932

Meddelte vassdragskonsesjoner 1909-1922, O. Fredr. Arnesens Bok & Akcidenstrykkeri, Kristiania 1915

Norges offisielle statistikk VI. 47, Beretning om Amtenes økonomiske Tilstand 1906-1910, Kristiania 1915

Teknisk Ukeblad, årganger fra 1908-1930

The Manufacture of Calcium Carbide at the Odda Works of the Alby United Carbide Factories, Reprint from Engineering, Vol. lxxxvii, London 1909

The Manufacture of Calcium Carbide and Nitrogen Products, reprint from Engineering, Vol. xcvi, London 1914

12.2 Nettsider, avisutklipp og informasjonshefter

www.bolognano.com/ComuneEN/piano_d'ortaen.htm

www.chemiepark-knapsack.de/

www.degussa-history.com/geschichte/en/locations/trostberg.html

www.de.wikipedia.org/wiki/Karl_Janisch

www.perlka.de

www.runeberg.org/nf/

www.ssb.no

The Financial Times, December 1, 1910, "Alby United Carbide Factories, Ltd, Great Expansion of business-improved selling organisation."

The Financial Times, Dec. 30, 1915, "Alby United Carbide Factories, Ltd, Increased Sales and profit-satisfactory outlook."

The Financial Times, March 16, 1917,"Alby United Carbide Factories, Demand for Company's product fully maintained."

The Financial Times, May 9, 1918, "Nitrogen Products and Carbide Company, Ltd"

The Financial Times, May 23, 1918, "Alby United Carbide Factories, Ltd, New Electrode Factory - improved shipping position and better prospects."

The Times, 12/11-1919, "Alby United Carbide Factories. The Government and the Company's war work"

The Financial Times, August 3rd, 1920, "Alby United Carbide Factories Ltd, The Chairman on post-war difficulties, effect of coal shortage."

The Financial Times, December 23, 1921,"Alby United Carbide Factories, LD, Liquidation deferred."

Granular Nitrolim, Report on the home results of season 1915-1916 and on general results in the colonies, Nitrogen Fertilizers, Ltd.

Informasjonshefte om *Trollmjøl mot ugraset i åker og mosen i beite og varig eng*, Rogalands trykkeri, Stavanger 1930

12.3 Utrykte kilder

Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Arkivet etter A/S North Western Cyanamid Co, Ola/157.3

Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Arkivet etter Alby United Carbide Factory

Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, Arkivet etter Odda Smelteverk A/S

Riksarkivet, SSB, Industristatistikk 1916, hyllenr. ICI 2531

Riksarkivet, SSB, Industristatistikk, Eske 2-4, 1932, hyllenr. ICI 2535

Riksarkivet, SSB, Industristatistikk, Bedriftstillingen 1936, Fda.224-225, Odda, hyllenr. ICI2136