

# Effekten av klimaendringer på matsikkerhet i Afrika

Ruth Sofie Hillesund

**Masteroppgave**

Masteroppgaven er levert for å fullføre graden

**Master i samfunnsøkonomi**

Universitetet i Bergen, Institutt for økonomi

[Juni 2023]



UNIVERSITETET I BERGEN

## **Forord**

Jeg vil spesielt takke Quamrul Ahsan som har vært en god og tilgjengelig veileder gjennom masterskrivingen. Tusen takk for gode diskusjoner og at du har vist engasjement for oppgaven min.

Arbeidet med denne masteroppgaven har vært spennende og lærerikt, og en givende avslutning på fem fine år i Bergen. Jeg vil takke alle på studiet for hyggelige og morsomme stunder gjennom årene, og takk til Fnan – min gode venn og samarbeidspartner.

Takk til venner, roomies, familie og kjæreste for god støtte og tilbakemeldinger på oppgaven.

*Ruth Sofie Hillesund*

---

Bergen, juni 2023

## Sammendrag

Verdens matproduksjon øker og fattigdom går ned, samtidig som matsikkerhet forverres. Klimaendringer er en økende trussel for jordbruket, som kan gi større usikkerheter rundt matproduksjon og inntekt fra jordbruket. Formålet med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan klimaendringer påvirker matsikkerhet i afrikanske land. Jeg skal undersøke to ulike mekanismer for klimaendringers effekt på matsikkerhet. Dette blir gjort med å se nærmere på effekten av temperaturendringer på matproduksjon og lønn fra jordbruket.

For å gjøre dette introduserer jeg et ligningssystem bestående av tre ligninger: (1) Effekt av temperaturendring på lønn. Ligningen blir diskutert opp mot litteratur. (2) Effekt av temperaturendring på kornproduksjon per innbygger. Denne effekten blir estimert med paneldata med fasteffekter for 32 land i Afrika for tidsperioden 2000 til 2020. (3) Effekten av temperaturendringer på matsikkerhet, når lønn og produksjon inngår, som blir estimert med OLS.

Hovedfunnene i min oppgave er: 1) temperaturendring har en negativ effekt på kornproduksjon per innbygger, 2) effekten av temperaturendringer på produksjon er større for relativt fattige land, 3) effekten av temperaturendring er større for land med mer arbeidsintensivt jordbruk, 4) økning i lønn fra jordbruket reduserer mat-usikkerhet i befolkningen.

Basert på resultatene diskuterer masteroppgaven viktigheten av økonomisk tilgang til mat. Negativ effekt av klimaendringer på produksjon kan gjøre store deler av befolkningen sårbare for matsikkerhet, siden opp mot halvparten av Afrikas befolkning er sysselsatt i jordbruket.

Analysene i oppgaven er utført i Stata/SE 17

## Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	7
1.1 Avgrensning av oppgaven .....	8
1.2 Hva jeg skal bidra med.....	9
2. Bakgrunn for oppgaven .....	12
2.1 Matsikkerhet og klimaendringer .....	12
2.2 Et rekursivt ligningssystem .....	13
3. Tidligere litteratur .....	16
4. Bakgrunn for produksjonsligningen .....	20
5. Metode.....	22
5.1 Minste kvadraters metode .....	22
5.2 Panelmodell.....	22
5.3 Panelmodell med tids- og sted-fasteffekter (FE).....	24
5.4 Random (RE) .....	24
5.5 Antagelser for FE-modellen .....	25
5.6 Endogenitetsproblem.....	25
6. Data og variabler .....	27
6.1 Utvalg av land og år .....	27
6.2 Variabler i analysen av kornproduksjon .....	28
6.3 utfordringer med forklaringsvariablene.....	30
7. Deskriptiv statistikk .....	32
8. Analyse av kornproduksjon per innbygger .....	38
9. Analyse av matsikkerhet .....	45
10. Oppsummerende diskusjon.....	48
10.1 Lønn .....	49
10.2 Kornproduksjon.....	49
10.3 Matsikkerhet.....	50
10.4 utfordringer med analysen .....	51
10.5 Videre forskning .....	52
11. Konklusjon.....	53
Kilder.....	54
Appendiks.....	58
A1. Spørsmål i FIES undersøkelsen:.....	58
A2. Figur for kornproduksjon per innbygger for alle land .....	59
A3. Figur for mat-usikkerhet for alle land.....	59
A4. Analyse etter geografiske områder .....	60
A5. Intrumentvariabel-modell .....	61
A6. Three-stage least-squares regression .....	62

## Figurer og tabeller

Figur 1: Utvikling av mat-usikkerhet og underernærte.....	27
Figur 2: Utviklingen for produksjon og temperaturendringer i tidsperioden.....	32
Tabell 1: Deskriptiv statistikk av kornproduksjon i tonn .....	33
Tabell 2: Kornproduksjon per innbygger i tonn.....	33
Tabell 3: Gjennomsnittlig prosentandel av alvorlig mat-usikkerhet i befolkningen .....	34
Tabell 4: Gjennomsnittlig BNP per innbygger i dollar .....	34
Tabell 5: Gjennomsnittlig anomal temperatur.....	34
Tabell 6: Total innsatsfaktor .....	35
Tabell 7: Per innbygger innsatsfaktor .....	35
Tabell 8: Sysselsatte i jordbruksnæringen.....	36
Tabell 9: Gjennomsnittlig aggregert kapital i jorbruket .....	36
Tabell 10: Sysselsatte i jordbruksnæringen gruppert etter BNP per innbygger .....	36
Tabell 11: Parvis korrelasjon mellom mat-usikkerhet og andre variabler .....	37
Tabell 12 Resultat for analyse av kornproduksjon.....	39
Tabell 13 Resultat for analyse av kornproduksjon med interaksjonsvariabler.....	42
Tabell 14 Resultat for analyse av kornproduksjon inndelt i ulike grupper .....	43
Tabell 15 Resultat for analyse av mat-usikkerhet .....	46

## **Forkortelser**

FN – De forente nasjoner

FAO – FNs organisasjon for ernæring og landbruk

IPPC – FNs klimapanel

WB – Verdensbanken

ILO – Den internasjonale arbeidsorganisasjonen

BNP – Bruttonasjonalprodukt

## 1. Innledning

I 2023 la FN's klimapanel frem rapport med klar anbefaling om å bremse menneskeskapte klimaendringer for å unngå konsekvenser for livet på jorda (IPPC, 2023). Klimaendringer som økte temperaturer, flom og oftere ekstremvær kan gi økt usikkerhet i jordbruket. Jordbruket er vesentlig for verdens matsikkerhet, gjennom matproduksjon og sysselsetting i store deler av verden. De siste årene har matsikkerhet blitt forverret, og i 2023 lever mer enn 345 millioner mennesker som alvorlig matusikre – som er en dobling fra 2020 (WFP, 2023). Matsikkerhet blir definert av FN som, når alle mennesker til enhver tid har fysisk og økonomisk tilgang til nok og trygg mat til et fullstendig kosthold, og som møter deres ernæringsmessige behov og preferanser for et aktivt liv med god helse (FAO, 1996).

Ifølge FAO er det fire «dimensjoner» som må være oppfylt for at en person kan defineres som matsikker. De fire dimensjonene er 1) fysisk tilgjengelig mat (*food availability*), 2) økonomisk og fysisk tilgang til mat (*food access*), 3) god utnyttelse av næring (*utilization*), og 4) stabilitet rundt mattilgang (*stability*)<sup>1</sup>. Fysisk tilgjengelighet gjelder tilbudssiden, som innebærer matproduksjon, matbeholdning og handel. Økonomisk og fysisk tilgang betyr at befolkningen skal ha økonomisk tilgang til maten, til rimelige priser og stabile markeder. Utnyttelse innenfor matsikkerhet handler om tilgang på varierende og næringsrik mat, rent vann, og under sanitære forhold. Den siste dimensjonen til matsikkerhet er stabilitet. Store økonomiske svingninger, varierende klimatiske forhold og politisk ustabilitet kan ha en innvirkning på matsikkerhet (FAO et al., 2013).

Fattige land opplever de største konsekvensene av klimaendringene på grunn av beliggenhet i varmere områder og en stor jordbrukssektor (Mendelsohn et al., 2006). Endringer i temperatur og nedbørsmengde, i tillegg til økt ekstremvær kan bidra til større svingninger og usikre værforhold. Det kan være ødeleggende for avling og infrastruktur (IPPC, 2023). Dårlige avlinger eller nedgang i forventet produksjon kan forverre matsikkerhet på grunn av produksjons- eller inntektsendringer fra jordbruket. For det første kan det påvirke husholdninger som produserer egen mat ved at de mister tilstrekkelig mengder mat. Videre kan mindre avlinger øke priser og gi matvareinflasjon (Iliyasua et al., 2022). Til slutt, kan mindre fortjeneste i jordbruket igjen påvirke lønninger til sysselsatte i jordbruket, og dermed påvirke matsikkerhet (Hertel & Rosch, 2010).

---

<sup>1</sup> På norsk er ordene noe mindre presise. Jeg kommer til å bruke tilgjengelighet som fysisk tilgang, og tilgang som økonomisk tilgang på mat.

Svingninger i klima kan gi ustabil produksjon og fluktuasjoner i lønn som kan skape sårbarhet for sysselsatte i jordbruket. Om klimaendringer fører til hyppigere ekstreme sjokk som tørke eller flom, kan det påvirke etterspørsel og tilbud etter arbeidskraft i jordbruket. Som igjen kan gi større inntektsfluktuasjoner. Banerjee (2007) finner at flom har en effekt på lønn i Bangladesh. Effektene er avhengig av når flommen inntreffer og hvor lenge den varer. Om flommen krever omplanting av avlingene fører det til økt etterspørsel etter arbeidskraft. Men om flommen ødelegger avlingene er det ikke lenger behov for arbeidskraft. Sistnevnte faktor har en negativ effekt på lønn, og resultatet er større inntektsfluktuasjoner.

Fysisk tilgjengelighet av mat er vesentlig for å forhindre sult og mat-usikkerhet<sup>2</sup>. Det er imidlertid flere økonomiske årsaker, som blant annet inflasjon, konjunktursvingninger, handel eller sjokk i økonomien, som kan redusere konsummuligheter og forverre matsikkerhet. I Sen (1981) sitt essay om fattigdom og hungersnød understreker han viktigheten av den økonomiske tilgangen til mat. Dette poenget er sentralt for oppgaven. Han påpeker at sult ikke handler om at det ikke finnes tilstrekkelig med mat, men heller om at noen mennesker ikke har økonomisk tilgang til mat. Med andre ord er diskusjonen om muligheten for konsum av mat avgjørende når det gjelder matsikkerhet.

Siden 90-tallet har mennesker i ekstrem fattigdom i verden blitt redusert fra 38 prosent til 8,4 prosent i 2019 (World Bank, 2022b). Etter koronapandemien har fattigdommen i verden igjen økt, og samtidig opplever de fattigste landene en økende matvareinflasjon som en trussel for matsikkerhet (World Bank, 2021, 2022a). Ifølge FAO er vi ikke på riktig kurs for å ende sult i verden (FAO et al., 2020). Før pandemien var det en motstridende sammenheng mellom synkende fattigdom og en økende mat-usikkerhet i verden. Jeg ønsker å rette søkelys mot denne motstridende sammenhengen.

### **1.1 Avgrensning av oppgaven**

I oppgaven ønsker jeg å undersøke hvilken rolle klimaendringer har for en forverring av matsikkerhet. Med andre ord, kan de positive trendene vi har sett, med å løfte mennesker ut av fattigdom og sult, snu på grunn av klimaendringer? Eller er det andre underliggende årsaker for forverring av matsikkerhet? Motivasjon for oppgaven er å åpne diskusjonen om hvordan klimaendringer påvirker matsikkerhet, spesielt for den fattige delen av verden.

---

<sup>2</sup> Heretter vil jeg skrive mat-usikkerhet, med bindestrek, for å tydeliggjøre forskjellen på mat-usikkerhet og matsikkerhet



En av dimensjonene til matsikkerhet er matproduksjon. Jordbrukssektoren står for hoveddelen av matproduksjon i verden. I tillegg er sektoren en viktig del av bruttonasjonalprodukt (BNP) for flere utviklingsland (World Bank, 2023a). Derfor vil jordbruket være fokus i denne oppgaven. Selv om produktiviteten i jordbruket har hatt en generell økning i verden, har klimaendringene redusert veksten de siste 50 årene (IPPC, 2023). De største negative konsekvensene oppleves på sørlige breddegrader. Områder i nord vil oppleve noe mer positive effekt av klimaendringer på jordbruket (IPPC, 2023). I tidligere litteratur hevdes det at klimaerindringer er forventet å ha størst påvirkning i Afrika, og sør for Sahara vil størrelsen på dyrkbar jord halveres. Derimot vil Russland og land i Sentral Asia ha en økning av dyrkbar jord (Schmidhuber & N. Tubiello, 2007). Dinar et al. (2008) hevder at selv uten klimaendringer har Afrika utfordringer i jordbruket på grunn av begrenset vanntilgang og sårbarhet for tørke. I 2023 understreker FNs klimapanel at Afrika er et sårbart kontinent for klimaendringer (IPCC, 2023). Derfor har jeg valgt å fokusere oppgaven på Afrika.

Afrika omfatter et stort areal bestående av 54 selvstendige stater og en befolkning på rett over én milliard mennesker. Det er store variasjoner på kontinentet når det gjelder klima, ressurser, kultur, etniske grupper og hvordan land driver jordbruket. Ifølge Den internasjonale arbeidsorganisasjonen (ILO) vil jordbruket sysselsette mer enn halvparten av Afrikas befolkning innen 2023 (ILO, 2019). Land sør for Sahara opplevd stagnasjon i flere tiår i produktivitet per innbygger i jordbruket, som kan forklares av mange småbruksbønder og lite teknologi i jordbruket (Jama & Pizarro, 2008). Tre andre grunner til lav fortjeneste i jordbruket og lav økonomisk vekst kan være fordi bønder opplever kredittbegrensinger, det er ufullstendige forsikringsmarkeder og usikkerheter rundt eiendomsrett (Udry, 2010). Vedvarende stagnasjon i produktiviteten, har fått flere til å undersøke effektene av mikrokreditt og væravhengig forsikring på avlinger for å øke produktiviteten (A. de Janvry, 2017). Det finnes en rekke litteratur om jordbruk og økonomisk vekst, og hvordan strukturelle endringer i sektorene i Afrika kan ha en innvirkning på vekst og utvikling (McArthur & Sachs, 2019) (Timmer, 2002). Dette er ikke noe jeg vil gå videre med i oppgaven, men jeg velger å fokusere på jordbruket som det er, og hvordan produksjon og matsikkerhet blir påvirket av klimaendringer.

## **1.2 Hva jeg skal bidra med**

Overordnet mål for oppgaven er å undersøke klimaendringers effekt på matsikkerhet. Forskningsspørsmålet er: Hvordan påvirker klimaendringer tilgjengelighet og den økonomiske tilgangen til matsikkerhet, gjennom mekanismene produksjon og lønn?

Dette skal gjennomføres med å studere to mekanismer,

- (i) Den første mekanismen er, klimaendringers negative effekt på produksjon. Dette kan gi tilbudssjokk som øker priser, senker lønninger og forverrer matsikkerhet.
- (ii) Den andre mekanismen er at klimaendringer kan påvirke lønn til jordbruksarbeidere ved økt lønnsfluktuasjoner. Uavhengig av at jordbruksproduksjonen blir påvirket eller ikke. Det kan videre forverrer matsikkerhet.

Den første, og den mest undersøkte, er effekten av klimaendringer på jordbruket og fysiske avlinger. I samsvar med litteraturen vil jeg undersøke hvilken effekt klimaendringer har på jordbruket i Afrika, med å estimere en panelregresjon med fasteffekter.

Den andre mekanismen bak klimaendringers effekt på matsikkerhet kan komme av økte lønnsfluktuasjoner. For eksempel, kan forskyvninger i sesong ikke gi lønn til et forventet tidspunkt eller påvirke tilbud etter arbeidskraft (Hertel & Rosch, 2010). Jordbruksaktiviteter er sesongbasert, og etterspørsel etter arbeidskraft vil være størst under planting og høsting. Svingninger i temperaturer eller nedbør kan påvirke sesongen og tidspunkt for behov for arbeidskraft. Eksempel på endringer i arbeidsmarkedet finnes i Banerjee (2007), presentert innledningsvis. Endringene i arbeidsmarkedet kan gi større svingninger i inntekt for sysselsatte i jordbruket, og indirekte effekter for andre markeder om markedene er sammenknyttet. Økt inntektsfluktuasjoner kan gi mer ustabil mulighet til konsum, og videre mat-usikkerhet. Derfor blir inntekter fra jordbruket diskutert som en kanal der klimaendringer har en effekt på matsikkerhet.

Matsikkerhet er en sammensatt faktor, som gjør en økonometrisk analyse utfordrende. For hvilke andre faktorer bør tas i betraktning når en undersøker effekten av klimaendringer på matsikkerhet? Det kan være mange andre grunner til økt mat-usikkerhet enn produksjonsendringer. Eksempelvis kan krig og uroligheter føre til flukt og nød, som gir akutt mat-usikkerhet. Usikkerhet kan også komme av produksjonsstopp og problemer i forsyningslinjen, som vi har sett fra Ukraina (FSIN, 2022). Å inkludere disse aspektene blir for omfattende for en oppgave av denne størrelsen. En annen årsak jeg heller ikke kommer til å belyse i denne omgang er energiomstilling. Det kan gi dyrere strøm og produksjon, som kan gi dyrere gjødsel som igjen kan påvirke produksjon (FSIN, 2022).

Oppgaven strukturens som følgende, i kapittel 2 introduserer jeg nærmere oppgavens tematikk og bakgrunnen. I kapittel 3 og 4 trekker jeg frem tidligere litteratur og bakgrunn for produksjonsligningen som skal estimeres. I kapittel 5 presenteres den empiriske metoden anvendt i for å estimere produksjonsligningen, og i kapittel 6 hvilken data som brukes. I kapittel 7 legger jeg frem deskriptiv statistikk. Kapittel 8 og 9 presenterer resultater fra analysene. Jeg vil avslutte med å diskutere resultatene i kapittel 10, før jeg summerer opp i en konklusjon.

## 2. Bakgrunn for oppgaven

### 2.1 Matsikkerhet og klimaendringer

Ifølge FNs klimapanel har sikkerhet til mat og rent vann blitt redusert på grunn av klimaendringer (IPPC, 2023). Det er fortsatt begrenset med litteratur som finner en direkte effekt av klimaendringer på matsikkerhet. Dette forsøker Dasgupta and Robinson (2022) å studere i sin studie. De undersøker effekten av anomal temperatur<sup>3</sup> på mat-usikkerhet. Variabelen for mat-usikkerhet, *Food Insecurity Experience Scale* (FIES), er en indeks konstruert av FAO som er basert på data fra spørreundersøkelser i ulike land FAO (2022a). De kategoriserer alvorlig matusikker, som når et individ ikke har spist på en hel dag. De estimerer en panelregresjon, for 83 land i tidsperioden 2014-2020, med fasteffekter og tidsvarierende koeffisienter<sup>4</sup>. For 2014 finner de at en økning med 1°C av anomal temperatur vil øke andelen alvorlig matusikre i verden med 1,4 prosent, og i 2019 var økningen 1,64 prosent. Land i Afrika har opplevd størst negativ effekt av klima på matsikkerhet. Dasgupta og Robinson (2022) estimerer følgende modell,

$$FIES_{it} = \beta_1(\tau_t)V_{it} + \gamma'(\tau_t)X'_{it} + \alpha_i + \mu_{it}$$

FIES er andelen alvorlig matusikre, for land  $i$  og år  $t$ . Variabelen  $V$  indikerer anomal temperaturendring,  $X$  er en vektor av forklaringsvariabler, som sub-nasjonal HDI-indeks og ekstreme værphenomen deriblant tørke,  $\alpha_i$  er konstantleddet,  $\tau_t$  er tidsvarierende koeffisienter og  $\mu_{it}$  er feilleddet.

De finner at økte temperaturer har økt andelen matusikre i befolkningen. Imidlertid er kritikk til studien forfatterens manglende forklaring av mekanismen bak temperaturendringers effekt på mat-usikkerhet, manglende kontrollvariabler og en kort tidsperiode for å analysere effekt av klima.

Først, forfatterne mangler forklaring på sammenhengene der temperatur påvirker matsikkerhet. Variabelen for mat-usikkerhet (FIES) er et estimat basert på en spørreundersøkelse som fanger opp en subjektiv forståelse av folks opplevelse av matsikkerhet. Det er åtte spørsmål om sult, økonomisk tilgang og næringsrik mat i løpet av de siste 12 månedene<sup>5</sup>. FIES fanger opp flere aspekter enn bare fysisk tilgjengelig mat, som gjør det utfordrende å estimere den direkte sammenhengen mellom temperatur og matsikkerhet. Jeg vil argumentere for at temperatur først

---

<sup>3</sup> Anomal temperatur er temperaturavvik fra et referansepunkt. Med andre ord forklarer det temperaturendringer.

<sup>4</sup> En generell modell med tidsvarierende koeffisienter kan skrives som:  $y_t = \beta'_t x_t + \mu_t$ . For mer se Hsiao, C. (2014). *Analysis of Panel Data* (3rd ed.). Cambridge University Press.

<sup>5</sup> Spørsmålene er vedlagt i appendiks under A1

og fremt påvirker produksjon og avling. Deretter fører det til økonomiske konsekvenser, som mindre fortjeneste i avlingen, mindre lønn til arbeidere, og større usikkerheter rundt når avlingen kan høstes. Dette kan igjen påvirke matsikkerhet.

Den andre kritikken til modellen av Dasgupta og Robinson (2022) er få inkluderte kontrollvariabler i modellen for å kontrollere for effekten av temperaturendringer på matsikkerhet. Det kan være utelatte variabler forklarer variasjonen i matsikkerhet. For eksempel om land er avhengig av å importere matvarer eller å motta hjelp for å brødfø befolkningen vil endringer i handel kunne påvirke matsikkerhet. Videre kan økte matvarepriser, inflasjon, økonomisk nedgang og resesjon øke andelen matusikre i befolkningen. Det er også andre faktorer som krig, uro, eller stopp i produksjon på grunn av konflikter som henger sammen med matsikkerhet (Okou et al., 2022). Med andre ord, det er mange faktorer som spiller inn på matsikkerhet.

Den tredje kritikken løftet frem med studien er den korte tidsperioden. Fem år kan tenkes å være kort periode for å se effekter av klima på produksjon eller økonomiske faktorer. Men tidsperioden er begrenset på grunn av variabelen FIES, som kun har observasjoner fra 2014 til 2020.

## **2.2 Et rekursivt ligningssystem**

Med bakgrunn i modellen til Dasgupta og Robinson (2022) introduserer jeg et rekursivt ligningssystem i et forsøk på å forklare mekanismen for temperaturendringers effekt på matsikkerhet. Modellen til Dasgupta og Robinson (2022) ser på den direkte effekten av temperatur. Mitt bidrag er å se nærmere på kanalene der temperatur påvirker matsikkerhet. Jeg antar at temperaturendringer kan påvirke produksjon og lønn, og deretter at produksjon og lønn er med å forklare matsikkerhet.

Sammenhengen illustreres med et veldig forenklet ligningssystem, der produksjon og lønn inngår i matsikkerhet, gitt med ligning (1), (2) og (3). Dermed impliserer jeg at effekten av temperatur på matsikkerhet som Dasgupta og Robinson (2022) finner har en effekt gjennom produksjon og lønn. I et rekursivt ligningssystem kan vi anta at variablene blir bestemt sekvensielt og ikke simultant, det vil si at ligningene blir bestemt hver for seg og ikke på likt (Schneeweiss, 1996). Videre antar vi at produksjon inngår i matsikkerhet, men matsikkerhet har ingen direkte effekt på produksjonen. Det samme gjelder for lønn. Sammenhengen går bare en vei (Greene, 2003). Ligningssettet skrives som følgende,

(1)  $L\ddot{o}nn\ fra\ jordbruket_{it}$

$$= \alpha_{0i} + \alpha_1 Temperatur_{it} + (Faktor\er\ som\ bestemmer\ tilbud/ettersp\orsel\ av\ arbeidskraft) + feilledd_{it}$$

(2)  $Matproduksjon_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 Temperatur_{it} + \beta_2 Innsatsfaktorer'_{it} + feilledd_{it}$

(3)  $Matusikkerhet_{it}$

$$= \gamma_{0i} + \gamma_1 Temperatur_{it} + \gamma_2 L\ddot{o}nn\ fra\ jordbruket_{it} + \gamma_3 Matproduksjon_{it} + (Andre\ faktorer\ som\ forklarer\ matusikkerhet) + feilledd_{it}$$

Dersom ligningssystemet av ligning (1), (2) og (3) er fullstendig rekursivt, det vil si ingen korrelasjon mellom feilleddene til ligning (1), (2) og (3), og ellers ingen korrelasjon mellom feilleddene i modellene, kan ligningene estimeres separat og OLS gir «consistent» estimat (Greene, 2003) (Schneeweiss, 1996). Det er en sterk antagelse med ingen korrelasjon mellom feilleddene ligningssystemet, eller mellom utfallsvariabel og feilledd. Ved antagelse om korrelasjon er ikke lenger ligningssystemet fullstendig rekursivt. Andre metoder, enn å estimere ligningssettet separat med vanlig OLS, vil da være mer hensiktsmessig å bruke.

En utfordring i ligningssettet er tilfeller med endogenitet eller omvendt kausalitet. Om vi antar en situasjon der for eksempel mat-usikkerhet i en periode fører til at produksjonen øker for å motvirke mat-usikkerhet i neste periode, kan det tenkes at mat-usikkerhet forklarer variasjon i produksjon. For å prøve å kontrollere for forventningsskjevhet som oppstår på grunn av endogenitet og omvendt kausalitet, kan modellen estimeres som instrumentvariabel (*two-stage-least-square*). Der den predikerte verdien for ligning (1) og (2) inngår som i ligning (3). Det er imidlertid flere forutsetninger som må holde for at dette skal gi gyldig estimat (Baltagi, 2011). En utvidelse av *two-stage-least-square* er *three-stage-least-square*. Metoden tar hensyn til ligningene i systemet. Systemet estimeres med *two-stage-least-square*, men hele ligningssystemet estimeres samtidig (Zellner & Theil, 1962). Endogenitet i ligningssystemet blir dermed tatt hensyn til.

Det kan være utfordrende å finne instrument som forklarer variasjonen i produksjon, uten at instrumentvariabelen vil forklare variasjon i matsikkerhet. Enda en utfordring med ligningssettet er sammenhengen mellom lønn fra jordbruket og produksjonsligningen. Imidlertid kan analysen av ligningssystemet forenkles ved å anta ingen korrelasjon mellom feilleddene i ligningssettet eller feilledd og utfallsvariabel. Det tilsier at ligningene kan estimeres separat og med OLS.

En annen begrensning med å estimere ligningssystemet er mangelfull data. For variabelen lønn i ligning (1), har jeg bare 57 observasjoner til rådighet i et panel med 32 land og 21 år, noe som gir et svært ubalansert panel. For variabelen mat-usikkerhet i ligning (3) har jeg observasjoner for 5 år og 32 land, men ikke alle land har observasjoner for alle år. Derimot har jeg for ligning (2), med produksjon og ulike innsatsfaktorer, et balansert datasett for 32 land og 21 år.

I samsvar med litteratur, presentert i neste kapittel, vil oppgaven ha fokus på ligning (2). Avslutningsvis, estimerer jeg ligning (3), som enkel OLS uten panelstruktur på grunn av databegrensinger. Ligning (1) vil ikke bli estimert i denne sammenheng, da det krever en modell for lønnsdannelse som faller utenfor omfanget av denne oppgaven. I tillegg til store databegrensinger. Likevel, for lønnsdannelse i jordbruket tar oppgaven utgangspunkt i Pandey (1973), som estimerer lønnsdannelse i jordbruket i India. De bruker ulike innsatsfaktorer i jordbruksproduksjon som forklaringsvariabler siden lønn blir satt etter tilbud og etterspørsel i markedet. Det kan derfor tenkes at effekt av klima kan ha en innvirkning på produksjon og videre på lønn.

Med bakgrunn og motivasjon for oppgaven vil jeg gå videre med å undersøke tematikken med tidligere litteratur, før jeg estimerer sammenhengene jeg har introdusert. Først, effekten av temperatur på produksjon. Deretter ligningssettet, hvor produksjon og lønn inngår i matsikkerhet.

### 3. Tidligere litteratur

I denne delen presenterer jeg tidligere litteratur om klimaendringer, jordbruket i Afrika og matsikkerhet. Litteratur om matsikkerhet fokuserer hovedsakelig på sammenhengen mellom jordbruksproduksjon og klimaendringer, og argumenterer deretter for dens effekt på matsikkerhet. Den direkte sammenhengen mellom fysisk tilgjengelighet og klimaendringer er mest studert, og omfatter hovedvekten av publiserte studier om matsikkerhet og klimaendringer siden 1990. Dimensjonen tilgjengelighet består av 70 prosent av publiserte studier, mot dimensjonene tilgang, utnyttelse og stabilitet med henholdsvis 11,9, 13,9 og 4,2 prosent (Wheeler & Braun, 2013). Forfatterne begrunner den ujevne fordelingen med større tilgang på produksjonsdata og mindre komplekse sammenhenger av klimaets effekt direkte på avlinger. Dette er samsvarer med fokuset i min oppgave med å se på effekt på jordbruket.

For å motivere klimarelaterte spørsmål i en økonomisk kontekst ser jeg til Nordhaus (1991), som presenterer en økonomisk tilnærming til problemet med klimaendringer. Fra et teoretisk perspektiv vil reduksjon av klimaendringene og utslipp være et kollektivt gode, siden utslipp er en global eksternalitet. Fra et teoretisk perspektiv argumenterer han for at skadene kan gi store kostnader og skader for samfunnet som helhet. Videre legger han frem empirisk resultatet, der han vektlegger at det er viktig med en forsiktig vektning av kostnader og skader som forårsakes av klimaendringer. Klimaendringer omhandler et globalt problem, siden noen deler av verden kan ha nytte av klimaendringene, samtidig som andre opplever tap og kostnader. Ulike deler av verden vil oppleve klimaendringene ulikt. Denne litteraturen motiverer til å undersøke nærmere forskjeller i verden, og problematikken med matsikkerhet kan sees på som et globalt problem.

Den årlige klimarapporten fra FNs klimapanel (IPPC, 2023) tilsier at klimaendringer gir konsekvenser som fører til tap og skade på naturen og økonomien. Hvor økonomiske skader relatert til klimaendringer påvirker klimautsatte sektorer som jordbruk, skogbruk, fiske, energi og turisme. Videre skriver de at individuelle konsekvenser av klimaendringer kan forekomme dersom hus og infrastruktur blir ødelagt, som kan gi tap av eiendom, inntekt, helse relatert tap og redusert matsikkerhet. Dette samsvarer med Nordhaus (1991) der noen deler av økonomien vil oppleve større konsekvenser.

De fleste land fikk nytte av klimaendringer frem til 1980, viser en gjennomgang Tol (2013) gjør av tidligere studier og data om effekt av klimaendringer. Etter 1980 har klimaendringer hatt negativ effekt på fattige land. Fra årtusenskiftet har rike land opplevd negative



konsekvenser av klimaendringer. Dette kan indikere at ulike deler av verden opplever klimaendringer ulikt. Samtidig finner Tol (2013) en opplevd positiv effekt på jordbruket frem til 2000 på grunn av karbondioksid-gjødsel, som fører til raskere vekst for avlingen. Endringer i temperatur, nedbør og andre klimafaktorer har negativ konsekvens på jordbruket, men de positive effektene av karbondioksid-gjødsling på jordbruket har dominert. Predikasjonene til Tol (2013) tilsier at de positive konsekvensene av karbondioksid-gjødsling vil avta når temperaturene blir for høye.

Klimaendringer eller klimatilpasning er ikke noe nytt i jordbruket. Jordbruket har alltid måttet tilpasse seg endringer som påvirker avlingene. Likevel er det områder som historisk har hatt mer svingninger i klima, som Midtvesten i USA, nordøst i Argentina, sør i Afrika og sørøst av Australia sammenlignet med Sentral Afrika og Europa (Schmidhuber & N. Tubiello, 2007).

Mendelsohn (2008) gjennomgår flere studier som måler størrelsen på effektene av temperaturøkning har på jordbruk i utviklingsland. I mange utviklingsland er jordbruket en arbeidsintensiv sektor og fortjenestene fra jordbruket utgjør en stor andel av BNP. Derfor kan sjokk i jordbruket og strukturendringer ha stor innvirkning på økonomien. Mendelsohn (2008) undersøker hvor følsomt jordbruket er for endringer i temperatur og nedbør i ulike land, samt hvordan det varierer mellom ulike land og regioner. For Afrika finner han at økende temperaturer skader avlingene. Dette underbygger motivasjonen for oppgaven med fokus på Afrika.

Barrios et al. (2008) undersøker, med paneldata, effekten av klima på total jordbruksproduksjon i land sør for Sahara i Afrika og sammenligner det med andre utviklingsland. De finner at land Sør for Sahara er mer utsatt for effekten av klima på jordbruket enn andre utviklingsland. Modellene predikerer en reduksjon for produksjonen ved økt temperatur, samt positiv effekt på produksjonen med en økning i nedbør. For andre utviklingsland er ikke effekten av klimavariablene signifikante.

Belloumi (2014) bruker paneldata for å undersøke effekten av klima på jordbruk i 11 land sør og øst i Afrika for tidsperioden 1961 til 2011. Han estimerer en produksjonsfunksjon med økonomiske innsatsfaktorer som produksjonsdyr, bruk av gjødsel, traktor, jordbruksareal og sysselsetting i jordbruket, og klimafaktorer som temperatur og nedbør. Resultatene indikerer positiv effekt dersom nedbørsmengden øker, mot negativ effekt dersom årlig gjennomsnittstemperatur øker. Effekten blir målt på den avhengige variabelen som er en aggregert indeks på jordbruksproduksjon. Videre undersøker Belloumi (2014) to scenarioer der

gjennomsnittlig temperatur vil øke med 1,5°C og 2,5°C og finner at jordbruksproduksjonen vil ha en nedgang på henholdsvis 4,04 prosent og 6,73 prosent, alt annet likt. Han argumenterer for konsekvenser for matsikkerheten med en produksjonsnedgang, og trekker frem mulige tiltak som å utvikle kornsorter som er mer motstandsdyktig mot høyere temperaturer.

Affoh et al. (2022) undersøker effekten av nedbørsmengder, temperatur og CO<sub>2</sub>-utslipp på tre av dimensjonene til matsikkerhet, som *tilgang*, *tilgjengelighet* og *utnyttelse*. De bruker paneldata for 25 land sør for Sahara fra 1985 til 2018. De finner at nedbørsmengde har en positiv effekt på tilgang og tilgjengelighet, og på langsikt også på utnyttelse av matressurser. Temperatur har en negativ effekt på tilgang og tilgjengelighet, men ingen effekt på utnyttelse. Til slutt hadde CO<sub>2</sub>-utslipp positiv effekt på tilgang og tilgjengelighet, men ingen effekt på utnyttelse. De konkluderer med at den negative effekten av temperatur og nedbør gir ødeleggelser på avlingen som gir mindre tilgjengelig mat. Dårligere avling kan gi økte priser som begrenser fattiges tilgang til mat. Utnyttelse omhandler næringsrik mat, der nedbørsmengder kan ha en positiv effekt på næringen i for eksempel korn. Til slutt løfter de frem begrensninger ved studien. På grunn av databegrensning er ikke en variabel for dimensjonen stabilitet inkludert. Samt ser de kun på kornproduksjon som estimat for mat, som kan samsvare med kritikk av min oppgave. Likevel kan korn argumenteres for å være vesentlig for matkonsum.

Ilyasua et al. (2022) undersøker effekten av klimaendringer på produksjon og inflasjon i Egypt, Nigeria og Sør-Afrika, med en strukturell vektor autoregressiv modell for tidsperioden 2002 til 2020. De finner at økte klimaendringene fører til at faktisk BNP blir mindre enn potensielt BNP, som resulterer i en økning for både matvarepris- og konsumpris for landene. De finner at klimaendringer har størst effekt på matvarepriser, deretter på konsumpriser og til slutt på produksjon. Videre diskuterer de resultatene opp mot økonomisk teori som tilsier at en reduksjon eller sjokk i tilbud vil føre til økte konsumpriser. Økte priser kan redusere mulighetsområdet for konsum og dermed øke mat-usikkerhet.

Heinen et al. (2019) hevder at finnes lite litteratur på effekten av naturkatastrofer på priser. I deres studie for land i Kariabien, finner de at naturkatastrofer kan føre til økte priser, der både flom og orkan påvirker matprisene. Videre kan konsekvenser av dette være økte priser eller endringer i lønn. Som igjen kan føre til fattigdom på grunn av økte priser på mat og tilbudsendringer (Ahmed et al., 2009).

Hertel and Rosch (2010) diskuterer sammenhengen mellom klimaendringer, jordbruk og fattigdom. De belyser ulike statistiske tilnærminger som er brukt for å analysere effektene. De trekker frem begrenset datatilgang som årsak for at mesteparten av litteraturen estimerer produksjon – også gjeldene for denne oppgave. De hevder at fattige er mer sårbare for fluktasjoner og sjokk i jordbruket, siden de i større grad er avhengig av inntekter fra jordbruket. Videre diskuterer forfatterne hvordan mindre avlinger og fortjeneste fra jordbruket kan øke priser i markedet og påvirke konsummuligheter. Ytterligere kan mindre produktivt jordbruk påvirke lønninger, og forskyvninger i avling kan ha en effekt på etterspørsel etter arbeidskraft i jordbruket. De hevder at klimaendringer vil i større grad påvirke produksjon, konsum og akkumulerende eiendeler i rurale strøk. De diskuterer hvordan klimaendringer kan gi sårbarhet til fattigdom og dermed mat-usikkerhet, som er sentrale poeng for denne oppgaven.

I denne oppgaven vil jeg bruke produksjon av korn for å undersøke hvilken effekt temperaturendringer har på produksjon. Kornproduksjon i land kan brukes som en indikator på tilgjengelighet, som er et av aspektene til matsikkerhet. Estimat på kornproduksjon blir også brukt av Affoh et al. (2022), mens (Mendelsohn, 2008), Barrios et al. (2008) og Belloumi (2014) ser på aggregert jordbruk. Videre vil jeg undersøke sammenhengen mellom lønn fra jordbruket og matsikkerhet, for å undersøke den økonomiske tilgangen til mat som en mekanisme for temperaturendringers effekt på matsikkerhet. I lys av diskusjonen til Hertel and Rosch (2010), samt sammenhengene som Iliyasua et al. (2022) trekker frem. I neste del av oppgaven vil jeg se nærmere på bakgrunnen for produksjonsligningen, før jeg går videre til metode- og analysekapittelet.

## 4. Bakgrunn for produksjonsligningen

Innledningsvis introduserte jeg et ligningssystem med tre ligninger. Den første er lønnsdannelsen i jordbruket, den andre er en produksjonssammenheng, og den tredje er matsikkerhet. Dette er for å studere en sammenheng mellom matsikkerhet og klimaendring, som er inspirert av Dasgupta og Robinson (2022). I denne delen av oppgaven vil jeg drøfte bakgrunnen for produksjonsligningen, som er i fokus. Produksjon forklarer dimensjonen tilgjengelighet i matsikkerhet.

Jeg bruker en aggregert produksjonsfunksjon, som benyttes av flere for å analysere jordbruket på tvers av land, blant annet av Frisvold and Ingram (1995), (Barrios et al., 2008; Belloumi, 2014). Grunnlaget for en aggregert produksjonsfunksjon er en klassisk produksjonsfunksjon på mikronivå. Fra økonomisk teori antar en standard Cobb-Douglas-produksjonsfunksjon at innsatsfaktorene forklarer all produksjon for en gitt produsent. De klassiske innsatsfaktorene er kapital og arbeid, som er antatt å være konstant over tid, videre kan også teknologi eller totalfaktorproduktivitet inkluderes. En generell modell kan skrives som følgende,

$$X_{0i} = K_0 \prod_{q=1}^Q X_{qi}^{\alpha_q} \quad (i = 1, \dots, I) \quad (1)$$

Der  $X_0$  er all produksjon for en gitt produsent  $i$ .  $X_q$  er gitt innsatsfaktor  $q$  som forklarer produksjonen,  $\alpha_q$  er tilsvarende elastisitet, med andre ord hvor mye bruk av gitt innsatsfaktor påvirker endringer i produksjonen.  $K_0$  er en konstant (Hoch, 1962). Summen av elastisiteten avgjør om produksjonen har konstant ( $\alpha = 1$ ), tiltagende ( $\alpha > 1$ ) eller avtagende ( $\alpha < 1$ ) skalautbytte. En profitt maksimerende aktør er interessert i elastisiteten som forklarer optimal sammensetningen av ressursene, som gir optimal fortjeneste. I oppgavens sammenheng er ikke optimal sammensetning relevant.

For å undersøke en statistisk sammenheng av den teoretiske funksjonen inkluderes et feilledd,  $U_i$ , som fanger opp uobserverbar variasjon som kan forklare variasjon i utfallsvariabelen, illustrert i ligning (2).

$$X_{0i} = K_0 \prod_q X_{qi}^{\alpha_q} U_i \quad (2)$$

Deretter tar jeg logaritmene av alle ledd i ligningen, med forutsetninger om at feilleddet  $u_i$  er normalfordelt (Hoch, 1962). Det retter opp i det ikke-lineære forholdet mellom produksjon og innsatsfaktorene, og gir en prosentvis tolkning av koeffisientene. Det gir ligning (3), der  $x_{qi} = \log X_{qi}$ ;  $k_0 = \log K_0$ ;  $u_i = \log U_i$ ,

$$x_{0i} = k_0 + \sum_q a_q x_{qi} + u_i \quad (3)$$

Vi har  $x_{0i}$  som er log produksjon for en produsent  $i$  til en gitt tid,  $k_0$  er konstantleddet,  $\sum_q a_q x_{qi}$  er summen av innsatsfaktorene,  $x_{qi}$ , tilhørende elastisitet  $a_q$ , og feilleddet er  $u_i$ .

Jeg skal estimere en aggregert produksjonsligning med paneldata for ulike land i Afrika over flere år. Alle produsentene i et land utgjør den totale produksjonen i landet. En klassisk produksjonsfunksjon tar ikke høyde for produsentegenskaper til produsentene, eller i dette tilfelle forskjeller mellom land. Ved utvide ligning (3) med å inkludere enn konstant for landet,  $k_i$ , og en tidskonstant for å kontrollere for utvikling over tid,  $k_t$ , kan vi fange opp noe av ulikhetene mellom land. Dette er nærmere ligningen som skal estimeres i oppgaven. Illustrert i ligning (4), der  $x_{qit} = \log X_{sit}$ ;  $k_0 = \log K_0$ ;  $k_i = \log K_i$ ;  $k_t = \log K_t$ ;  $u_i = \log U_{it}$ .

$$x_{0it} = k_0 + k_i + k_t + \sum_q^Q a_q x_{qit} + u_{it} \quad (4)$$

I artikkelen til Hoch (1962) diskuterer han utfordringen med å estimere produksjon med å buke ligning (2) på grunn av simultanitet mellom utfallsvariabel og forklaringsvariabel. Videre argumenterer han for å inkludere en konstant for tid og enhet, som i ligning (3), slik at forskjeller mellom land og tidsperioder bli kontrollert for og noe av endogenitetsproblemet i modellen fanges opp. Likevel er det underliggende antagelser for modellen som må holde, som blir diskutert i metode-kapitlet.

Just and Pope (1979) argumenterer for at den tradisjonelle produksjonsfunksjon har strenge antagelser om at bare endringer i innsatsfaktorene forklarer produksjonen. De utvider funksjonen med en risikovariabel, for å prøve å fange opp mer av variasjonen til endring og tilpasningen til produsentene. Jeg er enig i forfatterens kritikk av en standard produksjonsfunksjon, og hvordan inkludering av risiko kan påvirke produsentenes tilpasning. For eksempel om de holder tilbake innsatsfaktor eller investerer mer i en gitt tidsperiode. Klimaendringer kan anses som en risiko til produksjon. Det kan være produsenter med mer risikoaversjon holder tilbake i produksjonen eller er flinkere til å håndtere endringer som følge av klima. Jeg går ikke videre med å inkludere risiko i analysen, men jeg inkluderer på temperaturendringer som en innsatsfaktor, som har mulig risiko på produksjonen. Hoch (1962) på den andre siden antar at klimatiske forhold som påvirker produksjon blir fanget opp i feilleddet.

## 5. Metode

Jeg forsøker å undersøke effekten av temperaturendringer på matsikkerhet i afrikanske land. Matsikkerhet er et komplekst bilde, som kan gjøre det utfordrende å estimere. Derfor analyseres effekten av temperaturendringer på jordbruket, deretter undersøker jeg hvordan produksjon inngår i mat-usikkerhet. Jeg bruker et panel med observasjoner for 32 land<sup>6</sup> i Afrika for en tidsperiode på 21 år, fra 2000 til 2020. Paneldata åpner for å kunne forta analyser over tid, undersøke forskjeller mellom land, og kontrollere for konstant uobserverbar variasjon over tid.

I metodekapittelet introduseres først en enkel lineær-regresjon, deretter utvider jeg med panelregresjon med tids- og steds-fasteeffekter. Til slutt vil jeg se nærmere på antagelsene til metoden.

### 5.1 Minste kvadraters metode

Analysen tar utgangspunkt i en enkel lineær regresjon med minste kvadraters metode (OLS). Hensikten er å fange årsakssammenheng mellom responsvariabelen *produksjon* og forklaringsvariablene *klima* og *innsatsfaktorer*. En enkel OLS-regresjon predikerer forventingsrette resultater når en rekke forutsetninger<sup>7</sup> holder (Verbeek, 2017). I analysen som utføres er observasjonene landsavhengige, og det kan forventes at variasjon i feilledet,  $\varepsilon$ , er avhengig av de ulike land. En annen utfordring med en enkel lineær regresjon er utelatte variabler, som gir under- eller over-estimert koeffisient. En enkel OLS vil ikke være tilstrekkelig til å estimere en kausal sammenheng mellom produksjon, temperatur og innsatsfaktorene. Derimot åpner paneldata opp for å kontrollere for uobserverbare ulikheter mellom land, som kan gi mer konsistente estimat.

### 5.2 Panelmodell

Utgangspunktet til en panelregresjon er en enkel regresjon med OLS-egenskaper. En enkel panelmodell («Pooled OLS») behandler alle observasjonene som like, og tar ikke hensyn til at datasettet består av både tversnittdata og tidsseriedata (Verbeek, 2017). Med andre ord tar modellen ikke hensyn til heterogeniteten mellom enhetene. Modellen kan skrives som følgende:

$$y_{it} = x'_{it}\beta_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

---

<sup>6</sup> Algerie, Angola, Benin, Botswana, Burkina Faso, Kamerun, Den sentralafrikanske republikk, Kongo, Elfenbenskysten, Egypt, Eritrea, Etiopia, Gambia, Ghana, Guinea, Kenya, Madagaskar, Malawi, Mali, Mauritius, Marokko, Mosambik, Namibia, Niger, Nigeria, Senegal, Sør-Afrika, Tanzania, Togo, Tunisia, Zambia og Zimbabwe

<sup>7</sup> Standard Gauss-Markov oppsett av forutsetninger til OLS-estimatet er: 1)  $E(\varepsilon_i) = 0$ , 2)  $(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_N)$  og  $(x_1, \dots, x_N)$  er uavhengig, 3)  $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$ , 4)  $cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, i \neq j$  (Verbeek, 2017)

Responsvariabelen  $y$ , for en gitt enhet  $i$  til en gitt periode  $t$ . Variabelen  $x'$  er en vektor av forklaringsvariablene, med tilhørende koeffisient.

Begrensingen til «Pooled OLS» kan illustreres ytterligere med en produksjonsfunksjon. Produksjon er avhengig av egenskapene til produsentene, i denne sammenheng ulike land. Det kan tenkes at sosiale og demokratiske faktorer påvirker produsentene og deretter aggregert produksjon i landet. Modellen som estimeres videre i oppgaven er en produksjonsligning, hvor den predikerte variabelen er kornproduksjonen i land. I produksjonsligningen inngår en klimavariabel, samt en rekke innsatsfaktorer som introduseres senere i oppgaven. Vi antar følgende produksjonsfunksjon,

$$y_{it} = \mu + x'_{it}\beta + m_i\beta_{K+1} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Hvor  $y$  er logaritmen av produksjonen,  $x'$  er en vektor av logaritmene til innsatsfaktorene, for land  $i$  og år  $t$ . Konstantleddet  $\mu$ , vil være det samme for alle land. Variabelen  $m$  indikerer egenskaper til land, som antas å være konstant over tid. Det kan tenkes at land med fungerende institusjoner eller teknologiske fordeler, vil ha mer effektiv bruk av innsatsfaktorer. Med andre ord, mindre bruk av innsatsfaktorer for mer produksjon. Derfor er de uobserverte karakteristkane i variabelen  $m$  er forventet å være negativt korrelert med de andre innsatsfaktorene (Verbeek, 2017). Med mindre  $\beta_{K+1} = 0$ , altså ingen forskjell i egenskaper mellom landene, vil det gi forventningskjevne resultater for de andre parameterne i modellen om egenskaper ikke inkluderes (Verbeek, 2017).

Ved å inkludere et konstantledd for hver enhet kan vi ta høyde for uobserverte forskjeller,  $\alpha_i = \mu + m_i\beta_{K+1}$ . Vi kan nå kontrollere for tidsinvariant variasjon for de ulike landene med å bruke paneldata med land-fasteffekter. Ligning (6) uttrykker en standard fasteffekt-modell,

$$y_{it} = \alpha_i + x'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Med formål om å bedre modellen ytterligere inkluderer jeg tids-fasteffekter<sup>8</sup>, som kontrollerer for tidsvarierende variasjon som er konstant på tvers av land, men utvikler seg likt over tid (J. Wooldridge, 2021). I løpet av tidsperioden analysert har det i snitt vært en økning i produksjon i Afrika, og land har opplevd utvikling. Tids-fasteffekter fanger opp effekten av utviklingen i tidsperioden eller kontrollerer for like lovverk eller reguleringer for alle land. Likevel kan det

---

<sup>8</sup> Jeg har utført en Wald-test i Stata for å undersøke om tids-fasteffekter bør inkluderes. Det er en simultan test på alle koeffisientene som tester om parameterne for alle år er lik 0. Resultatene tilsier at jeg bør inkludere tids-fasteffekter i analysen.

tenkes at ulike reguleringer, som er like for alle land, vil påvirke land forskjellig. Når vi inkluderer tids-fasteffekter kan vi kontrollere for noe av variasjonen, og prøve å måle den faktiske effekten gitt utviklingen over tid.

En annen fordel ved å bruke paneldata er at vi kan undersøke endringer i mønster som skjer over tid (Hsiao, 2014). Vi kan fange opp endringer som ikke blir observert på bare et år. I mitt tilfelle kan tenkes at effekt av temperaturendringene er annerledes når det studeres over tid, enn bare for ett år.

### 5.3 Panelmodell med tids- og sted-fasteffekter (FE)

Når det er utelatte variabler som er konstant over tid, men varierer på tvers av land. Samtidig som det er utelatte variabler som er konstant på tvers av land og varierer over tid, bør både tid- og steds-fasteffekter inkluderes i modellen (Stock & Watson, 2015). Dermed estimeres følgende modell,

$$y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \beta_i x'_{it} + u_{it}, \quad t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, N \quad (7)$$

I modellen er  $y_{it}$  log av kornproduksjon per innbygger i et land for et gitt år. Videre er  $\alpha_i$  landsfasteffekter og  $\lambda_t$  er tids-fasteffekter.  $x'_{it}$  er en vektor av forklaringsvariablene, og  $\beta$  er tilhørende koeffisient. Forklaringsvariablene inkludert i modellen er temperaturendringer og prosentvisendring i nedbør. Videre kontrollerer jeg med innsatsfaktorer per innbygger som andel sysselsatte i jordbruksnæringen, gjødsel, areal til kornproduksjon, kapital og vanningsystemer. Utelatt variasjon blir fanget opp av restleddet,  $u_{it}$ .

### 5.4 Random (RE)

En annen tilnærming til en paneldata modell er random-effekt modell (RE). Da antas heterogeniteten, som blir fanget opp i konstantleddet i fasteffekt-modellen, å være tilfeldig fordelt i utvalget. Med andre ord er ikke variasjonen i variablene avhengig av de ulike enhetene. Når enhetene i utvalget er antatt å være forskjellig, som kan forventes med er land, er antagelsen for en RE-modell svak (Verbeek, 2017). Ved hjelp av Hausmanstest kan vi undersøke om FE- eller RE-modell er mest hensiktsmessig. Hausman (1978) foreslo en test der null hypotesen er at  $x_{it}$  og  $\alpha_i$  ikke er korrelert. Den tester om FE- og RE-metoden er signifikant forskjellige (Verbeek, 2017). Jeg har utført en Hausmanstest for denne analysen, som avviser nullhypotesen. Det tilsier at fasteffekt estimering er den mest hensiktsmessige modellen.



## 5.5 Antagelser for FE-modellen

Den første antagelsen for modellen er at feilleddet er normalfordelt med gjennomsnittlig verdi lik 0. For paneldata skal heller ikke feilleddet,  $u_{it}$ , være korrelert med tidligere, nåværende eller fremtidige verdier av forklaringsvariablene. Det er en veldig sterk antagelse, som indikerer ingen utelatte variabler. Den andre antagelsen impliserer at variablene kan være avhengig av land, men uavhengig og tilfeldig fordelt på tvers av land. Tredje og fjerde antagelse er henholdsvis, at ekstremverdier er lite sannsynlig og det er ingen perfekt multikollinearitet (Stock & Watson, 2015).

I paneldata kan forklaringsvariablene være korrelert med seg selv eller avhengig av tidligere perioder. Det vil si at forklaringsvariablene kan være korrelert over tid innad i et land, som betyr autokorrelasjon. Feilleddet  $U_{it}$  inkluderer tidsvarierende forhold som er uobservert, og noen av disse utelatte faktorene kan også være korrelert over tid. Derfor antas variablene, fra år til år og innad i et land, å være avhengige av hverandre (Stock & Watson, 2015). For å kontrollere for problemet med autokorrelasjon inkluderes robuste og «clustred» standardfeil i analysen (Stock & Watson, 2015). Dette kontrollerer også for heteroskedastisitet i variansen.

Et annet problem som kan oppstå er multikollinearitet, som betyr stor korrelasjon mellom forklaringsvariablene. Dette forstyrrer estimeringen av de separate effektene, med at to eller flere av variablene måler samme effekt. Likevel inkluderer paneldata mer informasjon og dermed også flere frihetsgrader for å estimere modellen. Mange observasjoner over tid gi mer variasjon og mindre kollinearitet mellom variablene (Gujarati, 2009) (Hsiao, 2014).

Ved å bruke paneldata fjernes uobserverbar heterogenitet i den avhengige variabelen som skyldes faktorer som er konstante over tid. Selv om fasteffekter i modellen skal rette opp i heterogenitet, ved at det åpnes for et konstantledd per land, kan det likevel være forskjeller i helningskoeffisienten som påvirker resultatet.

## 5.6 Endogenitetsproblem

En utfordring i denne analysen er endogenitet. Endogenitet i modellen kommer av korrelasjon mellom utfallsvariabel og feilledd. Dermed bryter en forutsetning til modellen, og vi kan ikke lenger anta at modellen gir konsistente estimat. Endogenitet kan forekomme av målefeil, simultanitet i modellen, revers kausalitet og utelatte variabler. Revers kausalitet kommer når  $y$  forklarer noe av variasjonen i  $x$ . Det er lite sannsynlig at produksjon forklarer variasjonen til temperatur. Likevel, på lang sikt, kan det argumenteres for at store utslipp fra jordbruk kan påvirke temperaturendringer. I analysen kan produksjon forklare noe av variasjon til de andre

innsatsfaktorene, som inngår i produksjon. Det sist nevnte kan være tegn på simultanitet i modellen, som kommer når variasjonen i  $x$  forklarer  $y$  samtidig som variasjonen i  $y$  forklarer  $x$ . I mitt tilfelle kan det tenkes at produksjonen forklarer hvor mange som jobber i jordbruket, men andel arbeidere forklarer samtidig hvor mye som produseres. I neste del av oppgaven ser vi nærmere på variablene som er inkludert i produksjonslikningen.

## 6. Data og variabler

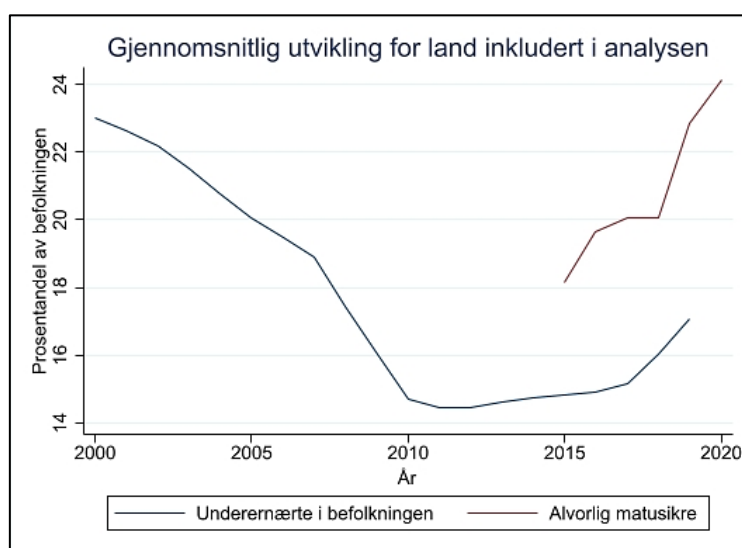
Hensikten med oppgaven var å estimere klimaendringers effekt direkte på matsikkerhet, men i forsøk på å estimere dette møtte jeg en rekke utfordringer på grunn av manglende data. Derfor fokuserer jeg hovedsakelig på produksjonsligningen. I denne delen vil jeg introdusere utfallsvariabelen, forklaringsvariabelen og andre kontrollvariabler til produksjonsligningen. Paneldatasettet inkluderer observasjoner på tvers av år og på tvers av land. Datasettet er sammensatt fra åpne kilder hentet fra FAO, WB og ILO. Siden dataen er innhentet fra ulike kilder og land, kan det bety ulike metoder for datainnsamling som kan påvirke estimatene.

### 6.1 Utvalg av land og år

Ifølge litteraturen presentert, vil Afrika oppleve negative konsekvenser på grunn klimaendringer. Derfor er oppgaven avgrenset til land i Afrika. En stor andel av befolkningen i Afrika jobber i landbruket, som kan antyde en større sårbarhet for klimaendringer i befolkningen. Tidsrammen for analysen er 2000 til 2020. Det er en relativt kort periode for å analysere klimaeffekter. Samtidig er det en relevant tidsperiode å undersøke, siden FNs tusenårsmål ble vedtatt i 2000. Med mål om å utrydde fattigdom og halvere andelen som lever i kronisk sult innen 2015 (United Nations, 2013).

Variabelen for mat-usikkerhet, som Dasgupta og Robinson (2022) også bruker, har ikke observasjoner før 2015. Andel underernærte i befolkningen kan imidlertid være en indikasjon på tidligere trender for mat-usikkerhet. For land inkludert i analysen har trenden for underernærte i befolkningen vært nedgående, men trenden har snudd. Dette er illustrert i figur 1, og fra 2015 er observasjoner for matusikre inkludert.

Figur 1: Utvikling av mat-usikkerhet og underernærte



## 6.2 Variabler i analysen av kornproduksjon

### Produksjon av korn per innbygger

I produksjonsligningen er den avhengige variabelen produksjon av kornsorter<sup>9</sup> målt i tonn. Videre er observasjonene transformert til produksjon per innbygger, i forsøk på å gjøre observasjonene mer sammenlignbare på tvers av land. Korn dyrkes i større mengder, høstes og brukes til mat for både mennesker og dyr. Data for kornproduksjon gjelder kun avlinger høstet som tørket korn, og kun avlinger som høstes til bruk som mat. Korn som brukes som fôr holdes utenfor.

Jeg har valgt å estimere effekten på kornproduksjon siden det er en betydelig del av matproduksjon i verden. Ulike kornsorter dekker 51 prosent av kalorier og 47 prosent av protein til et gjennomsnittlig kosthold, og i verden er kornproduksjon på rundt 2500 millioner tonn (World Bank, 2023b). Variabelen omfatter diverse kornsorter, som mais, hvete, og ris, som blir produsert i jordbruket i Afrika (Britannica). Matproduksjon omfatter tilbudssiden av dimensjon tilgjengelighet i matsikkerhet. I tillegg sysselsetter også næringen en stor andel av befolkningen. Dersom produksjonen blir mer ustabil, kan det gi reduserte og mer usikre inntekter til arbeiderene. Ustabilitet i inntekt kan føre til økt andel med matsusikre mennesker.

### Temperaturendringer

For å estimere klimaeffekt på kornproduksjon inkluderes en forklaringsvariabel for temperaturendringer. Temperaturendring måles som et avvik fra et referansemål, i perioden 1951-1980 (FAO, 2023). Med andre ord, hvor mange grader den årlige gjennomsnittstemperaturen har endret seg fra referansemålet. Estimater er hentet fra FAO, med fra observasjoner fra *National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies (NASA-GISS)*. Det er en aggregert verdi for hvert land. Det kan være store variasjoner innad i landene, og med aggregerte størrelser forsvinner mikroklima i land. Videre kan temperatur variere fra år til år, og variere hvor mye det faktisk påvirker produksjon.

### Nedbør

Den andre klimavariabelen inkludert er en indikator på nedbørsmengde. Variabelen fanger opp forventet total nedbør, som en prosentvis endring fra et referansemål. Data hentet fra *Climate Change Knowledge Portal*, som en del av *World Bank Group*. Nedbørsmengder kan variere fra år til år, og det kan være vanskelig å måle faktiske effekter av dette på aggregert produksjon,

---

<sup>9</sup> På engelsk er det «*Cereal*». Det inkluderer hvete, ris, mais, bygg, havre rug, hirse, sorghum og bokhvete

samt kan det være store forskjeller innad i land og ulikt hvordan ulike kornsorter blir påvirket. Et annet element er tidspunktet i løpet av sesongen endringene i nedbør inntreffer for om det er kritisk eller ikke for avlingen. Det er mulig andre klimavariabler kunne gitt bedre predikasjoner på sammenhengen. Klimavariabler som tørke eller ekstremvær kunne vært hensiktsmessig å inkludere i analysen, men ble ikke inkludert på grunn av databegrensinger.

### **Produksjonsinput**

Med bakgrunn fra økonomisk teori og litteratur presentert i oppgaven har jeg valgt å inkludere observasjoner for arbeidere, kapital, areal for kornproduksjon, gjødsel og areal med vanningsystemer i produksjonsligningen. Etter det teoretiske grunnlaget presentert i kapittel 4, bør estimering av produksjon per innbygger innebære at alle innsatsfaktorene også gjelder for per innbygger. Til den grad den har vært mulig er innsatsfaktorene transformert til å gjelde per innbygger. Variablene kapital, areal, gjødsel og vanningsystemer er transformert til per innbygger.

*Arbeidere* måler andelen sysselsatte i jordbruket som en prosentandel av total arbeidsstokk. Det gir en indikasjon på om næringen er arbeidsintensiv eller kapitalintensiv. I Afrika jobber rundt halvparten i jordbruket. I mange land er jordbruksnæringen en del av den uformelle sektoren, som betyr arbeidere uten kontrakter eller faste stillinger. Det kan derfor gi noe feil i estimatet (World Bank, 2023c). *Kapital* er bruttoverdi av produsentens aktiva (*assets*) i løpet av regnskapsperioden. For jordbruket er det eiendeler som blir brukt i produksjon, som for eksempel bygg, traktorer, maskiner og lignende. Variabelen for kapital fanger også opp verdien av for eksempel sau som blir brukt til saueproduksjon, men ikke sau som sendes til slakt. Med andre ord forklarer kapitalvariabelen mer enn bare kapital brukt til kornproduksjon. *Areal til kornproduksjon* målt i hektar kan fange opp om størrelsen på næringen har en effekt på produksjon. Videre har jeg valgt å inkludere *gjødsel*, målt som kilo per hektar av dyrkbar jord. Bruk av gjødsel kan spille inn på effektiviteten i produksjonen. I flere utviklingsland subsidieres gjødsel med formål om å øke produksjon (Druihe & Barreiro-Hurlé, 2012). I tillegg inkluderer jeg areal med *vanningsystemer (irrigation systems)*. Tilgang til vanning kan dempe de negative effektene av tørke eller nedbørsvariasjoner. Mendelshohn (2008) finner at klimaendringer har mindre effekt på områder med vanningsystemer. I tillegg kan det forklare teknologisk utvikling i jordbruket.

### **6.3 utfordringer med forklaringsvariablene**

Det er imidlertid flere faktorer som spiller inn i produksjonen, og det er en rekke innsatsfaktorer og variabler som jeg ikke har inkludert i analysen. For å bedre forklaring på forskjeller i produksjon kunne jeg inkludert et estimat på hvordan sektoren er strukturert, som om det er mange små-bønder eller ikke. Flere variabler er ikke inkludert på grunn av mangelfull data og utfordringer med å finne gode estimat. Likevel, med å bruke paneldata vil modellen kontrollere for uobserverbar karakteristika som er konstant over tid og kontrollerer derfor for noe av problemet med utelatte variabler. Jeg har heller ikke inkludert variabel for teknologi eller jordbruksteknologi. Det kan tenkes at dette har vært under mye utvikling og endringer de siste årene. Jordbruksteknologi kan gjøre produksjonen mer effektiv og dermed mer lønnsom. På den andre siden inkluderer jeg tids-fasteffekter i analysen som fanger opp utvikling og teknologisk fremgang over tid. Selv om paneldata kan kontrollere for noe forventingskjevhet på grunn av utelatte variabler, er det fortsatt flere faktorer som kan forklare årsakssammenhengen.

Videre er en utfordring med aggregerte studier at bruk av innsatsfaktorer og tilgang på ressurser kan variere fra land til land. Det er heller ikke gitt at lik bruk innsatsfaktorene har lik effekt i alle områder. En annen utfordring til analysen, er at flere av variablene er estimat på jordbruket som helhet, og ikke kun for kornproduksjon. Dette kan bety at ikke all variasjon blir fanget opp, og gi noe mindre nøyaktige predikasjoner. Likevel utgjør ulike korn en betydelig andel av jordbruket, derfor kan det tenkes jordbruksindikatorer også vil fange opp variasjon i kornproduksjonen.

Til slutt er en utfordring med innsatsfaktorene inkludert i modellen er revers kausalitet, endogenitet og simultanitet. For eksempel kan produksjonen bli påvirket av andel sysselsatte i jordbruket, men andel sysselsatte i jordbruket kan også påvirke størrelsen produksjon. Videre kan gjødsel være avhengig av vanning, som kan antyde avhengighet mellom innsatsfaktorene. Det samme kan gjelde for de andre innsatsfaktorene. Likevel er ikke dette en diskusjon som blir inkludert i lignende studier av en aggregert produksjonsligning, derav (Barrios et al., 2008; Blanc, 2012; Frisvold & Ingram, 1995). Derfor vil heller ikke jeg se nærmere på dette problemet.

#### **Seleksjonsbias**

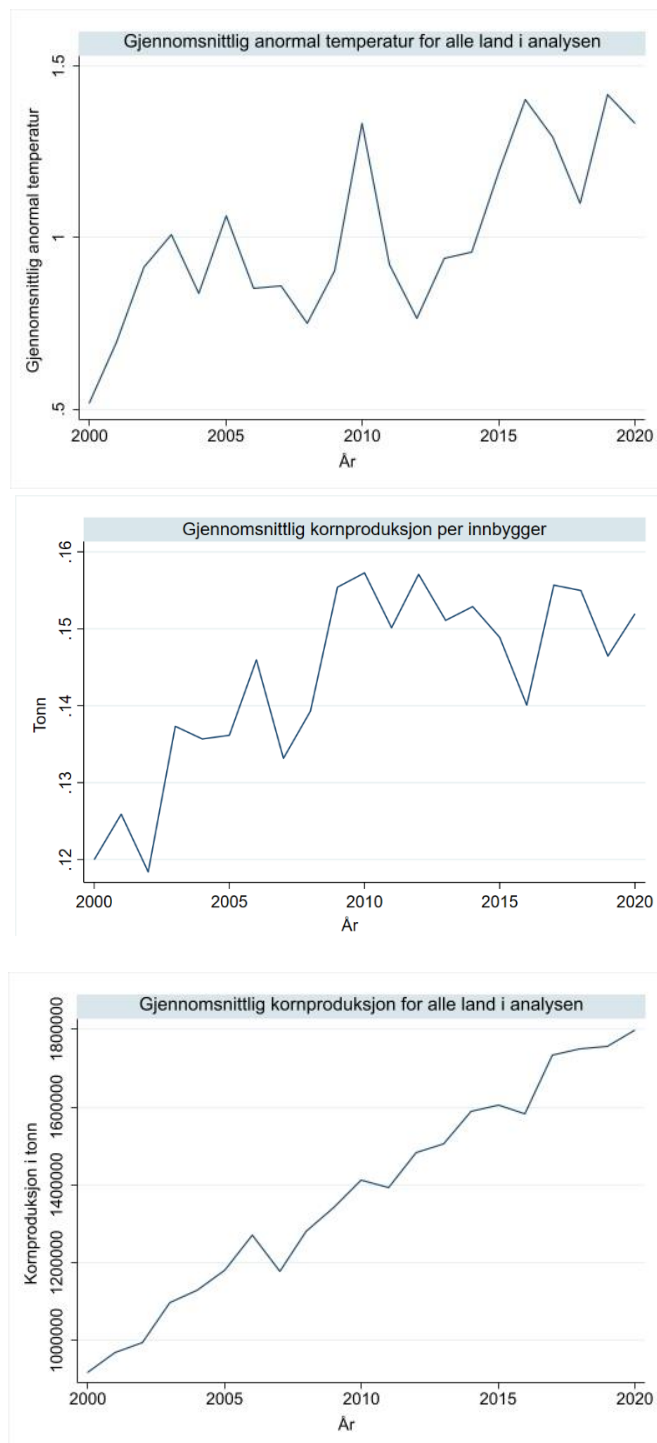
Jeg har ikke inkludert land med mangelfulle observasjoner for variablene, for å oppnå et mer balansert datasett som gir mer nøyaktige estimat. En konsekvens av å droppe ulike land er problemet med seleksjonsbias (Verbeek, 2017). Seleksjonsbias kommer når utvalget kan ha en

påvirkning på resultatet og feilestimerte koeffisienter. Med å fokusere på et kontinent, har jeg allerede utelatt land som kan ha annen innvirkning, og for eksempel er land i Afrika kanskje allerede preget av en type jordbruksnæring som påvirker estimatene. Jordbruksnæringen i Afrika preget av små-bønder, mindre teknologi og lavere produktivitet (Jama & Pizarro, 2008). I tillegg er Afrika kontinentet som kommer til å oppleve flest konsekvenser av klimaendringer. Dette kan forsterke effektene i estimatet, som kan gi seleksjonsbias i analysen.

## 7. Deskriptiv statistikk

I dette kapitlet vil jeg se nærmere på deskriptiv statistikk for utvalget, og for å studere utviklingen i tidsperioden vil jeg sammenligne år 2000 mot 2020. Deretter vil jeg se på forklaringsvariablene inkludert i analysen av produksjonsligningen. For å illustrere utviklingen for produksjon og temperaturendringer over tid har jeg inkludert figurene nedfor. Vi observerer en økende trend i alle figurene.

Figur 2: Utviklingen for produksjon og temperaturendringer i tidsperioden





I *tabell 1* ser vi gjennomsnittlig kornproduksjon for alle land i utvalget, for alle år, år 2000, 2015 og 2020. Følgende har økt med ca. 2,7 millioner tonn fra år 2000 til år 2020. Økningen har vedvart for 2015 til 2020. *Tabell 2* presenter kornproduksjon per innbygger. Gjennomsnittlig kornproduksjon per innbygger for alle år og alle land inkludert i utvalget er på 140kg. Vi ser en økning fra 2000 til 2020 med 20kg. Standardavviket for observasjonene er stort, samt differanse mellom minste og høyeste verdi. Det impliserer forskjeller i produksjon mellom land i utvalget.

*Tabell 1: Deskriptiv statistikk av kornproduksjon i tonn*

Korn- produksjon	Obs	Mean	Std. av.	Min	Max
Alle år	672 <sup>10</sup>	4 594 458	6 538 138	112	3.06e+07
2000	32	3 157 832	5 367 278	623	2.14e+07
2015	32	5 271 113	7 167 635	1108	2.58e+07
2020	32	5 929 627	8 028 765	778	3.02e+07

*Tabell 2: Kornproduksjon per innbygger i tonn*

Kornproduksjon per innbygger	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
Alle år	672	0,14	0,0918	0,0001	0,5097
2000	32	0,12	0,0777	0,0005	0,3108
2015	32	0,15	0,1013	0,0009	0,4447
2020	32	0,16	0,1020	0,0006	0,4878

*Tabell 3* viser variabelen mat-usikkerhet (FIES), som prosentandel av total befolkning som er alvorlig matusikker. Estimater utarbeidet av FAO starter i 2015. Det er flere av landene inkludert i analysen som ikke har observasjoner for alle år, som forklarer økningen fra 24 til 29 observasjoner. I tidsperioden og for landene inkludert har andel matusikre økte fra 18 prosent til 24 prosent. Det er forskjeller mellom land, og selv om det er gjennomgående trend med forverring i matsikkerhet er det land som har opplevd nedgang i mat-usikkerhet<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Alle observasjonsheter for alle år

<sup>11</sup> Et eksempel fra datasettet: Algerie har hatt en nedgang fra 13% til 6,2% mat-usikkerhet i befolkningen. Se appendiks, A2 og A3, for oversikt over utviklingen i mat-usikkerhet for alle land i utvalget.

Tabell 3: Gjennomsnittlig prosentandel av alvorlig mat-usikkerhet i befolkningen

Mat-usikkerhet	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Alle år	162	21,17%	14,18	5,1	61,8
2015	24	18,38%	12,80	5,1	47,7
2020	29	23,95%	15,62	5,6	61,8

Selv om vi observerer økende mat-usikkerhet, ser vi i *tabell 4* en positiv utvikling i BNP per innbygger, målt i dollar. Det indikerer at en større andel av befolkningen har blitt rikere. Fra år 2000 til år 2020 har det vært en betydelig vekst. Samtidig observerer vi en avtagende vekst fra år 2015 til 2020.

Tabell 4: Gjennomsnittlig BNP per innbygger i dollar

BNP per innbygger	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
Alle år	663	1860,34	2014,01	110,46	11645,98
2000	32	926,91	1010,90	122,96	3929,08
2015	31	2193,39	2140,53	351,88	9509,94
2020	31	2119,47	1939,14	435,47	9007,42

I *tabell 5* ser vi utvikling i temperaturendringer for alle land i analysen. I snitt for alle land og alle år har det vært en økning på 1,01°C fra referansenivået til temperaturen. Fra år 2000 til 2020 har anomal temperatur økt med 0,79°C. Som illustrert i *figur 2*, svinger temperaturendringer fra år til år, men det er en gjennomgående positiv trend på lang sikt.

Tabell 5: Gjennomsnittlig anomal temperatur

Temperatur- endring	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
Alle år	671	1,01	0,43	-0,42	2,71
2000	32	0,51	0,35	-0,36	1,09
2015	32	1,24	0,25	0,81	1,95
2020	31 <sup>+</sup>	1,30	0,40	0,42	2,19

<sup>+</sup> Eritrea mangler observasjon for temperatur i 2020.

Tabell 6 viser innsatsfaktorene inkludert i produksjonsligningen. Det er en stor differanse mellom laveste og høyeste verdi på de fleste innsatsfaktorene, som indikerer forskjeller mellom land og størrelse på produksjon. Som nevnt tidligere i oppgaven jobber store deler av den afrikanske befolkningen i jordbruket, og ut fra tabellen under ser vi at 48 prosent jobber i jordbruket. Tabell 7 viser innsatsfaktorene per innbygger.

Tabell 6: Total innsatsfaktor

Variabel	Obs	Mean	Std. dev	Min	Max
%-andel sysselsatte i jordbruket av total arbeidstokk	620	48%	22%	4,6%	83%
Brutto kapital for jordbruket	651	896\$	2452\$	8\$	19002\$
Areal brukt til kornproduksjon	651	2871452 ha	3571150 ha	14 ha	19400000 ha
Areal med vanning, ha	651	399594.3	738722.5	1400	3928000
Gjødselbruk kg per hektar	639	44,34 kg/ha	99,85 kg/ha	0 kg/ha	600,08 kg/ha

Tabell 7: Per innbygger innsatsfaktor

Variabel	Obs	Mean	Std. dev	Min	Max
kapital per innbygger	651	0.0000238\$	.0000256\$	2.15e-06	.0002404
Areal brukt til kornproduksjon per innbygger	651	.1189902	.1029832	.0000109	.6554071
Areal med vanning, ha	651	.0125724	0.014996	.0003507	.0669691
Gjødselbruk kg per hektar	639	8.57e-06	.000038	0	.0003427

I tabell 8 observerer vi en reduksjon fra 53 prosent i 2000 til 42 prosent i 2019<sup>++</sup>. Nedgangen i sysselsatte i næringen samt økt produksjon per innbygger kan indikere en økning i arbeidsproduktiviteten. I tillegg har kapital i jordbruket økt betydelig i tidsperioden, som også kan indikere et mer kapitalintensivt jordbruk. Presentert i tabell 9.

<sup>++</sup> Datasettet mangler observasjoner for arbeidere i jordbruket for 2020.

Tabell 8: Sysselsatte i jordbruksnæringen

Sysselsatte, for år	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
År 2000	32	52,94%	22,39%	9,93%	82,99%
År 2019	32	42,44%	21,49%	5,28%	76,36%

Tabell 9: Gjennomsnittlig aggregert kapital i jorbruket

Kapital, for år	Obs	mean	Std. dev.	Min	Max
2000	31	531,52\$	1251,52\$	11,13\$	6273,62\$
2020	31	1093,87\$	2020,26\$	21,62\$	10878,45\$

For ytterligere undersøkelse av forskjeller mellom land deler jeg landene inn i grupper etter BNP per innbygger. «Lav gruppe» er land med BNP per innbygger mindre enn 1000 USD i gjennomsnitt for hele perioden. «Middels gruppe» ligger mellom 1000 til 2000 USD, og «høy» med BNP per innbygger på mer enn 2000 USD. Antall land i gruppene er inkludert i *tabell 10*. For land med relativ «lav» BNP per innbygger er 64 prosent sysselsatt i jordbruket, 50 prosent for «middels» og 25 prosent for «høy». Dette kan underbygge litteratur om at fattige land har en stor jordbrukssektor (Mendelsohn et al., 2006).

Tabell 10: Sysselsatte i jordbruksnæringen gruppert etter BNP per innbygger

Sysselsatte, etter BNP per innbygger	Land	Mean	Std. dev.	Min	Max
«Lav»	15	63,78%	15,21%	26,21%	82,99%
«Middels»	7	49,89%	10,52%	29,75%	72,26%
«Høy»	10	24,81%	13,21%	4,62%	51,23%

I *tabell 10* kan vi observere at fattige land har en større jordbrukssektor. Det kan implisere at store deler av befolkningen er avhengig av inntekt fra jordbruket. Som videre kan bety en større sårbar befolkning for klimaendringer, om klima har en effekt på produksjon. Sistnevnte motiverer ligningssystemet introdusert innledningsvis i oppgaven. I korrelasjonsmatrisen, *tabell 11*, kan vi se nærmere på korrelasjon mellom variablene i ligning for mat-usikkerhet i ligningssystemet.

Tabell 11: Parvis korrelasjon mellom mat-usikkerhet og andre variabler

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Mat- usikkerhet	Andel underernærte	Kornproduksjon totalt	Kornproduksjon per innbygger	Lønn fra jordbruket	Temperatur- endringer
(1) Mat- usikkerhet	1.0000					
(2) Andel underernærte	0.5940*	1.0000				
(3) Kornproduksjon totalt	- 0.2727*	-0.2740*	1.0000			
(4) Kornproduksjon per innbygger	- 0.1670*	0.3214*	0.4871*	1.0000		
(5) Lønn fra jordbruket	- 0.5693*	0.3500*	-0.1623	-0.4802*	1.0000	
(6) Temperatur- endringer	- 0.0908	-0.2343*	0.0464	0.1105*	-0.0916	1.0000

Som forventet er det stor korrelasjon mellom andelen matusikre og underernærte, med 59 prosent korrelasjon. Kornproduksjon per innbygger har 16,7 prosent og total produksjon har 27 prosent korrelasjon med mat-usikkerhet. Korrelasjonen er ikke stor, som underbygger hypotesen om andre faktorer enn endringer i jordbruket som fører til økt mat-usikkerhet. Videre er det er en sterk korrelasjon mellom lønn fra jordbruket og mat-usikkerhet, med en negativ korrelasjon på 56 prosent. Samtidig er det svært få observasjoner for lønn, som gir svakere grunnlag for estimering. Til slutt er det ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom mat-usikkerhet og temperaturendringer.

Fra den deskriptive statistikken observerer vi en utvikling gjennom tidsperioden. Kornproduksjon har økt og produksjon per innbygger har hatt en svak men positiv stigning. Andelen sysselsatte i jordbruket har gått ned og kapital har økt, som kan indikerer høyere arbeidsproduktivitet og en teknologisk utvikling. I tillegg observerer vi en økning i BNP per innbygger. Til tross for dette observerer vi en økning i mat-usikkerhet. Videre ser vi også en økning i temperaturverdier. På den andre siden ser vi ingen sterk korrelasjon mellom mat-usikkerhet og temperaturendringer. Om økningen i temperatur har positiv eller negativ effekt på jordbruket og matsikkerhet vil undersøkes i analysen av kornproduksjon, og til slutt i analysen av mat-usikkerhet.

## 8. Analyse av kornproduksjon per innbygger

Hovedvekten av analysen er på effekten av temperaturendringer på kornproduksjonen per innbygger i utvalgte land i Afrika. Matproduksjon faller under aspektet tilgjengelighet for matsikkerhet. Jeg estimerer følgende ligning,

$$\begin{aligned} \text{Log}(y_{it}) = & \alpha_i + \lambda_t + \beta_1 \log(T_{it}) + \beta_2 \log(N_{it}) + \beta_3 \log(A_{it}) + \beta_4 \log(G_{it}) + \beta_5 \log(K_{it}) \\ & + \beta_6 \log(V_{it}) + \beta_7 \log(L_{it}) + u_{it} \end{aligned}$$

Kornproduksjon ( $y$ ), areal for kornproduksjon ( $A$ ), gjødselbruk ( $G$ ), kapital ( $K$ ) og areal med vanning ( $V$ ) er transformert til per innbygger. Antall sysselsatte i jordbruket ( $L$ ) er oppgitt som prosent av total arbeidstokk. Temperatur ( $T$ ) og nedbør ( $N$ ) er endringer fra et referansemål. Variablene er log-transformert for å forbedre fordelingen av observasjonen, «reduere» tilfeller av ekstremverdier, og for lettere tolkning av estimatene. Variabelen  $\alpha_i$  og  $\lambda_t$  er for steds- og tids-fasteffekter.

Kolonne (1) til (6) er de ulike regresjonsmodellene som estimeres, og på venstre side er de inkluderte forklaringsvariablene. Resultatene er presentert i tabell 12, på neste side.

Tabell 12 Resultat for analyse av kornproduksjon

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Log	Log	Log	Log	Log	Log
	Kornproduksjon per innbygger	Kornproduksjon per innbygger	Kornproduksjon per innbygger	Kornproduksjon per innbygger	Kornproduksjon per innbygger	Kornproduksjon per innbygger
	<i>OLS</i>	<i>FE</i>	<i>FE</i>	<i>FE</i>	<i>FE</i>	<i>FE</i>
Log temperatur	0.0193*** (0.00526)	-0.0138*** (0.00403)	-0.0135*** (0.00429)	-0.0105*** (0.00328)		-0.0105*** (0.00337)
Log nedbør			0.00274 (0.00722)	0.00692 (0.00603)		0.00692 (0.00619)
Log sysselsatte				0.0192 (0.0167)	0.0138 (0.0169)	0.0192 (0.0171)
Log areal med vanning /innbygger				0.00264 (0.00997)	0.00325 (0.00912)	0.00264 (0.0102)
Log areal til kornproduksjon /innbygger				0.0366* (0.0180)	0.0372* (0.0192)	0.0366* (0.0185)
Log gjødsel per kg/ha /innbygger				0.00144 (0.000956)	0.00164 (0.000976)	0.00144 (0.000982)
Log kapital /innbygger				0.0265*** (0.00869)	0.0276*** (0.00818)	0.0265*** (0.00893)
Sentral						0.00703 (0.0562)
Sør						-0.0480** (0.0210)
Øst						0.0608* (0.0302)
Vest						0.0400** (0.0177)
Nord						
Konstant	0.136*** (0.00310)	0.0987*** (0.00899)	0.0866** (0.0331)	0.429*** (0.0962)	0.511*** (0.0926)	0.388*** (0.0916)
Observasjoner	641	641	641	599	607	599
R-squared	0.021	0.142	0.143	0.329	0.304	0.887
Tidsfaste effekter	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Landfaste effekter	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Robuste standardfeil	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Antall land		31	31	31	31	

Robuste standardfeil i parentes  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

I modell (1) analyseres en lineær regresjon, uten hensyn til panelstruktur. Sammenhengen mellom kornproduksjon per innbygger og temperaturendringer er positiv og statistisk signifikant. Likevel er det tenkelig at koeffisienten ikke gir korrekte predikasjoner, siden antagelsene for en enkel regresjon estimert med MKM ikke holder i modellen. I tillegg er ikke retningen på estimatet som forventet. Litteraturen presentert tidligere finner denne sammenhengen som negativ.

For en mer konsistent analyse estimeres en panelregresjon med land-fasteffekter for å fange opp uobserverbar heterogenitet mellom landene, og tids-fasteffekter for å fange opp invariante faktorer som endrer seg likt over tid for alle landene. I tillegg blir «clustrede»-standardfeil brukt for å kontrollere for autokorrelasjon og heteroskedastisitet. Likevel kan det tenkes å være svakheter i analysen på grunn av målefeil i variablene og endogenitet i modellen. Det er også mulig at effekten av temperatur er feilestimert på grunn av utelatte variabler som forklarer variasjon i produksjon.

I modell (2) er land- og tids-fasteffekter inkludert. Retningen på estimatet er negativt, som samsvarer med tidligere litteratur, og estimatet for temperatur er statistisk signifikant. Resultatene er signifikante, men effekten er imidlertid svært liten. En prosentvis endring i temperatur vil redusere produksjon per innbygger med 0,014 prosent. I modell (3) inkluderes nedbørsendringer, uten noen signifikant effekt på produksjon. En negativ effekt på produksjon med temperaturendring samsvarer med Barrios et al. (2008) og Affoh et al (2022). I tillegg finner begge en signifikant og positiv effekt for nedbørsendringer, som ikke samsvarer med mine funn.

I modell (4) inkluderes de resterende forklaringsvariablene. Det er en robust sammenheng mellom estimatet for temperaturendringer og kornproduksjon per innbygger. Kapital og areal for kornproduksjon er signifikant og predikerer en positiv sammenheng. En prosentvis endring i kapital og areal vil gi en prosentvis økning i produksjonen per innbygger. I modell (5) estimeres modellen uten klimavariabler, og estimatene for innsatsfaktorene forblir relativt uendret.

I modell (6) har jeg inkludert en dummyvariabel for de ulike geografiske områdene<sup>12</sup>. Det er en signifikant forskjell mellom de ulike områdene, med land i nord som referanse. Det er bare to land inkludert for sentral, og dermed få observasjoner til å estimere effekt. Barrios et al.

---

<sup>12</sup> Etter inndeling fra: University of Pittsburgh (2023) <https://pitt.libguides.com/c.php?g=12378&p=65815>



(2008) finner at land i sentral opplever en negativ effekt av temperatur på produksjon, de har imidlertid flere land inkludert i analysen. For å undersøke sensitiviteten til analysen har jeg utelatt et og et geografisk område for å fange opp om et område forklarer spesielt mye av variasjonen. Estimatet for temperatur er robust. Resultatene presenteres i *tabell A4* i appendiks.

### **Interaksjonsvariabler**

For å undersøke forskjeller i utvalget har jeg estimert modellene med interaksjonsvariabler mellom temperatur og to ulike dummyvariabler. En interaksjonsvariabel undersøker om effekten av en avhengig variabel på utfallvariabelen er bestemt av en annen kontrollvariabel. Dummyvariablene inkludert er sysselsatte i næringen på mindre (1) eller mer (0) enn 50 prosent, og BNP per innbygger på mer (1) eller mindre (0) enn 1500 dollar. Land med dummy 0 er forventet å være relativt fattigere enn land med dummy 1. Resultatet presenteres i *tabell 13*, på neste side.

Tabell 13 Resultat for analyse av kornproduksjon med interaksjonsvariabler

	(1)	(2)	(3)
	Log kornproduksjon per innbygger	Log kornproduksjon per innbygger	Log kornproduksjon per innbygger
Log temperatur	-0.0135*** (0.00392)	-0.0150*** (0.00425)	-0.0123*** (0.00373)
Log nedbør	0.00822 (0.00584)	0.00789 (0.00618)	0.00710 (0.00638)
Log sysselsatte	0.0199 (0.0176)	0.0207 (0.0175)	0.0199 (0.0172)
Log areal med vanning /innbygger	0.00276 (0.0110)	0.00258 (0.0107)	0.00257 (0.0103)
Log areal til kornproduksjon /innbygger	0.0357* (0.0187)	0.0358* (0.0187)	0.0364* (0.0186)
Log gjødsel per kg/ha /innbygger	0.00125 (0.00101)	0.00132 (0.00103)	0.00142 (0.00101)
Log kapital /innbygger	0.0268*** (0.00893)	0.0267*** (0.00903)	0.0265*** (0.00899)
Dummy BNP	-0.0628* (0.0316)	0.0552** (0.0207)	
Dummy sysselsatte	0.114*** (0.0364)		0.0513** (0.0193)
Temp*dummy BNP	0.0162** (0.00664)	0.00836* (0.00419)	
Temp*dummy sysselsatte	-0.00973 (0.00736)		0.00297 (0.00486)
Konstant	0.325*** (0.0936)	0.322*** (0.0926)	0.334*** (0.0944)
Observasjoner	599	599	599
R-squared	0.888	0.888	0.887
Tidsfaste effekter	Ja	Ja	Ja
Landfaste effekter	Ja	Ja	Ja
Robuste standardfeil	Ja	Ja	Ja

Robuste standardfeil i parentes  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Modell (1) inkluderer en interaksjonsvariabel mellom temperatur og dummy for BNP per innbygger og en interaksjon mellom temperatur og dummy for andel sysselsatte i jordbruket. Dummykoeffisienten for sysselsatte predikerer at land med lavere andel sysselsatte i jordbruket vil ha en høyere produksjon per innbygger. Dummykoeffisienten for BNP per innbygger predikerer, ikke som forventet, at land med relativt høyere BNP per innbygger vil ha en lavere gjennomsnittlig produksjon. Interaksjonskoeffisienten i modell (2) predikerer at i land med høyere BNP per innbygger vil ha en mindre effekt av temperaturendringer på produksjon. Modell (3) predikerer ingen signifikant sammenheng der effekten av temperatur på produksjon er avhengig av andel sysselsatte i jordbruket.

## Utvalget delt etter inntektsforskjeller og arbeidsintensivt jordbruket

Et mål med oppgaven er å undersøke om noen land er mer sårbare for matsikkerhet og klimaendringer enn andre. Landene deles i grupper etter BNP per innbygger, som en indikasjon på om befolkningen i utvalget er relativt fattig eller rik. Og i grupper etter mer eller mindre enn halvparten av befolkning sysselsatt i jordbruket, som en indikasjon på om næringen er arbeids- eller kapitalintensiv. Modellene er estimert som panelregresjon med land- og tids- effekter. På grunn av færre observasjoner kan det gi noe mindre konsistente estimat. Utfallsvariabelen er fortsatt kornproduksjon per innbygger, og resultatene presentert i *tabell 14* inndelt etter dummyvariabel-gruppene.

Tabell 14 Resultat for analyse av kornproduksjon inndelt i ulike grupper

	(1) Lav BNP per innbygger	(2) Høy BNP per innbygger	(3) >50% sysselsatt i jordbruket	(4) <50% sysselsatt i jordbruket
Log temperatur	-0.0116** (0.00439)	-0.00430 (0.00412)	-0.0133** (0.00444)	-0.00548* (0.00274)
Log nedbør	0.00781 (0.00655)	0.00810 (0.00935)	0.0190** (0.00827)	0.00173 (0.00672)
Log sysselsatte	0.0202 (0.0231)	0.0213 (0.0173)	0.0189 (0.0279)	0.0124 (0.0173)
Log areal med vanning /innbygger	0.00571 (0.0104)	0.000316 (0.0229)	0.00112 (0.0254)	0.00490 (0.00680)
Log areal til kornproduksjon /innbygger	0.0878*** (0.0140)	0.0179* (0.00941)	0.0777*** (0.0177)	0.0280* (0.0153)
Log gjødsel per kg/ha /innbygger	0.00154 (0.00104)	-0.00300 (0.00487)	-0.000341 (0.00146)	0.00211** (0.000973)
Log kapital /innbygger	0.0236** (0.00979)	0.0191 (0.0148)	0.0225* (0.0107)	0.0264*** (0.00752)
Konstant	0.535*** (0.0911)	0.190 (0.119)	0.387** (0.144)	0.467*** (0.124)
Observasjoner	450	149	275	324
R-squared	0.488	0.290	0.504	0.273
Antall land	23	8	14	17
Tidsfaste effekter	Ja	Ja	Ja	Ja
Landfaste effekter	Ja	Ja	Ja	Ja
Robuste standardfeil	Ja	Ja	Ja	Ja

Robuste standardfeil i parentes  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

For land med relativt lavere BNP per innbygger i modell (1), er effekten av temperatur på produksjon signifikant. En prosentvisendring i temperatur reduserer produksjon med 0,01 prosent. For relativt rikere land, modell (2), er det ingen statistisk sammenheng. Resultatene samsvarer med litteratur av Mendelsohn et al. (2006), som trekker frem de fattigste som mest sårbare for klimaendringer.

Modell (3) og (4) er estimert for land med mer eller mindre enn halvparten sysselsatt i jordbruket. I modell (3) kan vi observere en signifikant og negativ effekt for temperatur, og en mindre effekt av temperatur i modell (4), for land med mindre arbeidsintensivt jordbruk. I modell (3) predikerer nedbør en positiv effekt, som samsvarer med (Barrios et al., 2008), (Affoh et al., 2022), (Belloumi, 2014). Alt annet likt, i modell (3) og (4), vil en prosentvis økning i areal for produksjon gi en større prosentvis økning i produksjon for land med flere sysselsatt i jordbruket, enn land med lavere andel sysselsatt i jordbruket. Kapital har en sterkere effekt, i modell (4), for land med færre sysselsatt i jordbruket.

Formålet med å estimere produksjon av korn er å undersøke nærmere om tilgjengelighet av mat blir påvirket av klimaendringer. Jeg vil fortsette med å estimere mat-usikkerhet. Deretter diskuterer jeg nærmere resultater og utfordringer med analysen.

## 9. Analyse av matsikkerhet

I et forsøk på å forklare mekanismen for effekten av temperaturendringer på mat-usikkerhet, introduserte jeg et ligningssystem med en ligning for lønn, en produksjonsligning og en funksjon for matsikkerhet. Til nå har jeg estimert produksjonsligningen, og fortsetter med å estimere ligning (3). Innledningsvis argumenterte jeg for at ligningene kan estimeres separat om det ingen korrelasjon mellom feilleddene til variablene.

$$(3) \text{ Matusikkerhet}_{it} \\ = \gamma_{0i} + \tau_{2t} + \gamma_1 \text{Temperatur}_{it} + \gamma_2 \text{Lønn fra jordbruket}_{it} \\ + \gamma_3 \text{Kornproduksjon per innbygger}_{it} + \text{Andre faktorer} + \text{feilledd}_{it}$$

Jeg estimerer ligning (3), med andel matusikre i befolkningen som utfallsvariabel. Forklaringsvariablene er lønn fra jordbruket og kornproduksjon per innbygger. Jeg har inkludert gjennomsnittlig månedslønn fra jordbruket da det kan tenkes å være en av mekanismene bak effekten av temperatur på matsikkerhet. Klima kan ha en effekt på inntekt, som videre påvirke matsikkerhet (Vermeulen et al., 2012). Jeg inkluderer temperaturendringer og en HDI-indeks, for sosiale forhold i land, som kontrollvariabel.

På grunn av svært få observasjoner for lønn estimerer jeg modellene uten hensyn til panelstruktur og heterogenitet mellom landene. I et forsøk på å fange opp noen forskjeller i utvalget inkluderes en dummyvariabel for andel sysselsatt i jordbruket. Dummyvariabelen er statistisk signifikant for alle modellene og indikerer at land med mindre enn halvparten sysselsatt i jordbruket vil ha lavere gjennomsnittlig mat-usikkerhet<sup>13</sup>. Modellen estimeres imidlertid bare for 31 observasjoner, som er få observasjoner til å trekke gode konklusjoner.

I *tabell 15* er ligning (1) til (5) estimert med vanlig OLS etter antagelsen om det ikke er korrelasjon mellom feilleddene i ligningssystemet. Modellen gir forventningsskjev estimat ved korrelasjon mellom utfallsvariabel og feilledd, og korrelasjon mellom feilleddene til ligningene i ligningssystemet. Ved antagelse om endogenitet i modellen er en instrumentvariabel-modell mer hensiktsmessig. På grunn av få observasjoner har jeg valgt å estimere modellen med OLS. Resultatene presenteres i *tabell 15*.

---

<sup>13</sup> Fra andre t-tester utført er den en signifikant forskjell mellom gruppene

Tabell 15 Resultat for analyse av mat-usikkerhet

	(1) Mat- usikkerhet	(2) Mat- usikkerhet	(3) Mat- usikkerhet	(4) Mat- usikkerhet	(5) Mat- usikkerhet
Temperatur	1.373 (5.534)	-3.557 (2.371)	-0.916 (4.664)	4.282 (3.950)	4.778 (3.941)
Lønn fra jordbruket	-0.0207*** (0.00468)		-0.0262*** (0.00776)	-0.0202*** (0.00639)	-0.0272*** (0.00861)
Log kornproduksjon /innbygger		-27.70 (19.91)	-29.06 (24.44)	-46.50** (20.04)	-30.34 (24.05)
Dummy sysselsatte				-12.63*** (3.143)	-13.03*** (3.135)
HDI-indeks					26.14 (21.90)
Konstant	23.39** (8.561)	28.94*** (4.588)	31.68*** (9.980)	33.96*** (8.008)	18.61 (15.11)
Observasjoner	31	160	31	31	31
R-squared	0.327	0.029	0.360	0.605	0.627
Robuste standardfeil	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Robuste standardfeil i parentes

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Temperatur som, som inngår i alle regresjonene, har ikke en statistisk signifikant sammenheng med mat-usikkerhet. Alle modellene predikerer en negativ sammenheng mellom mat-usikkerhet og lønn fra jordbruket. Modell (1) predikerer ved en økning i gjennomsnittlig månedlig inntekt med 1 dollar vil andel matusikre i befolkningen reduseres med 0,02 prosent. Estimater er robuste, da det ikke endres betydelig ved å inkludere flere variabler. Estimater for produksjon per innbygger er lite robuste. Produksjon per innbygger predikerer signifikante verdier når temperatur og dummyvariabelen inkluderes, vist i modell (4). Modellen predikerer at en prosentvis økning i produksjon reduserer andelen matusikre med 0,46 prosent. Til slutt i modell (5) kontrollerer jeg effekten med en HDI-indeks. HDI-indeksen er ikke statistisk signifikant.

Innledningsvis argumenterte jeg for at på grunn av mangelfull data vil estimering av ligningen for matsikkerhet mest sannsynlig ikke gi grunnlag til å trekke gode konklusjoner. Jeg velger likevel å estimere modellen for matsikkerhet med vanlig OLS, ved å forutsette ingen korrelasjon mellom feilleddene. En utfordring med analysen er endogenitet. Hadde jeg hatt mer data til rådighet kunne en *two-stage-least-squares*-modell (2SLS) vært mer hensiktsmessig, med å bruke de predikerte verdiene for produksjon og lønn.

Med bakgrunn fra modellen til Dasgupta og Robinson (2022) introduserte jeg et ligningssystem med tre ligninger. Derfor kunne det vært hensiktsmessig å anvende *three-stage-least-square* (3SLS), for å fange opp endogeniteten mellom feilleddene til ligningene. 3SLS er en utvidelse av to-steps-metoden. Der modellene estimeres med 2SLS, men hele ligningssystemet estimeres samtidig (Zellner & Theil, 1962). Metoden tar hensyn til ligningene i systemet. På grunn av svært få observasjoner er det begrenset hvilke konklusjoner en kan trekke fra resultatet med metoden. Likevel har jeg utført analyser med 2SLS og 3SLS, uten å gi det mer fokus. Resultater fra 2SLS og 3SLS er inkludert i appendiks, *tabell A5* og *A6*. En interessant observasjon er at estimatene fra 3SLS ikke avviker betydelig fra regresjon (5) med OLS, presentert i *tabell 15*.

## 10. Oppsummerende diskusjon

Matsikkerhet er et komplekst bilde, som kan gjøre det utfordrende å estimere som helhet. I oppgaven har jeg brukt et estimat på andelen matusikre i befolkningen, utarbeidet av FAO. Det er basert på en spørreundersøkelse med spørsmål om tilgang på mat og opplevelse av sult. Estimaten blir brukt av Dasgupta og Robinson (2022) når de finner en negativ effekt av temperaturendringer på matsikkerhet. De har ikke vektlagt hvilke kanaler temperatur påvirker matsikkerhet. Derfor har jeg gjort et forsøk på å se nærmere på årsakssammenhengene der temperatur påvirker matsikkerhet. Hovedfunnene i oppgaven er at temperaturendring har en negativ effekt på kornproduksjon per innbygger, og effekten er større for fattige land og land med mer arbeidsintensivt jordbruk. I tillegg vil økt lønn fra jordbruket redusere mat-usikkerhet i befolkningen.

Den deskriptive statistikken viser utvikling i tidsperioden med økning i temperatur fra sitt referansemål. Vi ser en motstridende sammenheng der BNP per innbygger, total kornproduksjon og kornproduksjon per innbygger øker, mens matsikkerhet synker. Fokus i oppgaven har vært på å estimere effekten av temperatur på kornproduksjon, som en kanal der temperatur påvirker på matsikkerhet. Litteraturen presentert i oppgaven finner negative effekter av klimaendringer på jordbruket. Barrios et al. (2008) finner større effekter av klima på jordbruket for land sør for Sahara enn andre utviklingsland. Affoh et al. (2022) undersøker klimaendringers effekt på tre av dimensjonene til matsikkerhet. De konkluderer med at de negative effektene på produksjon, vil øke priser og dermed redusere konsummuligheter for de fattige.

For å se nærmere på produksjon introduserte jeg en klassisk produksjonsligning der sammensetningen av innsatsfaktorer forklarer produksjonen. Just og Pope (1979) kritiserte den klassiske ligning for å ikke inkludere risiko, som kan påvirke produsentens tilpasning på mikronivå. Klima kan være en risiko i produksjon. I den aggregert produksjonsligningen inkluderte jeg forklaringsvariabelen temperatur, som kan være en type risiko i produksjon. Det kan være andre begrensinger ved å estimere produksjon som bare er avhengig av gitte innsatsfaktorer. Den vil ikke fange opp om produsentene adapterer til klimaendringer ved å gjøre endringer i sammensetningen av innsatsfaktorer for å profittmaksimere gitt forholdene<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Mendelsohn et al. (1994) tar hensyn til dette i sin studie med å estimere med en Ricardiansk tilnærming.



(Barrios et al., 2008). Dette kan være et viktig element som analysen i oppgaven ikke fanger opp.

### **10.1 Lønn**

Innledningsvis introduserte jeg en ligning for lønn. Hensikten var å undersøke en mekanisme der temperatur påvirker matsikkerhet. Derfor ser jeg på lønn fra jordbruket og ikke lønn for flere sektorer. Det finnes lite litteratur om sammenhengen mellom klimaendringer og lønn. Banerjee (2007) finner at ekstreme klimahendelser kan påvirke arbeidsmarkedet og lønninger i Bangladesh. Klimaendringer kan også påvirke lønninger for mennesker som ikke jobber i jordbruket gjennom indirekte effekter, om jordbrukslønningene påvirker andre markeder (Hertel & Rosch, 2010). Større lønnsfluktuasjoner kan føre til sårbarhet for matsikkerhet, siden fattige bruker opp mot halvparten av inntekt på matkonsum (Von Braun, 2008).

Nedgang avlinger kan gi høyere priser, samt lavere lønninger, som kan gi mindre kjøpekraft og dermed forverre matsikkerhet. Derimot finner Ahmed et al. (2009) for et utvalg av 16 utviklingsland, inkludert 5 afrikanske land, at sysselsatte i jordbruket er mindre sårbare for klimaendringer enn de som ikke er avhengig av inntekt fra jordbruket. De hevder at økte priser gir mindre mulighet for konsum av mat, men samtidig kan økte priser gi høyere inntekt for produsentene i jordbruket. Hvordan det påvirker arbeidere belyser de ikke.

### **10.2 Kornproduksjon**

Resultatene for kornproduksjon per innbygger indikerer at en prosentvis temperaturendring vil gi en prosentvis nedgang i kornproduksjonen per innbygger med 0,01 prosent. Resultatet er signifikant og robust. Resultatene fra analysen i oppgaven predikerer en liten effekt på produksjon, sammenlignet med Barrios et al. (2008). Imidlertid er deres resultat signifikant ved 0,01% signifikansnivå, mens mine resultater er signifikante ved 0,1% signifikansnivå. De finner en prosentvis reduksjon i aggregert jordbruksproduksjon med 0,7 prosent med en prosentvis endring i gjennomsnittstemperatur. De undersøker imidlertid en mye lengre tidsperiode, fra 1961 til 1997. Det kan tenkes at tidsperioden som estimeres kan spille inn på effekten av temperaturendringer.

For å undersøke om sosiale forhold i land spiller inn på effekten av temperaturendringer deler jeg utvalget, *tabell 14*. Utvalget deles i «lav» og «høy» BNP per innbygger, og etter mer eller mindre enn halvparten sysselsatt i jordbruket. Temperaturendringer har en signifikant effekt med nedgang i produksjon på 0,013 prosent for land med mer enn halvparten sysselsatt i jordbruket. Sammenlignet med land med mindre enn halvparten, som har en prosentvis nedgang på 0,005. Det indikerer at land med en arbeidsintensiv sektor blir mer påvirket av

klimaendringer, som kan bety at mer kapitalintensive land er mer rustet for klimaendringer. Fordi kapitalintensive land kan ha mer teknologi til å tilpasse seg utfordringene i jordbruket med økte temperaturer. Det har noe samsvarer med mikrostudien av Hassan og Nhemachena (2008) for 8000 gårder i 11 afrikanske land. De hevder at gårder med mer tilgang på kapital og teknologi har større sannsynlighet for å sette i gang tiltak for å tilpasse seg klimaendringer.

For relativt fattigere land finner jeg at en prosentvis økning i temperaturendring gir en nedgang i produksjon på 0,01 prosent, mot ingen signifikant effekt for relativt rikere land. Dette samsvarer med litteratur om at fattige land er mer sårbare for klimaendringer (Mendelsohn et al., 2006). Alle land inkludert i analysen er land på verdensbasis som anses som fattige. Derfor kunne det vært forventet at begge gruppene ville hatt en signifikant effekt. Likevel har mer enn dobbelt så mange i utvalget gjennomsnittlig BNP per innbygger under 1500\$. Ulik størrelse på gruppene kan føre til mindre presise estimat, men det kan også tenkes at en marginal økning i temperatur kan være mer utslagsgivende for relativt fattigere land.

Forskjellene mellom gruppene kan underbygge hypotesen om at fattige er mer utsatt for klimaendringer, og deretter mer sårbare for matsikkerhet. Den negative effekten jeg finner er robust og samsvarer med litteraturen, men resultatene predikerer en liten effekt. Resultatene sier ingenting om hvilken effekt det har på fortjenesten i produksjonen eller lønn for sysselsatte, som er sentrale spørsmål for videre forskning. Likevel kan det indikere at land med større jordbrukssektor er mer sårbare for klimaendringer.

### **10.3 Matsikkerhet**

I oppgaven har jeg gjort et forsøk på å studere mekanismer der temperatur har en effekt på matsikkerhet. Resultatene viser at en gjennomsnittlig økning i lønn med 1 dollar gir en reduksjon i andel matusikre på rundt 0,02 prosent. Sammenhengen mellom lønn og matsikkerhet er veldig robust. Sammenheng mellom kornproduksjon og matsikkerhet er derimot ikke robust eller særlig signifikant. Resultatene kan indikere at produksjon og fysisk tilgjengelig mat ikke har en betydelig effekt på matsikkerhet. Det er heller de indirekte effektene produksjon har på lønn eller priser som er vesentlig for matsikkerhet. Dette samsvarer med Sen (1981) som påpeker at sult ikke handler om at det ikke finnes tilstrekkelig med mat, men heller den økonomiske tilgangen til mat. Sammenhengen mellom lønn fra jordbruket og matsikkerhet kan indikere at land med større jordbruksnæring er mer sårbare for matsikkerhet på grunn av klimaendringer. Dette samsvarer med funn fra analysen av produksjonslikningen.

Det kan også være andre årsaker som forklarer at produksjonsendringer ikke utgjør de største forskjellene på matsikkerhet. Land i Afrika har stort konsum av kassava<sup>15</sup>, som ikke inngår i analysen. Produksjonsendringer for kassava kunne hatt en annen effekt på matsikkerhet. Imidlertid utgjør ulike kornsorter til sammen en stor del av matkonsumet, og blir derfor brukt i analysen (FAO, 2022b). En annen faktor som kan antyde lite effekt av produksjon er høy matimport for mange land i Afrika, og dermed importeres også matpriser fra andre land (Okou et al., 2022).

#### **10.4 utfordringer med analysen**

På grunn av svært få observasjoner i analysen av mat-usikkerhet er det svakheter i modellen. Som konsekvens er modellen estimert uten hensyn til panelstruktur, heterogenitet mellom land og avhengighet mellom år. Dermed er det utfordrende å trekke gode konklusjoner fra resultatene. Med hensyn til forskjeller i utvalget inkluderte jeg en dummyvariabel for andelen sysselsatte i jordbruket. En begrensning med dummyvariabelen er at den er delt etter gjennomsnitt for landet over hele tidsperioden, og fanger derfor ikke opp utviklingen i perioden. I tillegg er det andre manglende variabler som forklarer mat-usikkerhet, og utelatte variabler kan forklare uobserverbar variasjon i mat-usikkerhet.

For fremtidige analyser av mat-usikkerhet, kan det være mer hensiktsmessig å anvende en modell med panelstruktur med flere observasjoner, og en instrumentvariabel-modell for å kontrollere for endogenitet i modellen. En utfordring med analysen er sannsynlig korrelasjon mellom feilleddet til lønn fra jordbruket og feilleddet til kornproduksjon. Det kan tenkes at lønn fra jordbruket blir bestemt av tilbud og etterspørsel i produksjon, som blir påvirket av produksjonsendringer (Hertel & Rosch, 2010) (Pandey, 1973).

For produksjonsligningen kan aggregerte størrelser spille inn på resultatene. Det kan være store variasjoner i klima innad i land, som kan indikere lokale forskjeller i produksjon. Det blir ikke fanget opp analysene, siden jeg har sett på effekten av klima på land som helhet. Jeg har ikke tatt høyde for variasjon i matkonsum eller matproduksjon på tvers av eller innad i land, som kan føre til variasjon i produksjon. For estimeringen av produksjon bruker jeg paneldata med land-fasteffekter, som skal fange opp noe variasjon mellom landene. Likevel vil det fortsatt være uobserverbar heterogenitet som kan påvirke resultatene, og vi tar heller ikke hensyn til variasjoner innad i landet. Tids-fasteffekter kontrollerer for utvikling over tid, og kontrollerer

---

<sup>15</sup> Kassava er en buskvekst som konsumeres mye i land i Afrika. Den inngår ikke som en del av kornproduksjon.

uheldigvis også for klimatilpasningene som produsentene gjør over tid (Mendelsohn & Dinar, 2009).

En annen faktor som paneldata med land- og tid-fasteffekter ikke fanger opp er «spill-over-effekter» mellom landene. Politiske endringer i et land kan gi ringvirkninger i andre land, og påvirke resultatene (J. M. Wooldridge, 2021). Det kan tenkes at produksjon i et land kan påvirke land i nærheten, gjennom eksempelvis handel eller migrasjon. Migrasjon kan ha en innvirkning på sysselsetting og næringsstruktur. Til slutt kan det være store forskjeller mellom ulike områder i Afrika, som kan bety utfordringer med å sammenligne på tvers av land.

### **10.5 Videre forskning**

For videre forskning er det relevant å undersøke effekt av temperaturendringer på lønn fra jordbruket. Siden det er en mulig mekanisme bak effekten av temperaturendringer på matsikkerhet som Dasgupta og Robinson (2022) finner.

Et annet aspekt som kunne vært interessant å inkludere i videre forskning av produksjon i sammenheng med matsikkerhet er hvordan styresett i land spiller inn. Eksempelvis, hvordan spiller import og distribusjon av gjødsel inn på gjødselkonsum? Og i tilfeller med begrenset tilgang på gjødsel drives distribusjonen av bestikkløst? Andre aspekter på produksjon og styresett, kan være eiendomsrett. Vil det kunne ha en effekt på fortjeneste, eller en forsterkende effekt på klimatilpassede tiltak i land med mer eiendomsrett. For matsikkerhet og styresett hevder Candel (2014) at styresett kan ha en betydning for matsikkerhet. Eksempel fra Schmidhuber og Tubiello (2007) er Hong Kong og Singapore, to land uten egen produksjon, men heller ingen stor mat-usikkerhet. I motsetning til India som har høy jordbruksproduksjon samtidig som mange lever i usikkerhet til mat. Ut ifra dette er heller fattigdom, strukturelle og sosiale systemer som forklarer mat-usikkerhet. Disse underliggende årsakene har jeg ikke hatt mulighet til å gå nærmere inn på.

Det er med andre ord utfordrende å estimere den sammensatte faktoren matsikkerhet. Innledningsvis introduserte jeg modellen til Dasgupta og Robinson (2022), og i oppgaven har jeg forsøkt å studere sammenhengen mellom temperaturendringer og matsikkerhet.

## 11. Konklusjon

I oppgaven har forskningsspørsmålet vært å undersøke hvordan klimaendringer påvirker tilgjengeligheten og den økonomiske tilgangen til matsikkerhet, gjennom mekanismene produksjon og lønn. For å undersøke problemstillingen introduserte jeg et ligningssystem bestående av tre ligninger: (1) effekten av temperaturendringer på lønn, (2) effekten av temperaturendringer på kornproduksjon per innbygger, (3) effekten av temperaturendringer på matsikkerhet, der ligning (1) og (2) inngår.

Basert på resultatene i analysen, observeres ingen direkte effekt av produksjon på matsikkerhet. Imidlertid finner jeg en negativ effekt av temperaturendring på produksjon. Jeg finner en større effekt for fattig land og for land med mer arbeidsintensivt jordbruk. Estimatet for temperatur er robust, men effekten er liten. Effekter av endringer i produksjon, på lønn eller fortjeneste, har jeg ikke hatt mulighet til å estimere i denne oppgaven. Videre viser funn i oppgaven en robust sammenheng mellom lønn fra jordbruket og matsikkerhet, der økt lønn vil gi redusert mat-usikkerhet. Hvilke effekter temperaturendring har direkte på lønn eller lønnsfluktuasjoner, er spørsmål til videre forskning. Likevel indikerer funnene i oppgaven at fattigere land og land med større andel sysselsatte i jordbruket er mer sårbare for matsikkerhet.

FNs klimapanel (2023) hevder at klimaendringer vil forverre matsikkerhet. I oppgaven har jeg presentert annen litteratur som også støtter denne sammenhengen. Hovedvekten av litteratur om matsikkerhet fokuserer på effekt av klimaendringer på produksjon og *tilgjengelighet*. De andre dimensjonene til matsikkerhet *tilgang*, *utnyttelse* og *stabilitet* er mindre studert. Matsikkerhet er en kompleks sammenheng, med ulike faktorer som påvirker hverandre. Det er vanskelig å skille fysisk tilgjengelighet og økonomisk tilgang fra hverandre. Ettersom sjokk på tilbudssiden, derav tilgjengelighet, kan påvirke priser i markedet og dermed redusere økonomisk tilgang.

I lys av økende klimautfordringer er det viktig å studere den økende mat-usikkerheten i Afrika. For å motvirke de negative effektene klimaendringer kan ha på produksjon og deretter økonomisk tilgang. Negativ effekt av klimaendringer på produksjon kan gjøre store deler av befolkningen sårbare for matsikkerhet, siden jordbruket sysselsetter opp mot halvparten av Afrikas befolkning.

Resultatene som presenteres har begrensninger knyttet til manglende data. Derfor er det viktig å fortsette arbeidet med å samle mer data om matsikkerhet, for å kunne forta bedre analyser av matsikkerhet og iverksette tiltak som kan styrke matsikkerhet for alle mennesker.

## Kilder

- A. de Janvry, E. S., T. Suri, (2017). Chapter 5 - Field Experiments in Developing Country Agriculture. In *Handbook of Economic Field Experiments* (Vol. 2, pp. 427-466).
- Affoh, R., Zheng, H., Dangui, K., & Dissani, B. M. (2022). The Impact of Climate Variability and Change on Food Security in Sub-Saharan Africa: Perspective from Panel Data Analysis. *Sustainability* 14(2). <https://doi.org/10.3390/su14020759>
- Ahmed, S. A., Diffenbaugh, N. S., & Hertel, T. W. (2009). Climate volatility deepens poverty vulnerability in developing countries. *Environmental Research Letters*, 4(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/3/034004>
- Baltagi, B. H. (2011). *Econometrics* (5<sup>th</sup> ed.) Springer
- Banerjee, L. (2007). Effect of flood on agricultural wages in Bangladesh: An empirical analysis. *World development*, 35(11), 1989-2009. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.11.010>
- Barrios, S., Ouattara, B., & Strobl, E. (2008). The impact of climatic change on agricultural production: Is it different for Africa? *Food policy*, 33(4), 287-298. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2008.01.003>
- Belloumi, M. (2014). *Investigating the Impact of Climate Change on Agricultural Production in Eastern and Southern African Countries*. International Food Policy Research Institute. <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/128227>
- Blanc, E. (2012). The impact of climate change on crop yields in Sub-Saharan Africa. *American Journal of Climate Change*, 1(1), 1-13. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2012.11001>
- Britannica. (u.å). *Agriculture of Africa*. <https://www.britannica.com/place/Africa/Agriculture>
- Candel, J. J. (2014). Food security governance: A systematic literature review. *Food Security*, 6, 585-601. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0364-2>
- Dasgupta, S., & Robinson, E. J. Z. (2022). Attributing changes in food insecurity to a changing climate. *Scientific Reports*, 12(4709). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08696-x>
- Dinar, A., Hassan, R., Mendelsohn, R., & Benhin, J. (2008). *Climate change and agriculture in Africa: impact assessment and adaptation strategies*. Earthscan.
- Druilhe, Z., & Barreiro-Hurlé, J. (2012). *Fertilizer subsidies in sub-Saharan Africa*. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.288997>
- FAO. (1996). *Rome declaration on world food security and world food summit* (Plan of action. Roma, FAO, Issue. [www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm](http://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm)
- FAO. (2022a). *Suite of Food Security Indicators* [Dataset]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FS>
- FAO. (2022b). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*.
- FAO. (2023). *Temperature change statistics 1961–2022: Global, regional and country trends* (FAOSTAT Analytical Brief Series, Issue.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2020). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets*.
- FAO, IFAD, & WFP. (2013). *The State of Food Insecurity in the World 2013. The multiple dimensions of food security*. FAO.
- Frisvold, G., & Ingram, K. (1995). Sources of agricultural productivity growth and stagnation in sub-Saharan Africa. *Agricultural Economics*, 13(1), 51-61. [https://doi.org/10.1016/0169-5150\(95\)01143-9](https://doi.org/10.1016/0169-5150(95)01143-9)

- FSIN, F. S. I. N. (2022). *Global Report on Food Crisis* (6). <https://www.wfp.org/publications/global-report-food-crises-2022>
- Greene, W. H. (2003). *ECONOMETRIC ANALYSIS* (5th ed.). Prentice Hall.
- Gujarati, D. N. P., Dawn C. (2009). *Basic Econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill/Irwin.
- Hassan, R. M., & Nhemachena, C. (2008). Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(311-2016-5521), 83-104. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.56969>
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Heinen, A., Khadan, J., & Strobl, E. (2019). The price impact of extreme weather in developing countries. *The Economic Journal*, 129(619), 1327-1342. <https://doi.org/10.1111/eoj.12581>
- Hertel, T. W., & Rosch, S. D. (2010). Climate Change, Agriculture, and Poverty. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(3), 355-385. <https://doi.org/10.1093/aep/32.3.355>
- Hoch, I. (1962). Estimation of production function parameters combining time-series and cross-section data. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 34-53. <https://doi.org/10.2307/1911286>
- Hsiao, C. (2014). *Analysis of Panel Data* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Ilyasua, J., O. Mammenband, S., & Abdullahi Ahmed, U. (2022). Impact of climate change on output and inflation in Africa's largest economies. *Climate and Development*. <https://doi.org/10.1080/17565529.2023.2172315>
- ILO, I. L. O. (2019, 19. november). *Africa's employment landscape*. <https://ilostat.ilo.org/africas-changing-employment-landscape/>
- IPPC. (2023). *SYNTHESIS REPORT OF THE IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT (AR6)*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- Jama, B., & Pizarro, G. (2008). Agriculture in Africa: Strategies to Improve and Sustain Smallholder Production Systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 218-232. <https://doi.org/10.1196/annals.1425.034>
- Just, R. E., & Pope, R. D. (1979). Production function estimation and related risk considerations. *American Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 276-284. <https://doi.org/10.2307/1239732>
- McArthur, J. W., & Sachs, J. D. (2019). Agriculture, Aid, and Economic Growth in Africa. *The World Bank Economic Review*, 33(1), 1-20. <https://doi.org/10.1093/wber/lhx029>
- Mendelsohn, R. (2008). The Impact of Climate Change on Agriculture in Developing Countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-19. <https://doi.org/10.1080/19390450802495882>
- Mendelsohn, R., Dinar, A., & Williams, L. (2006). The distributional impact of climate change on rich and poor countries. *Environment and development economics*, 11(2), 159-178. <https://doi.org/10.1017/S1355770X05002755>
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D., & Shaw, D. (1994). The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *The American Economic Review*, 84(4), 753-771. <http://www.jstor.org/stable/2118029>
- Mendelsohn, R. O., & Dinar, A. (2009). *Climate change and agriculture: an economic analysis of global impacts, adaptation and distributional effects*. Edward Elgar Publishing.
- Nordhaus, W. D. (1991). To Slow or Not to Slow: The Economics of The Greenhouse Effect. *The Economic Journal*, 101(407), 920-937. <https://doi.org/10.2307/2233864>

- Okou, C., Spray, J., & Unsal, D. F. (2022). *Staple Food Prices in Sub-Saharan Africa: An Empirical Assessment*. International Monetary Fund.  
<https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2022/07/08/Staple-Food-Prices-in-Sub-Saharan-Africa-An-Empirical-Assessment-520567>
- Pandey, S. (1973). Wage Determination in Indian Agriculture: An Empirical Analysis. *Indian Journal of Industrial Relations*, 83-99. [jstor.org/stable/27765353](https://www.jstor.org/stable/27765353)
- Schmidhuber, J., & N. Tubiello, F. (2007). Global food security under climate change. *PNAS*, 104(50), 19703-19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Schneeweiss, H. (1996). The reduced form of recursive models: Small sample properties. *Linear Algebra and its Applications*, 237-238, 277-300. [https://doi.org/10.1016/0024-3795\(95\)00527-7](https://doi.org/10.1016/0024-3795(95)00527-7)
- Sen, A. (1981). *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*. Oxford Clarendon Press.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2015). *Introduction to econometrics* (Updated 3rd , Global ed.). Pearson.
- Timmer, C. P. (2002). Chapter 29 Agriculture and economic development. In *Handbook of Agricultural Economics* (pp. 1487-1546). [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(02\)10011-9](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(02)10011-9)
- Tol, R. S. J. (2013). The economic impact of climate change in the 20th and 21st centuries. *Climatic Change*, 117, 795–808. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0613-3>
- Udry, C. (2010). The economics of agriculture in Africa: Notes toward a research program. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 5(1), 1-16.  
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.156665>
- United Nations. (2013). *Millennium Development Goals (MDGs)*.  
<https://www.un.org/millenniumgoals/bkgd.shtml>
- University of Pittsburgh. (2023, 19. mai). *African Studies and African Country Resources @ Pitt*.  
<https://pitt.libguides.com/c.php?g=12378&p=65815>
- Verbeek, M. (2017). *A Guide to Modern Econometrics* (5th ed.). John Wiley & Sons Ltd.
- Vermeulen, S. J., Campbell, B. M., & Ingram, J. S. I. (2012). Climate Change and Food Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), 195-222.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>
- Von Braun, J. (2008). *Food and financial crises: Implications for agriculture and the poor* (Vol. 20). Intl Food Policy Res Inst.
- WFP, (2023). *A global food crisis*.  
<https://www.wfp.org/global-hunger-crisis>
- Wheeler, T., & Braun, J. v. (2013). Climate Change Impacts on Global Food Security. *Science*, 341, 508-513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>
- Wooldridge, J. (2021). *Two-Way Fixed Effects, the Two-Way Mundlak Regression, and Difference-in-Differences Estimators*. .
- World Bank. (2021, 24. juni). *Updated estimates of the impact of COVID-19 on global poverty: Turning the corner on the pandemic in 2021?* <https://blogs.worldbank.org/opendata/updated-estimates-impact-covid-19-global-poverty-turning-corner-pandemic-2021>
- World Bank. (2022a, 13. april). *Pandemic, prices, and poverty*.  
<https://blogs.worldbank.org/opendata/pandemic-prices-and-poverty>
- World Bank. (2022b). *Poverty and Shared Prosperity 2022: Correcting Course*.
- World Bank. (2023a, 31.mars). *Agriculture and Food*.  
<https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>



World Bank. (2023b). *Metadata Glossary*. <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/AG.PRD.CREL.MT>

World Bank. (2023c). *Metadata Glossary*.

<https://databank.worldbank.org/metadataglossary/jobs/series/SL.AGR.EMPL.ZS>

Zellner, A., & Theil, H. (1962). Three-Stage Least Squares: Simultaneous Estimation of Simultaneous Equations. *Econometrica*, 30(1), 54-78. <https://doi.org/10.2307/1911287>

### **Data hentet fra:**

Food and Agricultural Organization. (2023). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>

The World Bank. (2023). *World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org/>

The International Labor Organization. (29.04.2023). *ILOSTAT*.

[https://www.ilo.org/shinyapps/bulkexplorer28/?region=AFRICA&lang=en&id=EAR\\_XEES\\_SEX\\_ECO\\_NB\\_A](https://www.ilo.org/shinyapps/bulkexplorer28/?region=AFRICA&lang=en&id=EAR_XEES_SEX_ECO_NB_A)

World Bank Group, Climate Change Knowledge Portal. (2021). *Total Precipitation, Percent Change*. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data>

Subnational HDI Database of the Global Data Lab. <https://globaldatalab.org/shdi/>, version v7.0.

Smits, J. and Permanyer, I. *The Subnational Human Development Database*. Sci. Data. 6:190038 <https://doi.org/10.1038/sdata.2019.38> (2019).

## Appendiks

### A1. Spørsmål i FIES undersøkelsen:

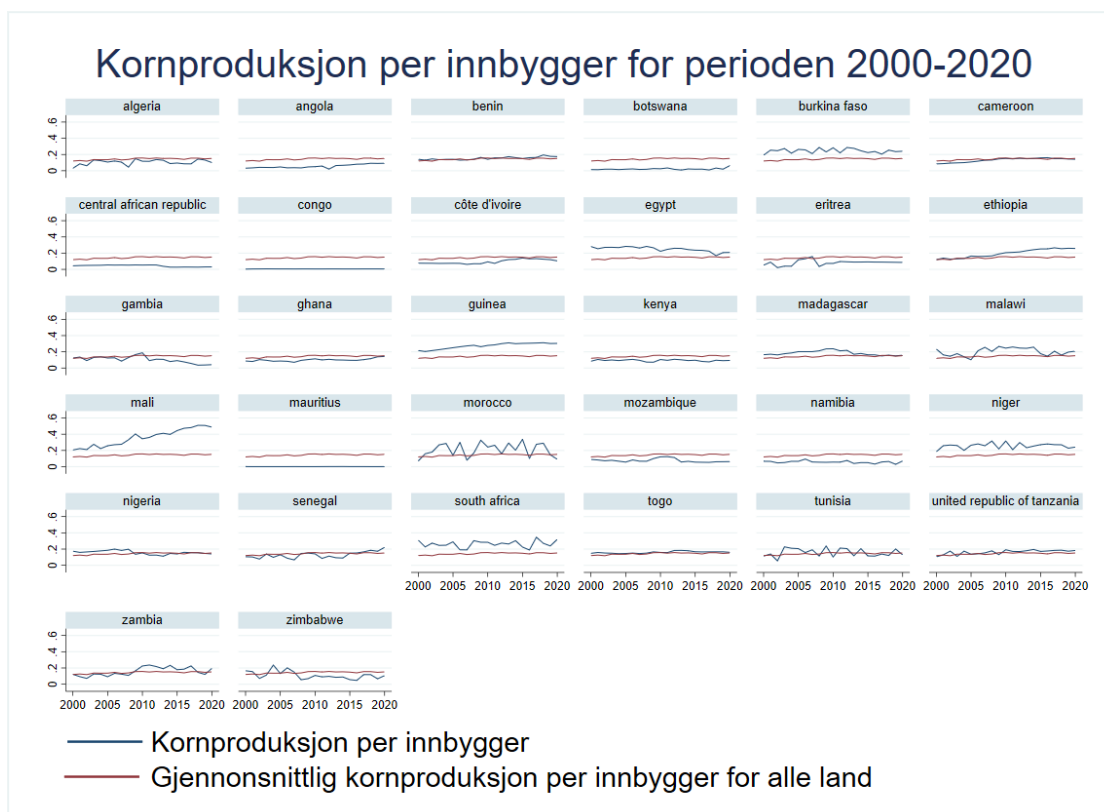
The FIES-SM questions refer to the experiences of the individual respondent or of the respondent's household as a whole. The questions focus on self-reported food-related behaviors and experiences associated with increasing difficulties in accessing food due to resource constraints.

During the last 12 months, was there a time when, because of lack of money or other resources:

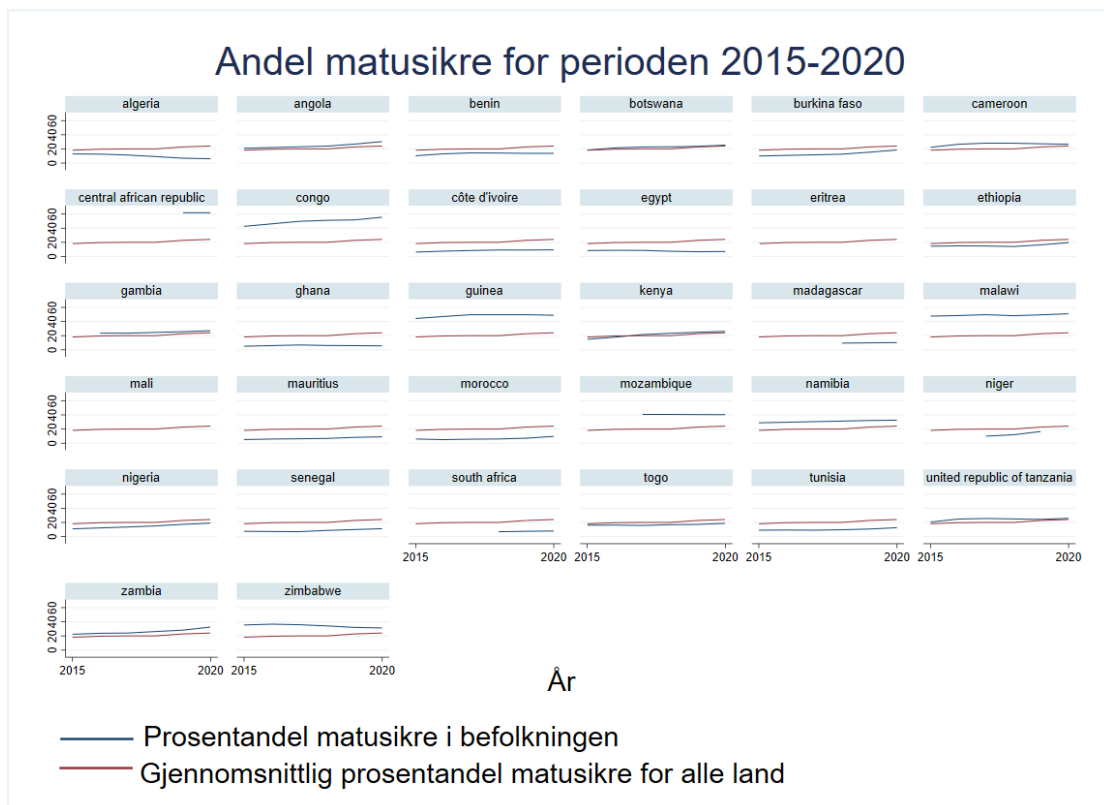
1. You were worried you would not have enough food to eat?
2. You were unable to eat healthy and nutritious food?
3. You ate only a few kinds of foods?
4. You had to skip a meal?
5. You ate less than you thought you should?
6. Your household ran out of food?
7. You were hungry but did not eat?
8. You went without eating for a whole day?

<https://www.fao.org/in-action/voices-of-the-hungry/fies/en/>

## A2. Figur for kornproduksjon per innbygger for alle land



## A3. Figur for mat-usikkerhet for alle land



#### A4. Analyse etter geografiske områder

	(1) Log Kornproduksjon per innbygger Uten nord	(2) Log Kornproduksjon per innbygger Uten sentral	(3) Log Kornproduksjon per innbygger Uten sør	(4) Log Kornproduksjon per innbygger Uten vest	(5) Log Kornproduksjon per innbygger Uten øst
Log temperatur	-0.00953*** (0.00328)	-0.0106*** (0.00336)	-0.0184*** (0.00601)	-0.00896** (0.00332)	-0.00644* (0.00321)
Log nedbør	0.00737 (0.00519)	0.00680 (0.00616)	0.0120* (0.00626)	0.00418 (0.00941)	0.00421 (0.00717)
Log sysselsatte	0.0143 (0.0182)	0.0203 (0.0171)	0.0375* (0.0207)	0.00427 (0.0201)	0.00593 (0.0226)
Log areal med vanning /innbygger	0.00156 (0.00975)	0.00287 (0.0106)	0.00673 (0.00975)	0.00676 (0.0239)	-0.000721 (0.0105)
Log areal til kornproduksjon /innbygger	0.0296* (0.0169)	0.0360* (0.0183)	0.0365* (0.0206)	0.0248 (0.0148)	0.0747*** (0.0128)
Log gjødsel per kg/ha /innbygger	0.00108 (0.00104)	0.00152 (0.00104)	0.00152 (0.000891)	0.00104 (0.00164)	0.00148 (0.00101)
Log kapital /innbygger	0.0251** (0.00927)	0.0265*** (0.00880)	0.0399*** (0.0101)	0.0194** (0.00718)	0.0200* (0.0115)
Konstant	0.406*** (0.105)	0.427*** (0.0944)	0.513*** (0.112)	0.391*** (0.128)	0.487*** (0.0956)
Observasjoner	520	561	474	381	460
R-squared	0.336	0.322	0.405	0.274	0.417
Antall land	27	29	24	20	24
Tidsfaste effekter	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Landfaste effekter	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Robuste standardfeil	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Robuste standard  
feil i parentes

\*\*\* p<0.01, \*\*  
p<0.05, \* p<0.1

## A5. Intrumentvariabel-modell

	<i>IV</i> (1) Mat-usikkerhet	<i>IV</i> (2) Mat-usikkerhet	<i>IV</i> (3) Mat-usikkerhet	<i>IV</i> (4) Mat-usikkerhet
Lønn		-0.0199*** (0.00624)	-0.0204*** (0.00524)	-0.0319*** (0.00768)
Log kornproduksjon per innbygger (*)	-21.86 (27.79)	-6.306 (27.09)	-30.60 (20.09)	3.613 (30.24)
HDI-indeks				44.11* (25.46)
Dummy sysselsatte			-8.923*** (3.081)	-8.821** (3.323)
Konstant	23.09*** (3.873)	24.60*** (5.430)	34.45*** (4.898)	8.682 (16.86)
Observasjoner	132	26	26	26
R-squared	0.020	0.305	0.500	0.466
Robuste standardfeil	Ja	Ja	Ja	Ja
	(*)=log_temp log_nedbør log_sysselsatte log_vanning_pc log_areal_pc log_gjødsel_pc	(*)=log_temp log_nedbør log_sysselsatte log_vanning_pc log_areal_pc log_gjødsel_pc	(*)=log_temp log_nedbør log_sysselsatte log_vanning_pc log_areal_pc log_gjødsel_pc	(*)=log_temp log_nedbør log_sysselsatte log_vanning_pc log_areal_pc log_gjødsel_pc
Instrument	log_kapital_pc	log_kapital_pc	log_kapital_pc	log_kapital_pc

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

## A6. Three-stage least-squares regression

Ligning	Obs	Params	RMSE	"R-squared"	chi2	P>chi2
Lønn	26	2	137.7896	0.6865	56.32	0.000
Kornproduksjon per innbygger	26	5	0.0341282	0.7672	88.90	0.000
Mat-usikkerhet	26	5	6.165592	0.5036	29.71	0.000

	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]	[95% conf. interval]
<b>Lønn</b>						
Temperatur	-241.2755	75.22472	-3.21	0.001	-388.7132	-93.83775
Andel sysselsatte	-11.93287	1.814776	-6.58	0.000	-15.48977	-8.375978
cons	1111.409	116.0122	9.58	0.000	884.0291	1338.789
<b>Kornproduksjon per innbygger</b>						
Temperatur	-.0755843	.0259036	-2.92	0.004	-.1263544	-.0248142
lnirri_pc	0.017317	.0100307	1.73	0.084	-.0023428	.0369767
Log areal for korn /innbygger	.0218064	.0049787	4.38	0.000	0.0120484	0.0315644
Log gjødsel /innbygger	-.0066833	.0059743	-1.12	0.263	-.0183928	.0050262
Log kapital /innbygger	-.0032298	.0092619	-0.35	0.727	-.0213828	.0149231
Konstant	.2599972	.1579628	1.65	0.100	-.0496042	.5695987
<b>Mat-usikkerhet</b>						
Temperatur	7.229361	5.16789	1.40	0.162	-2.899517	17.35824
Lønn	-.028501	.0129577	-2.20	0.028	-.0538976	-.0031044
Log kornproduksjon per innbygger	16.93695	43.23664	0.39	0.695	-67.8053	101.6792
HDI-indeks	45.40903	33.50087	1.36	0.175	-20.25146	111.0695
Dummy sysselsatte	-10.2062	3.379137	-3.02	0.003	-16.82919	-3.583215
_Konstant	-3.563174	23.09222	-0.15	0.877	-48.8231	41.69675

Endogenous variables: Lønn kornproduksjon mat-usikkerhet

Exogenous variables: temperatur sysselsatte vanning areal gjødsel kapital HDI dummy-sysselsatte