



Norwegian University of Life Sciences
School of Economics and Business



Verdens matforsyning: Utrydde sult – er det mulig?

Ragnar Øygard

Working Papers No. 7/ 2018

ISSN: 2464-1561

Verdens matforsyning: Utrydde sult – er det mulig?

Ragnar Øygard

Handelshøyskolen, NMBU

02.07.2018

«2.1 Innen 2030 utrydde sult og sikre alle mennesker, særlig fattige og personer i utsatte situasjoner, blant andre spedbarn, tilgang til trygg, ernæringsmessig fullgod og tilstrekkelig mat hele året.»

Verdens matforsyning: Utrydde sult – er det mulig¹?

Det er ingen tilfeldighet at utrydding av ekstrem fattigdom og sult er de første bærekraftmålene (Regjeringen 2016). Brundtlandkommisjonen (1987) definerte bærekraftig utvikling som:

«utvikling som imøtekommer behovene til dagens generasjon uten å redusere mulighetene for kommende generasjoner til å dekke sine behov. Bærekraft inneholder to sentrale begreper:

- begrepet behov, særlig de grunnleggende behovene til verdens fattige, som bør gis overordnet prioritet, og*
- ideen om begrensninger som følger av teknologisk utvikling og sosial organisering på miljøets evne til å møte nåværende og fremtidige behov»*

Det å få tilstrekkelig mat må sies å være et grunnleggende behov. Fattigdom og sult henger sammen. I de fleste samfunn er en dagsinntekt på 1,25 US dollar per person (Bærekraftmål 1.1.) nok til å gi tilgang på ernæringsmessig tilstrekkelig mat, men ikke så mye mer. Redusert fattigdom vil dermed gi redusert sult, samtidig som økt matproduksjon blant fattige småbønder gir økte inntekter og redusert fattigdom.

Bærekraftmål 2.1. slår fast at all sult skal utryddes innen 2030. Alle skal ha tilgang til tilstrekkelig mat hele året. Det skal ikke bare være nok mat – den skal også være «trygg, ernæringsmessig fullgod»². Verdens matproduksjon er allerede i dag mer enn stor nok til å sikre dette målet. Den er sannsynligvis stor nok selv om verdens befolkning hadde vært på 11 milliarder. Dessuten finnes det landbruksarealer som ikke er i bruk flere steder i verden. Når målet ikke allerede er nådd, er det fordi maten er skjevt fordelt. Mange er ikke i stand til å sikre seg tilgang til nok mat, mens mange andre har mer enn rikelig. Overvekt og fedme er et raskt økende helseproblem i mange deler av verden. En forutsetning for at dagens globale produksjon skal være tilstrekkelig til 11 milliarder mennesker, er en diett med vesentlig mindre kjøtt, melk og egg enn i en gjennomsnittlig norsk diett.

Ettersom det er vanskelig å se for seg at matforsyningsutfordringen skal løses bare ved en omfordeling av maten, vil den globale matproduksjonen måtte øke dersom alle skal sikres «ernæringsmessig fullgod og tilstrekkelig mat hele året».

Selv om det i prinsippet produseres nok mat i verden i dag, er det ingen selvfølge at det vil være mulig å gjøre det i framtida. Landbruksproduksjonen er sårbar for endringer i klima som følge av global

¹ Dette notatet er skrevet som stoff til emnet ECN180 «Globale utfordringer, økonomi og bærekraft» ved NMBU. Forslag til forbedringer mottas gjerne ragnar.oygard@nmbu.no

² Hensynet til nok mat for at folk kan leve et sunt liv omtales som **matvaresikkerhet** (food security), mens hensynet til at maten skal være trygg å spise – at den ikke inneholder sykdomsfremkallende stoffer – omtales som **matvaretrygghet** (food safety).

oppvarming. Dessuten går dyrkbare arealer tapt som følge av nedbygging, og prosesser som jorderosjon med vann og vind, jordpakking³ og forsøling⁴. En stadig økende del av landbruksproduksjonen i verden brukes ikke til mat, men til bioenergi, for eksempel mais og sukker (som brukes til å produsere etanol), og palmeolje og andre planteoljer (som brukes til å produsere biodiesel). Slik sett kan det være en konflikt mellom bærekraftmålet om å utrydde sult og Bærekraftmål 7.2 om å «betydelig øke andelen fornybar energi i verdens samlede energiforbruk» – i alle fall dersom bioenergi produsert på slike matvarer skal utgjøre en vesentlig del av den fornybare energien.

Landbruket er selv årsak til store miljøproblemer, slik som utslipp av «drivhusgasser», utslipp av næringsstoffer til luft og vann, avskoging, tap av biologisk mangfold, overforbruk av vann og forurensing med sprøytemidler. Økt matproduksjon kommer derfor i konflikt med Bærekraftmål 15: «Beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystemer, sikre bærekraftig skogforvaltning, bekjempe ørkenspredning, stanse og reversere landforringelse samt stanse tap av arts mangfold.» og Bærekraftmål 15.2: «... stanse avskoging ...».

Utfordringen blir dermed større enn bare å sikre nok mat til alle. Det må også skje på måter hvor vi minimerer landbrukets miljøskader. Er det mulig å produsere nok mat til å oppnå målet om utrydding av sult for en voksende verdensbefolkning – også etter 2030 – samtidig som naturen kan bevares? Hvordan kan det skje? Dette er spørsmål jeg skal prøve å svare på i dette notatet.

Hvor langt unna er vi å nå målet om å utrydde sult?

Det er vanskelig å vite presis hvor mange det er i verden som ikke har tilstrekkelig tilgang på mat. FNs landbruks- og matvareorganisasjon, FAO, har utviklet ulike indikatorer for manglende matsikkerhet, og samler og rapporterer data for flere indikatorer for ernærings situasjonen i verden. Den viktigste indikatoren er omfanget av «underernæring», som er et mål for antallet mennesker som har energitilgang (Joule, kalorier) i mat som er utilstrekkelig for å tilfredsstille et definert minimumsbehov for den befolkningsgruppen⁵ de tilhører.

FAOs nyeste rapport for verdens matvaresituasjon (FAO m.fl., 2017) anslår at det i 2016 var ca 810 millioner underernærte i verden. Antallet underernærte har grovt sett vært omtrent uendret gjennom de siste 50 årene⁶, men ettersom verdens befolkning har økt, har **andelen** av befolkningen som er underernært avtatt, fra ca 37% i 1970, til ca 11% nå (Roser & Ritchie, 2018)⁷. Selv om utviklingen i verdens matforsyning har vært mye mer positiv enn de fleste fryktet for 50 år siden⁸, er omfanget av

³ Jordpakking: Ved bruk av tunge maskiner kan jorda bli sammenpakket og hard, slik at den ikke holder like godt på vann, og det blir vanskelig for planterøttene å trenge gjennom.

⁴ Forsøling: Ved vanning med grunnvann som inneholder mye salter, kan disse saltene akkumuleres opp på jordoverflaten, slik at saltinnholdet etter hvert blir høyere enn plantene tåler. Problemet er størst på steder med lite nedbør.

⁵ Målet tar hensyn til at små barn har mindre energibehov enn voksne, menn større behov enn kvinner, gravide kvinner har større behov enn ikke-gravide kvinner, osv.

⁶ I alle fall når vi tar hensyn til at det er stor usikkerhet rundt estimatene, slik at tallet for underernærte i 1970 kan ha vært et sted mellom 800 millioner og 1 milliard.

⁷ Roser & Ritchie (2018) gir en fin oversikt over sult og underernæring globalt og i ulike deler av verden, basert bl.a. på data fra FAO.

⁸ Se for eksempel Meadows m.fl. (1972)

underernæring fortsatt stort. **Andelen** underernærte er høyest i Øst Afrika (ca 34 %), mens **antallet** underernærte er høyest i Asia (ca 520 millioner) (FAO m.fl., 2017, s. 6-7). Mens både andel og antall underernærte har falt i Asia gjennom de siste 20 årene, har antall underernærte økt i Afrika, selv om andelen har avtatt.

FAO samler også data for fire viktige konsekvenser av underernæring – og av at folk på grunn av sykdom eller andre grunner ikke klarer å nyttiggjøre seg den maten de har tilgang til. De er:

- Undervekt: Enten at barn veier for lite for sin alder, eller at voksne har en Kroppsmasseindeks $KMI < 18,5$ (På engelsk: Body Mass Index, BMI)
- Veksthemming: Barn som er for lave i forhold til deres alder (På engelsk: «stunting»)
- Avmagring: Barn som er for tynne i forhold til deres høyde (På engelsk: «wasting»)
- Mangel på mikronæringsstoffer som vitaminer og mineraler, som kan gi mangelsykdommer (vanligste mangler er vitamin A og sink).

Bærekraftsmål 2.2 har spesifisert mål for reduksjon av feilernæring, veksthemming og avmagring. I mange deler av verden er imidlertid tilgangen på mat rikelig, og overernæring og feilernæring er et stort helseproblem.

Sult og underernæring skyldes ikke manglende matproduksjon globalt

Det er liten sammenheng mellom global matproduksjon og underernæring, av to grunner:

- Globalt finnes det mange uutnyttede matproduksjonsmuligheter som kunne blitt tatt i bruk til å øke matproduksjonen dersom økonomiske og institusjonelle forhold lå til rette for det. Eksempelvis handler mye av landbrukspolitikken i Norge og andre rike land om å **begrense** «overproduksjon» av mat. I Norge tas marginale landbruksarealer (for eksempel små åkerlapper, utmarksbeiter og småbruk i nord og opp mot fjellet) ut av produksjon og gror igjen med skog⁹ fordi det ikke lenger er lønnsomt å bruke dem til matproduksjon når lønningene er høye og matprisene lave.
- Lokale forhold kan begrense både matproduksjon og inntekter, og holde folk i fattigdom slik at de ikke har råd eller mulighet til å kjøpe mat utenfra. De har ikke tilgang til det globale «matoverskuddet». Mange land er også så fattige at heller ikke staten har råd til å sørge for at alle får nok mat. Det finnes også mange stater som kanskje har råd, men ikke prioriterer matsikkerhet for alle. Bærekraftsmål 2 kan forstås som et krav om at statene som slutter seg til bærekraftmålene må og vil prioritere matvaresikkerhet høyere.

Økt landbruksproduksjon gir redusert fattigdom

Størstedelen av de som er underernærte og fattige befinner seg på landsbygda. Det er også mange fattige i byene, men mye av flyttingen fra landsbygda til slummen i byene skyldes at det tross alt er flere muligheter i byene. De fattige på landsbygda er småbønder, landbruksarbeidere uten egen jord, eller de prøver å leve av ulike småjobber. Mange er også fattige og underernærte fordi de ikke **kan** arbeide, slik som små barn, gamle, syke og uføre. I fattige land, hvor staten ikke har etablert velferdsordninger, er

⁹ Gjengroingen er godt illustrert i mange av bildene til Oskar Puschmann: <http://www.tilbakeblikk.no/>

det familien, slekta, og kanskje lokalsamfunnet som er sikkerhetsnett. Mange faller gjennom dette nettet fordi de ikke har slekt – og når hele slekta og lokalsamfunnet er fattig, blir sikkerhetsnettet veldig tynt og med store hull. Derfor er økt inntekter generelt, supplert med offentlige overføringer og forsikringsordninger for de mest sårbare, en forutsetning for å fjerne fattigdom og underernæring (Gill m.fl. 2016).

Det er mange steder store muligheter for å øke inntektene og mattilgangen på landsbygda gjennom å øke landbruksproduksjonen. Mange områder har et avlingsnivå (produksjon per arealenhet, arealproduktivitet) som er langt under det som er mulig for den type vekster de dyrker og for de naturgitte forholdene på stedet (jord, klima, nedbør med mer). De lave avlingene skyldes bl.a. dyr og dårlig tilgang på innsatsvarer som såfrø og gjødsel, dårlig tilgang til markeder for de produserte varene, lavt kunnskapsnivå og dårlig tilgang til kapital for å investere i økt produksjon. Slik sett blir fattigdommen både en årsak og en virkning: Folk er fanget i en «fattigdomsfelle».

Det er store muligheter for å øke småbøndenes avlingsnivå og inntekter. Å doble dem innen år 2013, slik Bærekraftmål 2.3 setter som mål¹⁰, er ambisiøst – i alle fall dersom dette er et mål som skal gjelde de fleste 'småskalaprodusenter'. Situasjonen kan bedres ved blant annet (offentlige) investeringer i bedre kommunikasjon (veier), vanningsanlegg, forbedrede markedsystemer for såfrø og kunstgjødsel, forskning og veiledning for utvikling av lokalt tilpassede dyrkingssystemer, bedre grunnutdanning på landsbygda og utvikling av billige banktjenester (mikrokreditt og lignende)¹¹. Når slike tiltak fører til økte inntekter for småbøndene, har det stor virkning for å redusere fattigdommen. Økte inntekter for småbøndene har store ringvirkninger, fordi fattige småbønder bruker mye av den økte inntekten til å etterspørre lokalt produserte varer og tjenester, noe som skaper ny sysselsetting for andre på landsbygda. For eksempel kan de bruke økte inntekter til investere i bedre hus, noe som kan gi jobb til de som lager murstein, til murere, og til snekkere som lager vindusrammer, dører og møbler til huset¹².

Inntektsvekst for småbøndene har store ringvirkninger. Den gir økt etterspørsel etter arbeidskraft og økt sysselsetting lokalt, og dermed sysselsetting og inntekt for mange fler enn bøndene. Det beste tiltaket for redusert underernæring og fattigdom, er derfor tiltak som kan øke matproduksjonen der de fattige og underernærte bor. I en fersk gjennomgang av studier av effekten av økonomisk vekst på fattigdomsreduksjon, fant Christiaensen & Martin (2018) at økonomisk vekst i landbruket hadde to til tre ganger større effekt på å redusere fattigdommen enn økonomisk vekst utenfor landbruket. Effekten var også større på matsikkerhet og redusert underernæring.

¹⁰ «2.3: Innen 2030 doble produktiviteten og inntektene til småskalaprodusenter i landbruket, særlig kvinner, urfolk, drivere av familiebruk, husdyrnomader og fiskere, blant annet gjennom sikker og lik tilgang til jord, andre produksjonsressurser og innsatsmidler, kunnskap, finansielle tjenester, markeder og muligheter for verdiøkning samt sysselsetting utenfor landbruket.»

¹¹ Se Bærekraftmål 2.a og 2.c.

¹² Et annet eksempel: En gammel dame jeg traff i en landsby utenfor Moshi i Tanzania for noen år siden levde av å selge øl som hun brygget av bananer som hun kjøpte på markedet. Hun var veldig glad for at kaffeprisen var så høy, for da tjente kaffebøndene i området gode penger og kjøpte mye mer av bananølet hennes.

I mange fattige land står landbruket for en stor del av sysselsetting og av brutto nasjonalprodukt¹³. Med store muligheter for økt produktivitet, kan økte avlinger være et viktig bidrag til Bærekraftmål 8.1. «... en vekst i bruttonasjonalproduktet på minst sju prosent per år i de minst utviklede landene».

Årlig vekst på 7% er mye, men eksempelet Etiopia viser at det kan være mulig. Etiopia har hatt en gjennomsnittlig vekst i BNP på 10% siden 2005/06¹⁴.

Hvordan produsere nok mat til alle?

Regnestykket er i prinsippet enkelt: Produksjonen må være like stor som forbruket. Forbruket kan beregnes som befolkning multiplisert med matkonsum pr person. Produksjonen kan beregnes som areal brukt til matproduksjon multiplisert med avling per arealenhet. Da får vi sammenhengen i Ligning 1:

$$\text{Befolkning} * \text{matkonsum pr person} = \text{areal brukt til landbruksproduksjon} * \text{avling pr arealenhet} \quad (1)$$

Vi kan regne ut denne sammenhengen for hele verden. Hvis vi er interessert i situasjonen for ett enkelt land eller en region, blir regnestykket litt forskjellig, ettersom det da er mulig å importere og eksportere mat. Da får vi:

$$\text{Befolkning} * \text{matkonsum pr person} = \text{Produksjon} - \text{eksport} + \text{import} \quad (2)$$

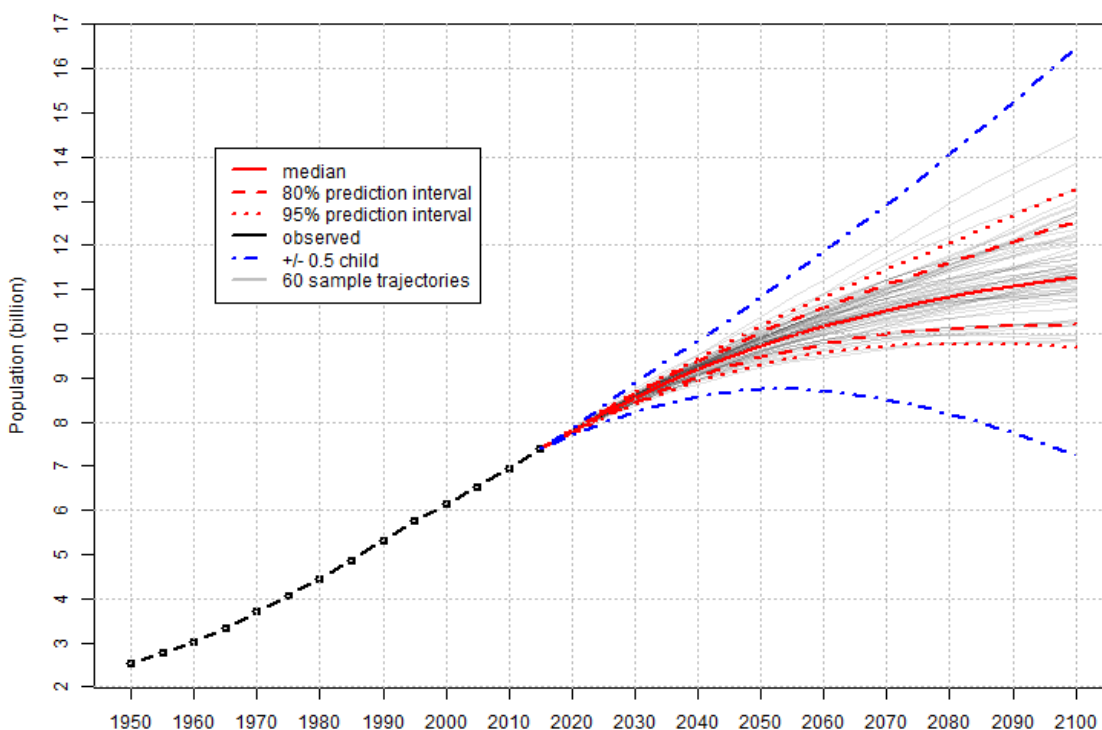
Hvor mange blir vi?

Figur 1 viser befolkningsutviklingen siden 1950 og FNs anslag (FN 2017) for hvordan den kan utvikle seg til 2100. Ettersom det er store usikkerheter i utviklingen i fruktbarhet og forventet levealder framover, er det stor spredning i anslagene, men i det mest sannsynlige utfallet, er det forventet at verdens befolkning vil øke fra 7,6 milliarder i dag til 8,6 milliarder i 2030, 9,8 milliarder i 2050 og 11,2 milliarder i 2100.

Figur 1. Verdens folketall, 1950-2017 og prognoser til 2100 (FN 2017: <https://esa.un.org/unpd/wpp>)

¹³ Brutto nasjonalprodukt (BNP) er et mål for samlet produksjon av varer og tjenester i et land eller en region. Det er et mål for verdiskapingen, og er samtidig et mål for samlet inntekt.

¹⁴ <http://www.worldbank.org/en/country/ethiopia/overview>



Verdens befolkning øker med ca 83 millioner per år. Vekstraten har avtatt, fra ca 2% på slutten av 1960-tallet til ca 1,1% pr år nå, men med store forskjeller i vekstrate i ulike deler av verden. I noen land avtar befolkningen. Vekstraten er høyest i mange av de afrikanske landene hvor andelen underernærte er høyest. FN forventer at halvparten av befolkningsveksten fram til 2050 vil komme i de ni landene India, Nigeria, DR Kongo, Pakistan, Etiopia, Tanzania, USA og Indonesia (rangert etter forventet befolkningsvekst).

Hvor mye mat er tilstrekkelig for hver person?

Helsedirektoratet (2018) anbefaler et daglig energiinntak på ca 12,5 MJ for en fysisk aktiv mann og 10 MJ for en fysisk aktiv kvinne i Norge. (For de som liker å regne med kalorier: 1 MJ tilsvarer 239 Kilokalorier og 1 Kilokalori tilsvarer 4,2 KJ, det vil si at 10 MJ tilsvarer 2390 kilokalorier.) I tillegg til energi, må et sunt kosthold gi proteiner, fett, mineraler og vitaminer. Anbefalt proteintilgang tilsvarer ca 50 gram per dag, men med en variert diett er dette behovet oftest dekket når kaloribehovet er dekket. Gjennomsnittlig energikonsum per person i Norge var ca 11,6 MJ per dag (Helsedirektoratet, 2017). Tallet er matforbruk på engros-nivå¹⁵, så det inkluderer også mat som butikkene og husholdningene kaster, ikke bare den maten som blir spist.

Det er imidlertid stor forskjell på om vi får vår energi fra planter, eller i form av animalske produkter, som kjøtt, melk, egg og fisk. Husdyra bruker energi for å vokse og leve, slik at det trengs mye mer enn 1 Joule med energi i dyrefôret for å produsere 1 Joule energiinnhold i kjøtt, melk eller egg. I norsk

¹⁵ Mat solgt til butikkene

kyllingproduksjon går det for eksempel med ca 4-5 ganger mer energi i fôret enn man får tilbake i kyllingkjøttet. Energiutnyttningen er bedre i produksjonen av egg og melk, omtrent den samme i lakseoppdrett, og litt dårligere i svinekjøtt, mens den er vesentlig dårligere i kjøttproduksjon på drøvtyggere som storfe, sau, geit, vannbøffel og kamel («rødt kjøtt»). Til gjengjeld kan drøvtyggerne utnytte beite og fôr fra arealer som ikke kan brukes til å dyrke planteprodukter til direkte menneskemat, slik som fjellbeiter i Norge, og busk og kratt i halvørkener. I praksis skjer likevel mye av verdens produksjon av melk, storfekjøtt og sauekjøtt på «kraftfôr» laget av bl.a. korn¹⁶ og soyabønner og på fôr produsert på arealer som kunne vært brukt til å dyrke planter til bruk som menneskemat. Norsk storfe spiser omtrent 4 Kg kraftfôr for hver Kg kjøtt de produserer. Når nordmenn spiser i gjennomsnitt 80 Kg korn og 80 Kg kjøtt per år, konsumerer de dermed til sammen, direkte og indirekte, 400 Kg korn. Når vi skal regne ut hvor mye mat som produseres på verdens jordbruksarealer, må vi ta hensyn til «primærproduksjonen» av planteprodukter som går med til fôr til husdyr – i tillegg til det som konsumeres direkte av mennesker. Foley m.fl (2011) anslo at dersom 16 viktige vekster som nå brukes både til bioenergi, til fôr og til menneskemat, kun ble brukt til menneskemat, ville det øke matforsyningen med 1 milliard tonn, noe som tilsvarer en økning på 49%, målt i energienheter.

Hvor mye planteproduksjon vi trenger vil derfor avhenge av hvor mye animalske produkter det er i dietten. Andelen kjøtt i dietten øker med inntektsnivået. I Norge er årlig kjøttforbruk ca 80 Kg per person. Det er doblet siden 1960, og ser ut til å vokse fortsatt. Gjennomsnittlig kjøttforbruk i verden er halvparten av det norske. Vi ligger også godt over verdens gjennomsnittlige forbruk per person for melk, egg og fisk.

Hvor mye landbruksareal?

Det er ønskelig å minimere det dyrkede arealet. Jo mindre areal som trengs til dyrking av mat og bioenergi, jo mer areal blir det til «natur». Jo mer landbruksarealet i verden øker, jo større blir konflikten med miljøhensynet i Bærekraftmål 15. Mye av arealøkningen vil skje ved avskoging som frigir CO₂ til atmosfæren, og som truer biologisk mangfold. Oppdyrket areal er også mer utsatt for jorderosjon. Derfor er det ønskelig å minimere det dyrkede arealet og øke avlingsnivået på det arealet som dyrkes.

Som det går fram av Ligning (1), kan landbruksproduksjonen økes ved å øke arealet som brukes og ved å øke avlingen (produksjonen) per arealenhet. Jordas landareal er ca 14,9 milliarder Ha¹⁷. Av dette dyrkes i dag ca 1,6 milliarder Ha, hvorav ca 19% kan vannes (har irrigasjon). I tillegg brukes ca 3,38 milliarder Ha til beiter. Til sammen utgjør dette 38% av jordas isfrie landareal. En studie utført av FAO og IAASA tilsier at det dyrkede arealet kanskje kan økes med 1,4 milliarder Ha. Det vil i så fall skje på bekostning av beiteland og skog, men uten å forgripe seg på arealer som er vernet som nasjonalparker o.l. (Alexandratos & Bruinsma 2012, s. 10). Ca 80% av økningen i landbruksarealet skjer ved avskoging. Omlegging til landbruk står for 98% av avskogingen (Foley m.fl. 2011).

Det er som regel de arealene som egner seg best til landbruk som allerede er tatt i bruk, og det kan kreve mye ressurser å utvikle mange av de nye arealene – ressurser til utvikling av infrastruktur som veier og vanningsanlegg, bekjempe sykdommer og lignende. 60% av de dyrkbare arealene befinner seg i

¹⁶ «Korn» er en samlebetegnelse som omfatter bl.a. hvete, bygg, havre, rug, ris, mais, sorghum og hirse.

¹⁷ 1 hektar (Ha) = 100 ar = 10 000 m² = 10 dekar = 10 mål

13 land (sortert med størst areal først): Brasil (Amazonas), USA, Russland, Argentina, Australia, Sudan, Kina, DR Kongo, Kasakhstan, Angola, Canada, Mosambik, Madagaskar.

Hvilket avlingsnivå er mulig?

Avlingsnivå pr arealenhet varierer mye. I USA kan maisprodusenter delta i en årlig konkurranse om å oppnå den høyeste avlingen. Rekordene er 32 t/Ha. Det sier noe om hva som er biologisk mulig, men dette er under helt optimale forhold for plantene, og med mye bruk av innsatsmidler som vanning, gjødsel og sprøytemidler, så det sier ikke nødvendigvis så mye om hva som er mulig – eller lønnsomt – i større målestokk. I følge FAO varierte gjennomsnittlig avling for mais fra 7,3 t/Ha for den beste tidelen av utviklingslandene – til 0,64 t/Ha for den dårligste tidelen av utviklingslandene. I Afrika sør for Sahara er gjennomsnittlig maisavling i overkant av 1 t/Ha. Det tilsier at det er store muligheter for å løfte avlingsnivået. Gjennomsnittlig avling globalt for alle kornsortene er ca 3,4 t/Ha (Alexandratos & Bruinsma 2012), noe som er mer enn det dobbelte av hva de var på 1960-tallet (1,4 t/Ha). For kornproduksjon i Norge ligger gjennomsnittlig avling på 4 – 6 t/Ha, selv om Norge ligger langt mot nord og har kort vekstsesong.

Det er store gap mellom gjennomsnittlig avling og det som er mulig. Det er også store gap mellom de minste og de største avlingene oppnådd under omtrent like dyrkingsforhold. Det betyr at det er store muligheter for å øke gjennomsnittlig avlingsnivå opp mot det som de beste bøndene oppnår. Det som skal til for å øke avlingsnivået er en kombinasjon av mange tiltak, som bedre næringsstofftilgang for plantene (gjødsel), bedre såfrø, vanning, bedre jordarbeiding og bekjempelse av ugras, skadeinsekter og sykdommer, samt bedre høstingsmetoder og lagring for å unngå tap etter innhøsting. Foley m.fl. (2011) anslår at dersom man kan lukke 95% av «avlingsgapet» mellom dagens avling og det som er mulig i samme område, vil samlet produksjon av de 16 viktigste matvekstene kunne øke med 2,3 milliarder tonn, noe som tilsvarer en 58% økning av dagens produksjon (målt i energienheter).

Gjennomsnittlig kornavling i verden har siden 1960-tallet økt med ca 44 Kg pr Ha pr år. FAO anslår at gjennomsnittlig kornavling fortsetter å øke med 44 Kg pr år, til 5,42 t/Ha i 2050. Dette betyr at den prosentvise veksten avtar ettersom gjennomsnittsavlingen øker. Med uendret kornareal vil det i så fall gi en samlet kornproduksjon på 3,8 milliarder tonn, mens de anslår samlet etterspørsel i 2050 til 3,28 milliarder tonn – når de regner med uendret bruk av korn til biodrivstoff (Alexandratos & Bruinsma 2012, s. 14-15).

Ved utvikling av nye kornsorter og bedre dyrkingsmetoder er det også mulig å øke det høyest mulige avlingsnivået. I 1992 var for eksempel rekordavlingen i den amerikanske maiskonkurransen 21 t/Ha, mot 32 t/Ha i dag. Mye av denne økningen skyldes at maisbøndene har tatt i bruk genetisk manipulerte maissorter (GMO). GMO er en kontroversiell teknologi, som vi ikke tillater i Norge og i EU (med noen få unntak). Dersom man i framtida vil (eller må) skyve avlingsnivået opp mot det teoretisk mulige, slik de amerikanske maisprodusentene har gjort, kan bruk av GMO være nødvendig, og man kan bli stilt overfor noen vanskelige valg. Men det finnes fortsatt mange muligheter for å øke plantenes avlingspotensiale gjennom «tradisjonell» planteforedling (uten bruk av GMO).

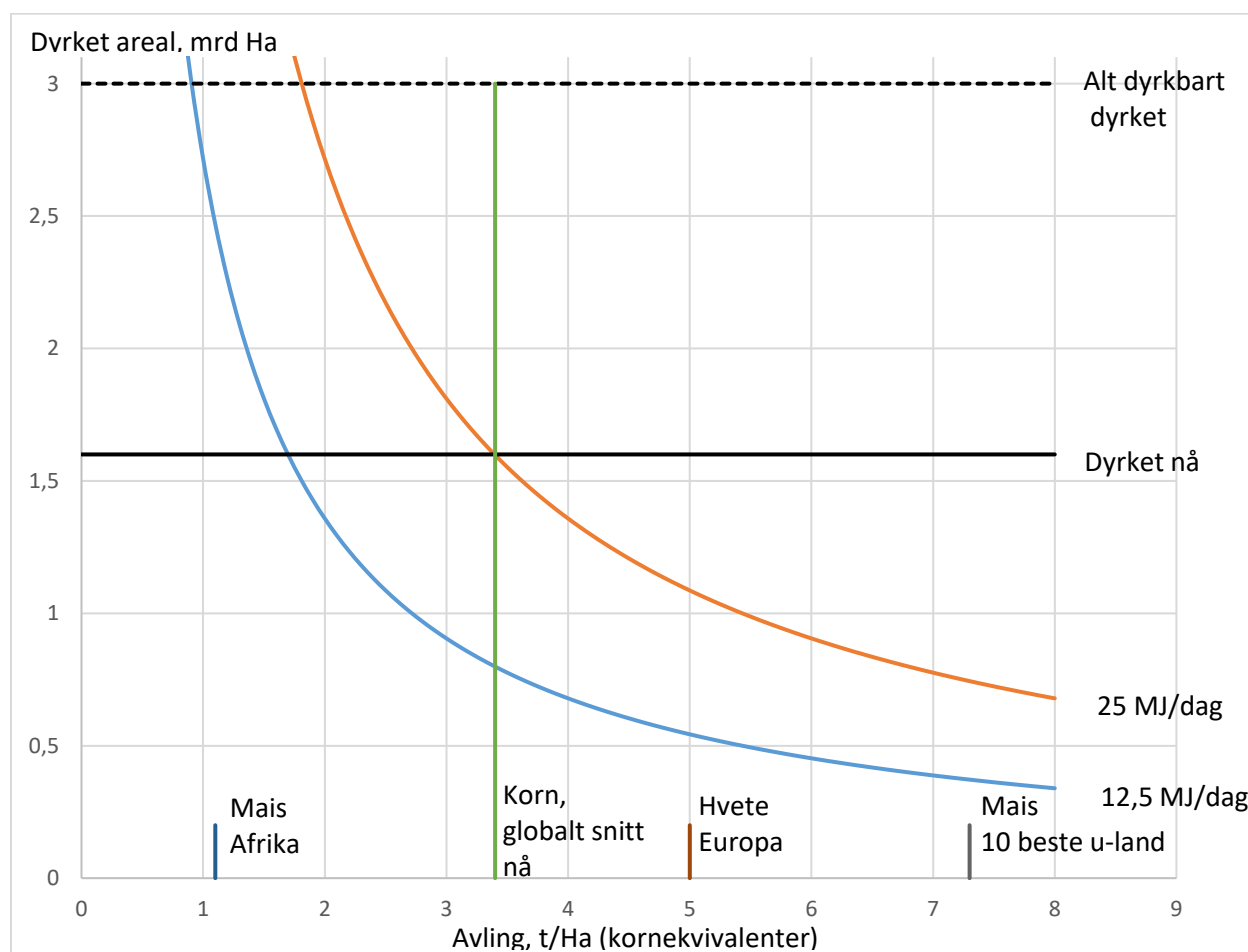
Areal, avlingsnivå, diett og befolkning

La oss vende tilbake til Ligning 1 og sette inn ulike forutsetninger om mattilgang, arealer og avlingsnivå for en befolkning på 10 milliarder mennesker (som er forventet i 2050).

$$\text{Befolkning} * \text{matkonsum pr person} = \text{areal brukt til landbruksproduksjon} * \text{avling pr arealenhet} \quad (1)$$

Figur 2 illustrerer regneeksempler for ulike kombinasjoner av avlingsnivå, dyrket areal, og matproduksjon pr person pr dag som «primær» planteproduksjon. Et daglig matkonsum pr person på 12,5 MJ/dag er rikelig. En dobling av dette til 25 MJ/dag gir rom for konsum av husdyrprodukter, ved at mer enn halvparten av planteproduksjonen kan brukes til dyrefôr, eller ved at noe kan brukes som bioenergi. Figuren viser hvordan høyt avlingsnivå og lavt forbruk av animalske produkter gjør det mulig å begrense landbrukets arealbruk, og sette av større arealer til natur. Eksempelvis, ville dagens gjennomsnittlige avlingsnivå gi grunnlag for nok mat til 10 milliarder mennesker og halvere arealbruken, dersom ikke noe ble brukt til dyrefor eller bioenergi. Økt avlingsnivå vil kunne spare enda mer arealer.

Figur 2: Areal, avlingsnivå og mattilgang for 10 milliarder mennesker (Oppdatert fra Waggoner 1996)



Matsvinn

En stor del av den maten som blir produsert, blir ikke konsumert, men blir tapt til ulike former for svinn. Estimater fra FAO og andre tilsier at kanskje mellom en tredel og halvparten av går tapt på veien fra innhøsting til konsumentene (Foley m.fl. 2011). Mye tapes fordi det blir ødelagt under transport, lagring og bearbeiding. Disse tapene er størst i fattige land, men i rike land er det betydelige tap, kanskje mer enn 40% på grunn av mat som blir kastet av butikker og husholdninger (Foley m.fl. 2011). En reduksjon av svinn og kasting av mat er derfor viktige tiltak for å redusere ressursbruken i matforsyningen.

Bioenergi

En raskt økende del av landbruksproduksjonen brukes til produksjon av bioenergi, etanol og biodiesel. Mer enn 3,5% av verdens korn (særlig mais), 5% av planteoljer (særlig palmeolje) og 15% av sukker brukes til produksjon av bioenergi. Høye oljepriser har gjort bioenergi mer lønnsomt, men utviklingen er i stor grad også et resultat av politisk støtte og subsidier, begrunnet i ønske om å erstatte fossil energi med fornybare kilder, uavhengighet av importert energi og økte inntekter til bøndene. Dersom bioenergi skal dekke vesentlige deler av framtidens energibruk, vil det åpenbart medføre stort behov for dyrkingsarealer. Norske kjøretøyer bruker eksempelvis mange ganger mer energi per år enn det norske folk får i seg i maten. Energibruken i produksjon av bioenergi, og avskogingen som kreves for å øke dyrkingsarealene, gjør at å erstatte bensin og diesel med bioenergi produsert av mais og palmeolje gir liten reduksjon i utslipp av drivhusgasser. Hugging av regnskog for å dyrke palmeolje kan faktisk øke utslippene. Derfor foregår det mye forskning for å utvikle metoder for å lage flytende drivstoff av trevirke.

Blir det nok vann?

Plantene trenger mye vann for å vokse, og lite nedbør begrenser avlingene mange steder. Mesteparten av det dyrkede arealet er avhengig av vann fra nedbør. Endringer i nedbør er en av de store usikkerhetene som den globale oppvarmingen skaper.

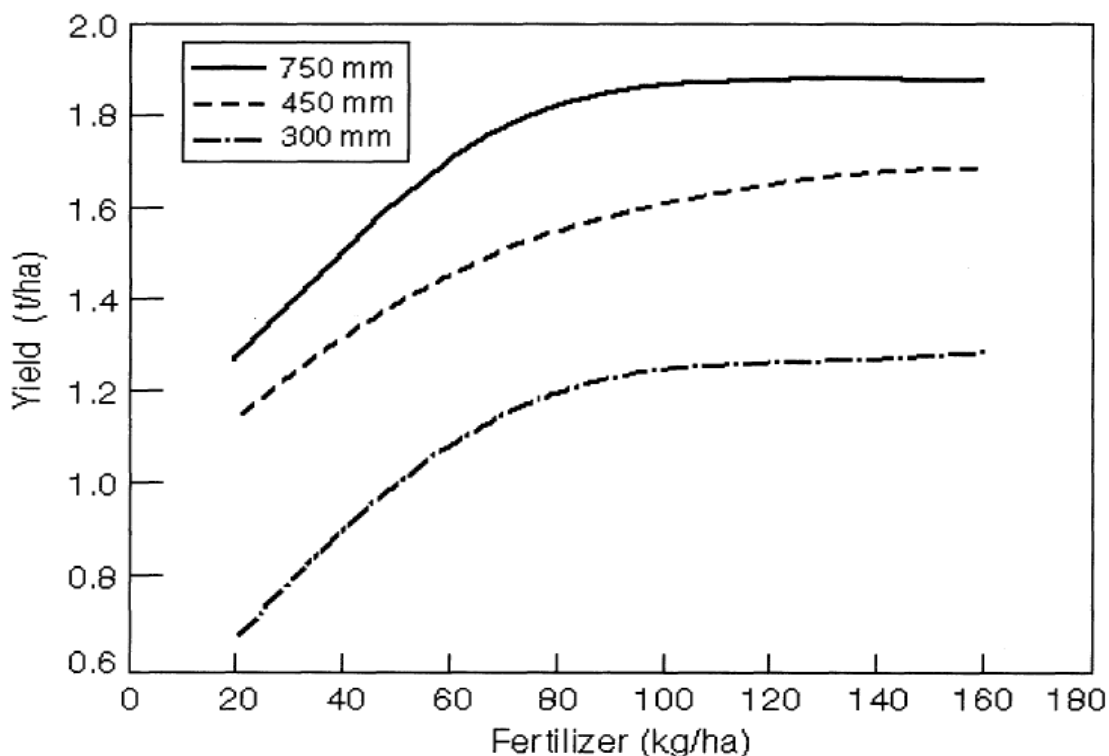
Økt utbredelse av vanning (irrigasjon) har vært en viktig del av den økte landbruksproduksjonen. På verdensbasis er det ca 300 millioner Ha som har irrigasjon, noe som er en dobling siden 1960. FAO regner med at det irrigerte arealet vil øke med 20 millioner hektar innen 2050, men at det kanskje er mulig å øke det irrigerte arealet med 180 millioner Ha. Mange steder er det stor konkurranse om vannet, og det pumpes så mye fra grunnvannsreserver at grunnvannstanden synker faretruende.

Det er imidlertid mye man kan oppnå ved å bruke vannet mer effektivt og redusere sløsing med vann. For å få en toppavling må man heller ikke tilføre plantene mye mer vann enn med en middels avling. Ofte er det slik at avlingsnivået begrenses av tilgangen på næringsstoffer, og ikke av mengde tilført vann. I andre tilfeller kan mangel på vann begrense effekten av tilførte næringsstoffer. Derfor er det mye å oppnå ved å kombinere vann og næringsstoffer optimalt. Det øker avlingsutbyttet både fra gjødsel og fra vannet. Vi sier at det er sterk komplementaritet mellom de ulike innsatsfaktorene i produksjonen.

Et eksempel på dette er vist i Figur 3, med data hentet fra en undersøkelse blant Pakistanske bønder (Waggoner 1996). Den viser sammenheng mellom mengde tilført gjødsel (fertilizer), tilført mengde vann (målt som mm nedbør) og avling (yield). Hvis vi ser på kurven for vanning tilsvarende 450 mm nedbør,

ser vi at en økning i tilført gjødsel fra 20 kg/Ha til 100 kg/Ha økte avlingen med 40%. Ettersom samme vannmengde ble brukt i begge tilfellene, økte effekten av vannet også med 40%. Samtidig ser vi at for å oppnå en bestemt avling, for eksempel 1,4 t/ha, trengtes det mer gjødsel når plantene bare får 450 mm vann, enn når de får 750 mm. Med mer vann, fikk man samme avling med mindre gjødselmengde. Ettersom mengden næringsstoffer tatt opp av plantene er den samme for samme avling, fikk man også mindre tap – og forurensning – fra næringsstoffer med den største vannmengden. Fikk plantene bare 300 mm vann, kom avlingen ikke opp i 1,4 t/ha uansett hvor mye gjødsel som ble tilført.

Figur 3. Virkning av ulike mengder gjødsel og vann (Waggoner 1996, s. 83)



Plantenæringsstoffer

Plantene er avhengige av næringsstoffer for å vokse, først og fremst nitrogen, fosfor og kalium (NPK), men også en rekke «mikronæringsstoffer», som jern, kalsium, klorid, kobber, mangan, sink, molybden, nikkel og bor. De siste trengs bare i små mengder, men kan føre til avlingssvikt hvis de ikke finnes i jorda. Næringsstoffene må tilføres jorda for å sikre høye avlinger, og for å erstatte de næringsstoffene som fjernes gjennom avlingen og de som tapes ved ulike naturlige prosesser. De kan tilføres enten gjennom husdyrgjødsel, ulike former for kompost, eller som kunstgjødsel. Noen planter (for eksempel belgvekster som erter og bønner) kan hente nitrogen direkte fra lufta. Mengdene som er tilgjengelig fra husdyrgjødsel, kompost og nitrogenfikserende vekster er imidlertid begrenset, slik at kunstgjødsel er nødvendig for å sikre høye avlinger.

Forbruket av kunstgjødsel har vokst mye raskere enn avlingene. Forbruket av nitrogengjødsel alene har økt med 800% de siste 50 årene (Foley m.fl. 2011), men forbruket av kunstgjødsel er likevel lavt i mange områder. Eksempelvis er gjennomsnittlig kunstgjødselforbruk 10 Kg/Ha NPK i Afrika sør for Sahara, mens det er 150 Kg/Ha NPK i Norge og andre OECD-land. FAO forventer at verdens gjennomsnittlige kunstgjødselforbruk vil øke fra ca 135 Kg/Ha NPK i dag til 191 Kg/Ha NPK i 2050 (Alexandratos & Bruinsma 2012, s. 128).

Mange har vært bekymret for at verdens reserver av fosfor skal tømmes, men en studie utført av Van Kauwenbergh (2010)¹⁸ viser at vi har fosfor tilstrekkelig til minst 300 – 400 års forbruk på dagens nivå. Mye av frykten skyldes en sammenblanding av begrepene «reserver» og «ressurser». Reservene er de forekomstene som er funnet og identifisert, og som det er lønnsomt å utvinne med dagens priser og teknologi. Men i jordskorpa finnes det mye mer fosfor enn dette. Ressursene omfatter fosfor som er kjent, men som det ikke er lønnsomt å utvinne i dag, og fosfor som ikke er funnet, men som det er sannsynlig vil bli funnet med mer investering i leting. Med litt høyere priser og bedre gruveteknologi kan reservene øke raskere enn forbruket, fordi det da blir lønnsomt å etablere nye gruver som nå ikke er lønnsomme, og å investere i mer leteaktivitet. Det er imidlertid uansett ønskelig å redusere overforbruk av fosforgjødsel (som vi har hatt tendenser til i Norge) og å resirkulere fosfor fra kloakk for å redusere fosforforurensing av vassdrag og sjøer.

Nitrogengjødsel produseres industrielt ved omdanning av nitrogengass fra atmosfæren og hydrogen fra naturgass til ammoniakk, som igjen kan omdannes til urea og nitrat. Det er ingen mangel på nitrogengass, men prosessen er energikrevende. Dette er én av grunnene til stadig tettere kobling mellom oljepriser og matpriser i verden.

Selv om mangel på næringsstoffer begrenser matproduksjonen i mange områder, er overskudd av næringsstoffer et miljøproblem andre steder. Stor avrenning av næringsstoffer som nitrogen og fosfor til vassdrag og sjøer fører til algeoppblomstringer og, i verste fall, anaerobe tilstander (dvs at vannet blir uten oksygen, noe som blant annet dreper all fisk i vannet).

Hva med mat fra havet?

Vann dekker 70% av jordas overflate, og mat fra havet spiller en viktig rolle i kostholdet i kystland som Island, Japan og Norge. Men på verdensbasis bidrar fisk bare med 142 KJ (34 Kcal) pr person per dag. Fisk er viktigere som proteinkilde, og bidrar på verdensbasis med 6,3% av proteintilgangen og 17% av samlet animalsk protein i kosten (FAO 2016, s. 70-71). Siden 1970 har produksjonen av fisk økt med 3,2% pr år, mens den globale befolkningen har økt med 1,6% pr år. Det vil si at konsumet pr person har økt, og er nå over 20 Kg pr person pr år. Økningen skyldes ikke først og fremst økt fangst fra fiskeriene, men mindre svinn, bedre utnytting og bedre omsetningssystemer. Den største veksten har kommet fra fiskeoppdrett. Siden 2014 har akvakultur bidratt mer i kostholdet globalt enn fangst av villfisk. Det er fortsatt store muligheter for å øke produksjonen av fisk fra akvakultur, mens det ikke er like lett å øke fangstene av vill fisk. Mange av verdens fiskebestander er allerede for hardt beskattet. Ved bedre forvaltningsregler (se Bærekraftmål 14), kan det være mulig å redusere overbeskatning, noe som kan gi grunnlag for høyere årlig produksjon når bestanden har tatt seg opp igjen.

¹⁸ Se også <https://www.aftenposten.no/meninger/debatt/i/Qmwn8/Nok-fosfor-i-2000-ar>

Hva med global oppvarming?

Landbruket er en vesentlig kilde til utslipp av CO₂. Det står for ca 35% av det globale klimagassutslippet, når vi tar med virkningen av frigjøring av karbon i forbindelse med avskoging, metanutslipp fra husdyrhold og fra rismarker, og utslipp av lystgass, N₂O, fra gjødslede åkre (Foley m.fl. 2011). Tiltak i landbruket kunne bidra mye til å redusere utslipp av drivhusgasser – ikke minst tiltak for å redusere avskoging.

Global oppvarming skaper stor usikkerhet om framtidig produksjon i landbruket. Høyere temperaturer og endret nedbør vil begrense avlingene mange steder, men kanskje øke dem andre steder. Klimaendringene fører også til større variasjon i nedbør fra år til år, og mer ekstremvær som flom og tørke. FNs klimapanel (Porter m.fl. 2014) konkluderte med at de observerte negative konsekvenser av klimaendringer på landbruket dominerer de positive. De er forsiktige med å tallfeste effekter på samlet matproduksjon i verden framover, ettersom det er svært vanskelig å lage gode modeller for hvordan lokale klimaforhold vil utvikle seg og for hvordan landbruket kan tilpasse seg disse endringene. Usikkerhet om nøyaktige konsekvenser er imidlertid ingen grunn til å ta lett på problemet, ettersom det ikke er noen grunn til å tro at usikkerheten vil føre til flere positive enn negative utfall enn det man forventer.

Matvaremarkeder og priser

Regneeksemplene over viser at det er fysisk mulig å oppnå bærekraftmålene om nok mat til alle – også for en større verdensbefolkning enn i dag. Men det betyr ikke at det kommer til å skje av seg selv. Produksjon og forbruk styres av tilbud og etterspørsel og priser, av økonomiske krefter. Bøndene prøver å oppnå et økonomisk overskudd fra produksjonen. Hva og hvor mye mat som vil bli produsert (og hvor og hvordan), avhenger derfor bl.a. av relative priser på produkter og på innsatsfaktorer (som arbeidskraft, gjødsel, frø og vann), og av avlingsnivå på planter og ytelse på husdyr (for eksempel hvor mye fôr går med for å produsere ett kilogram kjøtt). Høye priser på produktene og lave priser på innsatsfaktorer, gjør det lønnsomt å øke produksjonen, enten ved å øke avlingsnivå eller ved å øke det dyrkede arealet. De relative prisene kan også påvirkes av offentlig politikk. For eksempel kan en ny vei inn i regnskogen gjøre det mer lønnsomt å hogge ned skogen og erstatte den med oljepalmer eller soyabønner. Prisene på matvarer og innsatsfaktorer bestemmes av tilbud og etterspørsel i markedet.

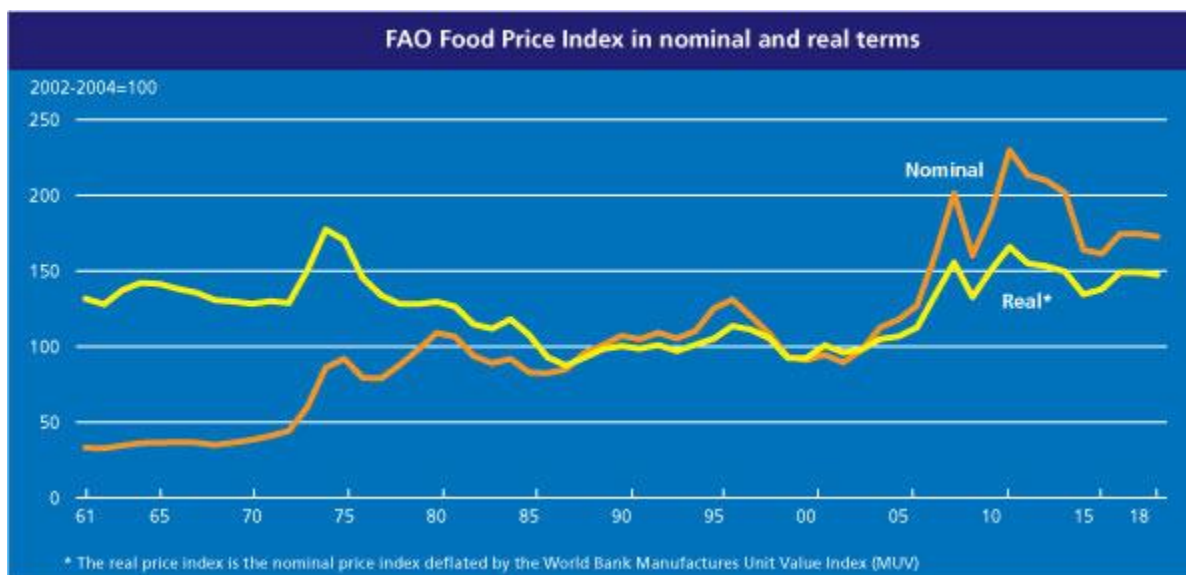
Etterspørselen etter mat avhenger av forbrukernes inntekter, matpriser og preferanser. Hvorvidt de fattigste vil få tilgang på mat, avhenger av om de har egen jord hvor de kan produsere maten – eller penger å kjøpe mat for – eller om det finnes offentlige ordninger som sørger for mat til de som ikke kan skaffe seg den på annet vis. Hvor mye mat folk kan få tilgang til avhenger av inntektsnivå og matpriser. For fattige mennesker betyr økte matpriser at det kan bli vanskeligere å skaffe seg tilstrekkelig mat, samtidig som mange av dem er småbønder som kan få økte inntekter når prisene på landbruksvarer stiger.

Selv om verdens befolkning har økt kraftig, har økte avlinger, økt ytelse på husdyra og økte arealer gjort at produksjonen har vokst raskere. Kostnadene i produksjonen har falt (målt som kostnad per Kg korn

eller kjøtt). Derfor har realprisene¹⁹ på nesten alle landbruksvarer på verdensmarkedet falt kraftig siden 1900. Det viktigste unntaket er storfekjøtt og lammekjøtt (Jacks 2018). Matprisene har økt nominelt²⁰, men i de fleste land har lønningene vokst mye raskere enn matprisene. I de fleste land bruker derfor folk en stadig mindre andel av inntekten sin på mat, selv om kvaliteten på dietten har økt – med mer animalske produkter, frukt og grønnsaker. Den økte produktiviteten i landbruket gjør også at en stadig mindre andel av befolkningen er sysselsatt i landbruket.

FAO følger med på verdens matvarepriser og lager indekser for prisutviklingen. Etter at realprisene har falt lenge, ser det ut til at de har økt til et nytt høyere nivå fra rundt år 2005 (Se Figur 4). Dette skyldes først og fremst økt etterspørsel etter sukker, mais og planteoljer til produksjon av biodrivstoff (Alexandratos & Bruinsma 2012). Høyere oljepriser har gjort biodrivstoff mer konkurransedyktig med olje, samtidig som flere land har innført ulike politiske tiltak for å fremme produksjon og bruk av biodrivstoff, for eksempel subsidiering av produksjonen og krav om innblanding av biodrivstoff i bensin og diesel. Den økte etterspørselen på disse varene har gjort at mer areal brukes til å dyrke dem, og dermed også ført til prisøkninger på andre landbruksvarer. Høyere maispriser betyr også høyere priser på kraftfôr til husdyr, noe som igjen gir økte kjøttpriser. Slik sett «henger alt sammen med alt» i landbruksmarkedene.

Figur 4: FAOs prisindeks for landbruksvarer i nominelle priser og realpriser (FAO 2018)



Prisøkningen rundt 2005 skapte frykt for en ny tid med økt knapphet på mat globalt. FAOs gjennomgang av produksjonsmuligheter og analyse av utviklingen framover mot 2030 (Alexandratos & Bruinsma 2012) tyder imidlertid på at en varig prisoppgang og knapphet er lite sannsynlig. Men det er ingen grunn til å ta lettvtint på situasjonen.

¹⁹ Realpris: Pris korrigert for inflasjonen. Realpris = Nominell pris / Prisindeks

²⁰ Nominell pris: Den faktiske prisen, uten korreksjon for inflasjonen.

Det økte avlingsnivået som trengs for å sørge for tilstrekkelig mat til en voksende befolkning uten å øke det dyrkede arealet (men helst redusere det), vil ikke komme av seg selv. Det vil kreve mye arbeid for å utvikle bedre dyrkingssystemer tilpasset ulike naturforhold, bedre såfrø, investeringer i bedre infrastruktur, bedre vanningsystemer, mindre svinn og så videre. Det vil også være krevende å oppnå dette og samtidig minimere de skadene som landbruket påfører miljøet, slik som utslipp av drivhusgasser til atmosfæren, utslipp av næringsstoffer til vann, utslipp av sprøytemidler, jorderosjon, jordpakking, forsalting av irrigert jord, nedtapping av grunnvann, avskoging og tap av biodiversitet.

Biodrivstoff og klimaendringer er to store usikkerhetsfaktorer for verdens matforsyning framover. Rask økning i etterspørsel etter biodrivstoff kan skape ny konkurranse om maten og økte matvarepriser for de fattige. Den største usikkerheten er likevel konsekvensene av global oppvarming på dyrkingsforholdene de ulike steder i verden – og dermed på forutsetningene for matproduksjonen globalt.

Kilder

Alexandratos, N & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>

Brundtlandkommisjonen (1987) *Vår felles framtid*, Oslo: Tiden Norsk Forlag

Christiaensen, L & Martin, W. (2018). Agriculture, structural transformation and poverty reduction: Eight new insights. *World Development*, **109**: 413-416. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.05.027>

FAO. (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>

FAO. (2018). *World Food Situation*. Nedlastet 26.06.18 fra: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2017). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/a-i7695e.pdf>

FN. (2017). *United Nations World Population Prospects: The 2017 Revision*. Nedlastet 07.06.2018 fra: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>

Foley, JA m.fl. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, **478**: 337.10.1038/nature10452 <https://rdcu.be/Xnul>

Gill, IS, Revenga, A & Zeballos, C. (2016). Grow, Invest, Insure : A Game Plan to End Extreme Poverty by 2030. , *World Bank Policy Research Working Paper No. 7892* <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25694>

Godfray HCJ, m.fl. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, **327** (5967): 812-818. DOI: 10.1126/science.1185383

Helsedirektoratet (2017) *Utviklingen i Norsk kosthold 2017*. <https://helsedirektoratet.no/publikasjoner/utviklingen-i-norsk-kosthold>

Helsedirektoret (2018) *Næringsstoffanbefalinger*. Nedlastet 12.06.2018 fra <https://helsedirektoratet.no/folkehelse/kosthold-og-ertering/neringsstoffanbefalinger->

Jacks DS. (2018). From boom to bust: a typology of real commodity prices in the long run. *Clometrica*.
<https://doi.org/10.1007/s11698-018-0173-5>

Meadows, D, Meadows, D, Randers, J & Behrens III WW. (1972). *Hvor går grensen?* Oslo: J. W. Cappelen. 193 p.

Porter, JR m.fl. (2014). Food Security and Food Production Systems I: Field, C. B. m.fl. (red.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA: Cambridge University Press: 485-533. URL: <http://ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

Regjeringen. (2016). *FNs Bærekraftsmål*. Nedlastet 07.06.2018 fra:
https://www.regjeringen.no/no/tema/utenrikssaker/utviklingssamarbeid/sdg_oversikt/id2505654/

Roser, M & Ritchie, H. (2018). *Hunger and Undernourishment*. Publisert online på OurWorldInData.org. Nedlastet 07.06.2018 fra: <https://ourworldindata.org/hunger-and-undernourishment>

Van Kauwenbergh SJ. (2010). *World phosphate rock reserves and resources*. International Fertilizer Development Center (IFDC) https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadw835.PDF

Waggoner, PE. (1996). How Much Land Can Ten Billion People Spare for Nature? *Dædalus*, **125** (3): 73-93
<https://www.jstor.org/stable/20027371>