



Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

IB 303312

Potensielle kilder til forurensning av drikkevann i en «informal settlement» i Durban, Sør- Afrika



Kandidatnumre: 10031, 10042

Totalt antall sider inkludert forsiden: 124

Innlevert: 20.05.2019

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at universitetet vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Razak Seidu

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Evl. §13](#))

Dato: 20.05.2019

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet i forbindelse med avsluttede utdanning i Vann- og Miljøteknikk ved NTNU i Ålesund. Motivasjonen bak denne oppgaven var ønsket om å undersøke vann- og sanitærforhold i et land preget av urbanisering og slumbebyggelse, og å få en dypere forståelse for hvilke utfordringer slike områder står overfor.

Vi retter en stor takk til Professor Razak Seidu som har vist engasjement i oppgaven vår og gjort det mulig for oss å reise og oppdage nye sider ved vann- og sanitær infrastruktur. Han har vært en enorm støtte for oss og en dyktig veileder gjennom hele semesteret. Dette setter vi stor pris på. En viktig takk går også til Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk ved NTNU Ålesund som har bidratt med økonomisk støtte.

Vi vil også takke for samarbeidet med Durban University of Technology (DUT). Vi setter pris på at de tok oss imot og at vi fikk benytte utstyr og personell for å kunne gjennomføre feltarbeidet vårt. En spesiell takk går til Isaac Dennis Amoah, PhD, som ble en viktig veileder og koordinator for oss. Han organiserte feltarbeidet på best mulig måte, veiledet oss i laboratoriet og har vært en viktig kilde til informasjon.

Andre støttespillere som har vært med oss i dette prosjektet er Prof. Thor Axel Stenström, Hans Christian Giske, Preshod Ramlal, Julian Arran, Frida Celius Kalheim og Prof. Arve Heistad. Takk for godt samarbeid.



Serianne Rowland Sjøvåg



Siv Anita Øyhus

Ålesund, mai 2019

Sammendrag

Målet med denne studien var å undersøke den mikrobielle drikkevannskvaliteten og vurdere de sanitære forholdene i en slumbosetting. Bosettingen som ble valgt for feltarbeidet var Kennedy Road Settlement, som ligger i Durban, Sør-Afrika. De primære delmålene var å finne kilden til eventuell forurensning og undersøke hvordan fekal forurensning kan forflyttes fra kilde til drikkevann.

Observasjonene våre avdekket at området var nokså preget av dårlige sanitære forhold, med «community ablution blocks» som unntaket. En utfordring så ut til å være at noen av innbyggere benyttet forfallende og avskaffede latriner, fremfor å benytte «community ablution blocks» som sanitær fasilitet. Dette kan skyldes tilgjengelighet og adkomst.

Vannprøver ble samlet inn fra tre kommunale forsyningskraner, ni «community ablution blocks», 16 ulovlig oppsatte vannkraner og 87 husstanders lagringsenheter. Disse ble analysert for indikatororganismene *E. coli* og koliforme bakterier. Resultatene viste ingen funn av *E. coli* og koliforme bakterier i prøver fra «community ablution blocks» og vannkranene, både lovlige og ulovlige. Den mikrobielle forurensningen som ble funnet, ble påvist i husstandslagret drikkevann. Det var funn av koliforme bakterier i 39 av 87 husstander, og i syv av disse var det også funn av *E. coli*. Metoden «polymerase chain reaction» (PCR) ble brukt for kildeopsporingen av de positive prøvene. Kildeopsporingen testet for markører spesifikke for menneske, hund, fjærkre, kveg og gris. Resultatene avslørte at 31% av sporet forurensning stammet fra mennesker.

Vannet som forsyner Kennedy Road Settlement kommer fra Umgeni Water vannbehandling, som også forsyner store deler av Durban sitt metropolske område. De mikrobielle analysene gir grunn til å tro at kvaliteten på distribuert vann er tilstrekkelig. Den konsentrerte forurensningen i husstandene antyder en sterk relasjon mellom de sanitære forholdene og drikkevannskvaliteten. Anbefalinger for videre arbeid er å investere i forbedring av den sanitære infrastrukturen i Kennedy Road. Tiltak rettet mot de sanitære forholdene vil kunne være helsefremmende ved at fekal forurensning hindres i å nå drikkevannet. Dette vil kreve videre kartlegging av området og forholdene for å kunne avgjøre hva slags løsning som gir størst gevinst.

Abstract

The aim of this study was to determine the microbial quality of the drinking water and assess the sanitary conditions in an informal settlement. The informal settlement chosen for this fieldwork was the Kennedy Road Settlement, located in Durban, South-Africa. The objectives were to find the source of contamination and consider the microbial pathways of the faecal contamination, from source to new host.

Observations revealed that the area had quite poor sanitary conditions, with the community ablution blocks as the exception. An issue seemed to be that some preferred using outdated and decommissioned latrines rather than the community ablution blocks as a sanitary facility, because of availability and proximity.

Water samples collected from 3 communal supply taps, 9 community ablution blocks, 16 local handcrafted taps and water from 87 household storage containers, were analyzed for the indicator organisms *E. coli* and total coliforms. Results showed no detection of *E. coli* or total coliforms in the samples from community ablution blocks and supply taps, both legal and illegal connections. The microbial contamination that was found, was detected in household storage containers. There were findings of total coliforms in 39 of 87 sampled households, and in 7 of these samples there were also detections of *E. coli*. The polymerase chain reaction method (PCR) was used for source tracking the positive samples. The source tracking was conducted for the markers specific to humans, dogs, poultry, cattle and pigs. Results revealed that 31% of the tracked contamination derived from humans.

The water supply that reaches Kennedy Road Informal Settlement originates from the Umgeni Water, which also serves larger parts of Durban's metropolitan area. The microbial analyses give reason to believe that the quality of the distributed water is sufficient. Contamination concentrated in the household storages suggests a strong link between the sanitary conditions and practices, and the drinking water quality. Recommendations for further action is to invest in improving the sanitary infrastructure in Kennedy Road, as this can pose as a health-improving measure by preventing faecal contamination of the drinking water. Further assessment of the conditions in the area is needed to make a specific solution to the problems.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Figurliste	vii
Tabelliste	viii
Terminologi	ix
<i>Forkortelser</i>	<i>ix</i>
<i>Begreper</i>	<i>ix</i>
1. Innledning	1
1.1 <i>Bakgrunn</i>	1
1.2 <i>Problemstilling</i>	2
1.3 <i>Mål og delmål</i>	3
1.4 <i>Oppgavens begrensninger</i>	4
2 Teori	5
2.1 <i>Vann og sanitære forhold</i>	5
2.1.1 <i>Verden og Afrika sør for Sahara</i>	5
2.1.2 <i>Sør-Afrika</i>	5
2.1.3 <i>KwaZulu-Natal og eThekwini</i>	6
2.2 <i>Vannforsyning</i>	9
2.2.1 <i>Ledningsnettet</i>	9
2.2.2 <i>«Standpipe»</i>	10
2.2.3 <i>Ubeskyttede kilder og overflatevann</i>	10
2.2.4 <i>Håndtering og lagring</i>	11
2.2.5 <i>Eksisterende løsninger</i>	12
2.3 <i>Sanitære anlegg</i>	14
2.3.1 <i>«Open defecation»</i>	14
2.3.2 <i>«Pit latrine»</i>	15
2.3.3 <i>«Ventilated Improved Pit» (VIP)</i>	16

2.3.4 Vannklosett	16
2.3.5 «Community Ablution Block» (CAB).....	16
<i>2.4 Potensielle kilder til forurensning av drikkevann</i>	<i>18</i>
2.4.1 Vannkilde	18
2.4.2 Ledningsnett.....	18
2.4.3 Avrenningsvann og overvann	19
2.4.4 Avfall.....	19
2.4.5 Oppbevaring av vann.....	20
2.4.6 Tilstand på sanitære anlegg	20
<i>2.5 Vannkvalitet</i>	<i>21</i>
2.5.1 Fysiske og kjemiske parametere	21
2.5.2 Mikrobielle parametere	23
2.5.3 Molekylær kildesporing	26
<i>2.6 Retningslinjer.....</i>	<i>27</i>
<i>2.7 «The faecal-oral route».....</i>	<i>29</i>
3 Metode.....	31
<i>3.1 Studieområde</i>	<i>31</i>
<i>3.2 Valg av metode</i>	<i>34</i>
3.2.1 Prøvetaking	34
3.2.2 Analysering.....	34
<i>3.3 Prøveomfanget.....</i>	<i>35</i>
<i>3.4 Mikrobiell analyse</i>	<i>35</i>
3.4.1 <i>E. Coli</i> og koliforme bakterier	35
3.4.2 Kildesporing av <i>E. coli</i> og koliforme bakterier	36
<i>3.5 Øvrig data</i>	<i>37</i>
3.5.1 Spørsmål og observasjoner.....	37
3.5.2 Sekundærdata.....	37
4 Resultat og diskusjon.....	38
<i>4.1 Generelle observasjoner i Kennedy Road.....</i>	<i>38</i>
<i>4.2 Vanddistribusjon, lagring og sanitære forhold</i>	<i>40</i>
4.2.1 Ledningsnett.....	40
4.2.2 «Community ablution blocks»	41
4.2.3 «Standpipe»	42

4.2.4 Vannkraner	43
4.2.5 Lagringsenheter for vann	43
4.2.6 Sanitære alternativer.....	44
4.2.7 Avrenningsvann og avfall	45
4.3 Vannkvalitet	46
4.3.1 Fysiske og kjemiske parametre	46
4.3.2 Mikrobielle parametere	48
4.4 Kildesporing.....	51
4.4.1 Resultater.....	51
4.5 Årsaker til spredning av fekal forurensning	54
4.6 Tiltak.....	59
4.6.1 Forbedrende tiltak i F-diagram	59
4.6.2 Forslag til forbedringer i Kennedy Road.....	60
5 Konklusjon	63
6 Referanseliste	64
7 Vedlegg	69

Figurliste

FIGUR 1 KVALITET PÅ VANNFORSYNING OG SANITÆRANLEGG "INFORMAL SETTLEMENT", KWAZULU-NATAL, 2011	7
FIGUR 2 RANGERING AV ULIKE TJENESTENIVÅER INNEN VANNFORSYNING, UNICEF.	9
FIGUR 3 JERRY BUCKET FRA NRS RELIEF	12
FIGUR 4 ECOGATOR COMMUNAL STANDPIPE FRA ECOGATOR.....	13
FIGUR 5 TIPPY TAP KONSEPTET. BILDET ER LÅNT FRA COOL EARTH.	13
FIGUR 6 RANGERING AV ULIKE TJENESTENIVÅER FOR SANITÆRE ANLEGG, UNICEF	14
FIGUR 7 FORBEDRET TRADISJONELL PIT LATRINE	15
FIGUR 8 FORBEDRET VENTILATED IMPROVED PIT LATRINE	16
FIGUR 9 ABLUTION BLOCK, TYPISK DESIGN	17
FIGUR 10 EKSEMPEL PÅ F-DIAGRAM, GITT AV WHO (60)	29
FIGUR 11 OVERSIKT KENNEDY ROAD. FRA "DURBAN METRO", AV J. MILLER, 2016. HTTPS://WWW.BEHANCE.NET/GALLERY/40280223/DURBAN-METRO. MODIFISERT VED HJELP AV GOOGLE MAPS.	31
FIGUR 12 SAMMENLIGNING AV KENNEDY ROAD 2009-2016, DURBAN. KHUMALO 2018.....	32
FIGUR 13 ILLUSTRASJONSKART FOR Å VISE Plassering av studentboligen. (GOOGLE MAPS)	33
FIGUR 14 PÅVISNING AV BÅDE <i>E. COLI</i> OG KOLIFORME BAKTERIER FRA ET AV PRØVEPUNKTENE.	35
FIGUR 15 KENNEDY ROAD INFORMAL SETTLEMENT, DURBAN. FEBRUAR 2019.	38
FIGUR 16 OVERSIKTSBILDE: Plassering av community ablutition blocks og standpipes.....	39
FIGUR 17 RØR FOR Å AVLEDE AVRENNINGSVANN ER TILSYNELATENDE BLOKKERT. DURBAN, FEBRUAR 2019	40
FIGUR 18 COMMUNITY ABLUTION BLOCKS VED KENNEDY ROAD. DURBAN, FEBRUAR 2019.	41
FIGUR 19 "STANDPIPE" VED KENNEDY ROAD SETTLEMENT. DURBAN, FEBRUAR 2019.	42
FIGUR 20 EN ULOVLIG OPPSATT VANNKRAN MED TYDELIGE MANGLER OG LEKKASJE. KENNEDY ROAD, DURBAN, FEBRUAR 2019.	43
FIGUR 21 DIAGRAM: RESULTATER FOR MIKROBIELL KONTAMINERING I HUSHOLDNINGER I KENNEDY ROAD.....	49
FIGUR 22 FREMSTILLING AV POSITIVE PRØVER FRA MOLEKYLÆR ANALYSE.	51
FIGUR 23 ILLUSTRATIV FREMSTILLING AV RESULTATER FRA KILDESPORING, KATEGORISERT ETTER PRIMERE.....	52
FIGUR 24 THE FAECAL-ORAL ROUTE, F-DIAGRAM FOR KENNEDY ROAD	54
FIGUR 25 F-DIAGRAM MED FORSLAG TIL INNGREP, FOR KENNEDY ROAD.	59

Tabelliste

TABELL 1 DEFINISJONER PÅ KVALITETSNIVÅER	6
TABELL 2 GRENSEVERDIER FOR RELEVANTE PARAMETERE GITT I SANS 241:2015. (69).....	28
TABELL 3 PCR-PRIMERE	36
TABELL 4 RESULTATER FOR FYSISKE OG KJEMISKE PARAMETERE, KENNEDY ROAD INFORMAL SETTLEMENT	47
TABELL 5 RESULTATER FOR FYSISKE OG KJEMISKE PARAMETERE, STUDENTBOLIG	48
TABELL 6 RESULTATER FOR FUNN AV KOLIFORME BAKTERIER OG <i>E. COLI</i> , KENNEDY ROAD.	49

Terminologi

Forkortelser

CAB – Community Ablution Blocks

DO – Dissolved oxygen

E. Coli – *Escherichia coli*

NMBU – Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

PCR – Polymerase Chain Reaction

TDS – Total dissolved solids

UV – Ultrafiolett

VIP – Ventilated Improved Pit Latrine

WHO – World Health Organization, Verdens Helseorganisasjon

Begreper

Biofilm – kolonier av mikroorganismer som er omgitt av et slimlag som er med på å øke overlevelsessevnen til mikroorganismene.

CAB – «community ablution blocks» er mobile sanitære stasjoner som tilbyr toaletter, vask, dusj og vaskefasiliteter. Blir ofte plassert i et område som mangler vann og sanitær infrastruktur.

eThekwini – navnet på byen Durban på det lokale zuluspråket.

Grenseverdier – verdier som ikke bør overskrides for at noe skal holde en viss kvalitet eller som angir hva som er normalt.

Gråvann – avløpsvann som kommer fra dusjing og vasking.

Hygieniske rutiner – rutiner som bidrar til å hindre spredning av mikrober, for eksempel håndvask, kroppsvask, vask av overflater og gjenstander, fortrinnsvis med bruk av såpe.

Indikatororganisme – mikroorganismer som analyseres for å kunne indikere forekomster av andre mikrober.

Informal settlement – en betegnelse som brukes i Sør-Afrika for slumområder. Betegnelsen «informal» benyttes som et kjennetegn på at bebyggelsen ligger på et landområde som ikke er formelt godkjent av myndighetene som et boligområde.

Kildesporing – molekylær metode for å kunne finne kilden/opphavet til mikrobielle forurensninger.

Koliforme bakterier – samlebetegnelse på flere typer bakterier, «total coliforms» på engelsk. Koliforme bakterier inkluderer termotolerante koliforme (fekale bakterier) og koliforme bakterier som finnes i naturen.

Kontaminere – å forurense, smitte eller blande sammen

KwaZulu-Natal – provins sørøst i Sør-Afrika hvor byen Durban ligger.

Latriner – betegnelse som benyttes om primitive toaletter.

Mikrober – mikroskopiske organismer som inkluderer bakterier, virus og protozoer.

Open defecation – å gjøre fra seg utendørs.

PCR – en molekylær prosess hvor en gitt DNA-sekvens amplifiseres og kopieres.

Protozoer – en gruppe encellede organismer. De lever i fuktige miljø eller som parasitter i andre organismer. Flere typer protozoer har potensiale til å gi sykdom i tarmkanalen.

Sanitære forhold – Vi benytter deler av WHO sin definisjon for sanitære forhold, da denne definisjonen også passer det vi ønsker å formidle gjennom begrepet «sanitære forhold». Begrepet inkluderer håndtering av avløpsvann, avfall, menneskelig avføring og drenering av avrenningsvann/overvann.

Standpipe – offentlige drikkevannskraner som er satt opp av myndighetene, hvor lokale innbyggere kan hente drikkevann gratis.

Surface run-off – Vi velger å definere run-off i denne oppgaven som (overflate)avrenning. Dette er vann som er sammensatt av svartvann, gråvann, overvann og annen væske som måtte befinne seg i terrenget.

Svartvann – avløpsvann som kommer fra toaletter/latriner og som inneholder urin og avføring.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Store deler av verden står i dag overfor en vannkrise. Selv om de Forente Nasjoner (FN) i 2010 erklærte at tilgang til vann og sanitære fasiliteter skal være en menneskerett,(1) er det 844 millioner mennesker som ikke engang har tilgang til en helt enkel og trygg vannforsyning. Det er også 4.5 milliarder mennesker som fremdeles mangler tilgang til grunnleggende sanitære anlegg.(2) Vannkrisen forsterkes av global oppvarming, økonomisk urettferdighet,(3) og av mangel på bærekraftig forvaltningen. Dette resulterer ofte i vannmangel, tørke og forurensede vannkilder.

Parallelt med vannkrisen står verden også overfor en slags sanitær krise. Rundt 2.3 milliarder mennesker ikke har tilgang til et akseptabelt toalett. Av disse må 892 millioner nøye seg med såkalt «open defecation», det vil si å gå på do ute i det fri, noe som fører til helsemessige trusler for samfunnet rundt.(2) Denne typen sanitær praksis avtar på verdensbasis.(4) Likevel dør 842 000 mennesker hvert år av sykdomsforekomster som kan skyldes forurensede vannkilder, dårlige sanitære forhold, dårlig håndtering av overvann og mangel på hygieniske rutiner. (2)

Tilgang til vann og sanitære fasiliteter er en menneskerett fordi forurenset vann, dårlig hygiene og ingen plass å gå på do har så mange tungtveiende direkte og indirekte konsekvenser. De direkte konsekvensene kan for eksempel være smitte av vannbårne sykdommer, barnedødelighet, tørst og sult. Disse konsekvensene er tydelige og dystre. Indirekte konsekvenser kan være økte forskjeller mellom fattig og rik, fattigdom generelt, kvinneundertrykkelse, at barn ikke kommer seg til skolen og får utdanning, med mer. Det er ikke alltid tydelig at de indirekte konsekvensene faktisk kan være følger av vann- og sanitærkrisen, og derfor er det viktig å tydeliggjøre sammenhengen.

Utfordringene knyttet til vann og det sanitære kan være svært åpenbare i «informal settlements» i de mange urbane byene med høy utvikling og en hurtigvoksende økonomi. WHO poengterer at arbeidet med å forbedre tilgang til trygt drikkevann særlig kommer de fattige til gode, og er dermed en effektiv måte å lindre og bekjempe fattigdom.(5)

1.2 Problemstilling

I dag kan man se tydelige tendenser til mer konsentrert bosetting i byer rundt om i hele verden. Dette fenomenet kjenner vi som «urbanisering»; at en økende andel av befolkningen migrerer til byer. Allerede nå er over halvparten av verdens befolkning bosatt i byer, og FN estimerer at antallet vil øke med ytterligere 2.5 milliarder mennesker innen 2050.(6) En stor utfordring mange byer står overfor, som følge av urbaniseringen, er at befolkningen vokser raskere enn tilgangen på boliger og arbeidsplasser.(6) Dette bidrar i stor grad til opprettelse og utvikling av slumområder. Vanlige kjennetegn på slumområder i urbaniserte byer er overbefolkning, dårlig boligstandard og ikke minst utilstrekkelige eller ikke-eksisterende vann- og sanitærtjenester.(7) Urbaniseringen bidrar på denne måten til at det legges mye stress på vann og sanitær infrastruktur i disse slumpregede områdene.

I Sør-Afrika benevnes slike slumområder som «informal settlements». Betegnelsen «informal» benyttes, i tillegg til overnevnte kjennetegn, som en betegnelse på at bebyggelsen ligger på et landområde som ikke er formelt godkjent av myndighetene som et boligområde. I 2015 bodde 63% av Sør-Afrikas befolkning allerede i byer.(8) Det estimeres at dette vil øke til 76.8% i 2050.(8) Basert på utviklingen hittil, er det sannsynlig at det vil dannes av flere «informal settlements» og øke presset på den marginale tilgangen til og forringe kvaliteten på vann og sanitære tjenester. Økning i antall «informal settlements» har blitt et fremtredende trekk i mange av Sør-Afrikas urbane områder,(9) blant annet i provinsen KwaZulu-Natal, der byen Durban ligger.

En tidligere studie gjort i Kisumu City i Kenya viser at dårlige sanitærforhold er utslagsgivende og har en forsterkende effekt på forurensning av drikkevann.(10) Dette kan indikere at utfordringer rundt vannkvalitet ikke alene er knyttet til distribusjonsnett, men i stor grad kan påvirkes av dårlig sanitær infrastruktur.

For å finne løsninger til utfordringene presentert her, må det først og fremst avdekkes hva som ligger til grunn for problemene. Tidligere forskning viser blant annet at helsefordeler knyttet til rent drikkevann begrenses av ny kontaminering som skjer som følge av dårlig håndtering av avløp.(11) Sannsynligvis vil også mangelfull eller ikke-eksisterende håndtering overvann/avrenningsvann, og dårlig håndtering av avfall ha en nærliggende sammenheng med kvalitet på drikkevann i et område. Vi vil se på de praktiske forholdene og klargjøre denne problematikken.

1.3 Mål og delmål

Målet med studien er å undersøke den mikrobielle drikkevannskvaliteten i en «informal settlement» i Durban, Sør-Afrika. Ved hjelp av kildesporing av *E. coli* og koliforme bakterier, ønsker vi å identifisere hvilke årsaker og mekanismer som fører til eventuell kontaminering av drikkevannet.

Med utgangspunkt i dette har vi følgende delmål:

- Å generelt studere sanitære forhold i det valgte «informal settlement», Kennedy Road.
- Å kartlegge *E. coli* og koliforme bakterier i vannprøver tatt fra ulike vannkraner og lagring i husstander.
- Å identifisere hvilken kilde eventuelle funn av kontaminering stammer fra (kildesporing).
- Å belyse relasjonen mellom sanitære forhold og drikkevannskvaliteten.
- Å foreslå løsninger til forbedring av sanitære forhold og drikkevannskvaliteten i gitt «informal settlement».

1.4 Oppgavens begrensninger

Denne oppgaven begrenses til å gjelde en spesifikk «informal settlement», Kennedy Road i Durban, Sør-Afrika. Prosjektet innebar en reise til dette området for å utføre feltarbeid. Fokuset i feltarbeidet var å samle inn primærdata i form av vannprøver og å observere vann- og sanitærforhold i bosettingen. Vi ønsket opprinnelig å inkludere en mer kvalitativ undersøkelse i form av spørreskjema til husholdningene vi besøkte, men så at dette ikke lot seg gjøre når vi bare ble to stykker i felt. Dermed ble prosjektet begrenset til kvantitativ primærdata og observasjoner.

I og med at feltarbeidet ble gjort i utlandet, var det noen begrensninger knyttet til tid og geografi. Vi hadde én måned til å gjennomføre feltarbeidet og den primære datainnsamlingen i Durban. Under oppholdet var det blant annet noen utfordringer knyttet til lokal politisk uro som la press på tidsplanen vår. Intensjonen for prøvetakingsomfanget ble også påvirket av tilgang til utstyr i den perioden vi var der. Dermed ble prøvetaking tilslutt begrenset til parameterne pH, temperatur, *E. coli* og koliforme bakterier.

Utfordringer og observasjoner underveis har påvirket den opprinnelige problemstillingen vår og vinklingen på oppgaven. Dette resulterte i at oppgaven retter fokuset mer mot sanitære forhold og kildesporing, ikke bare drikkevannskvaliteten.

2 Teori

2.1 Vann og sanitære forhold

2.1.1 Verden og Afrika sør for Sahara

Det har vært stor fremgang i FNs arbeid knyttet til utrydding av fattigdom de siste tiårene, og vi har sett en markant nedgang i antall mennesker som lever i ekstrem fattigdom.(12) Vann- og sanitære fasiliteter i dårlig forfatning, eller tilgang til fasiliteter i det hele tatt, kan i stor grad forbindes med fattigdomsgraden. Av verdens befolkning befinner 85% av fattigdommen seg i Afrika sør for Sahara og Sør-Asia.(13) Dette forteller at mange av utfordringene knyttet til vann og sanitære forhold også vil være synlige i disse områdene. UNICEF rapporterer om at hele 29% (potensielt tilsvarende 290 millioner) ikke engang har tilgang til det de definerer som «basic». Dette innebærer at henting av vann overgår 30 minutter.(14)

Antall mennesker på verdensbasis som praktiserer «open defecation» (892 millioner), reduseres med ca. 22 millioner per år. Dette gjelder derimot ikke i Afrika sør for Sahara. Som følge av urbaniseringen og befolkningsveksten ser man at antallet har økt i dette området, fra 204 til 220 millioner mellom 2000 og 2015.(15) Forbedring og utbygging av sanitære fasiliteter holder ikke tritt med utviklingen i disse landene. Mangelen på rent vann og grunnleggende sanitære forhold, sammen med dårlige hygieniske rutiner, er i stor grad medvirkende årsaker til nærmere 90% av dødsfall forårsaket av diaré.(16)

Til tross for at utbedring ikke kan skje fort nok, vet vi at FN og andre humanitære organisasjoner forstår behovet innen vann og sanitær, og jobber for å nå bærekraftsmål nr. 6. om å «sikre bærekraftig vannforvaltning og tilgang til vann og gode sanitærforhold for alle».(17)

2.1.2 Sør-Afrika

Sør-Afrika er et mangfoldig land med en dyster historie, preget av kolonisering og det kjente apartheid-regimet. Siden oppløsningen av apartheidstaten i 1994 har landet hatt enorm økonomisk og industriell vekst.(18) Veksten har ført til at man gjerne ser på Sør-Afrika som et rikt land med god økonomi, men det gjenstår fremdeles utfordringer knyttet til de store forskjellene mellom fattig og rik i landet. Utfordringer knyttet til vann og sanitære forhold er en del av dette bildet. Urbanisering har også i Sør-Afrika ført til økt behov for bolig og arbeid for de som migrerer til byene. Dette har medført dannelse

av såkalte «informal settlements», og det estimeres at ca. 1.25 millioner (2012) av Sør-Afrikas husstander ligger fordelt i 2700(19) slike bosettinger.(20)

FN kan rapportere om at 93.2% av Sør-Afrikas befolkning har tilgang til rent vann.(21) Likevel mangler 8.3 millioner(22) mennesker i Sør-Afrika tilgangen til det UNICEF kaller «basic service level», altså helt grunnleggende tilgang til vann som kommer fra en forbedret kilde med en hentetid på mindre enn 30 minutter.(23) Flesteparten av disse 8.3 millionene er konsentrert i «informal settlements».(20)

Tall fra 2015 knyttet til sanitære forhold i Sør-Afrika, viser at bare 66% av befolkningen har tilgang til velutbygde sanitæranlegg.(24) De som ikke har tilgang, er hovedsakelig konsentrert i «informal settlements».(20) Tall viser at i Sør-Afrikas «informal»-bebyggelse var det hele 68% (2011) som ikke hadde tilgang til et sanitæranlegg av noe slag.(25)

2.1.3 KwaZulu-Natal og eThekweni

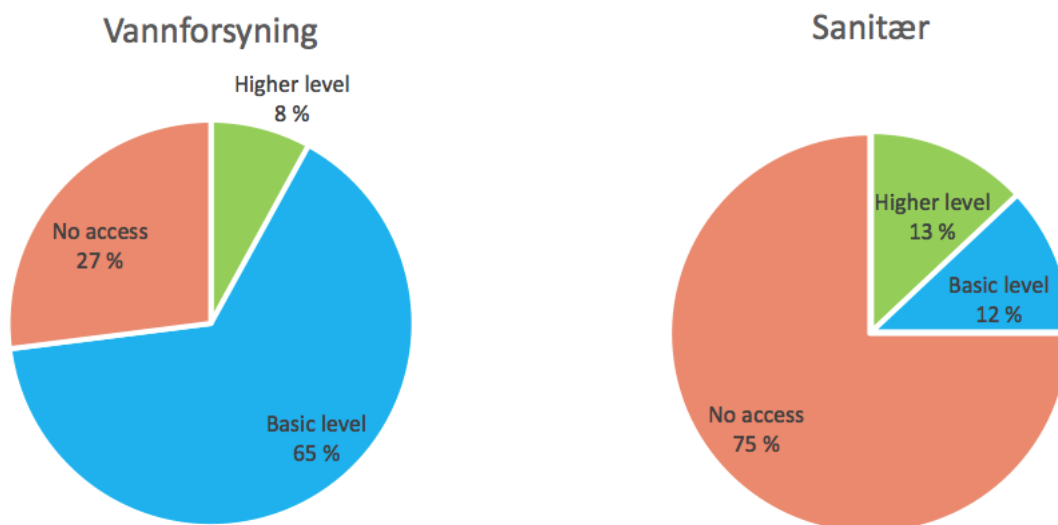
I provinsen KwaZulu-Natal finner vi byen Durban, eller eThekweni som det heter på zuluspråket. Det er over 11 millioner (2018) innbyggere i KwaZulu-Natal og av disse lever ca. 3.7 millioner i eThekweni.(26) I 2015 var antall «informal settlements» i KwaZulu-Natal 635 bosettinger,(19) og det estimeres at flesteparten av disse befinner seg i det metropolske området eThekweni.(27)

Undersøkelser gjort av The Housing Development Agency i 2011 viser tall som gir et bilde av tilstanden på vann- og sanitærtjenester i «informal settlements» i KwaZulu-Natal.(27) Kvaliteten på tjenestene deles i «higher level», «basic level» og «no access» og de er definert i Tabell 1 og presentert i Figur 1:

	Vannforsyning	Sanitær
«Higher level»	<i>Drikkevann fra kran innendørs i hjemmet.</i>	<i>Vannklosett som er tilknyttet det offentlige avløpssystemet.</i>
«Basic level»	<i>Vann fra kran utendørs, men mindre enn 200 meter fra hjemmet.</i>	<i>Vannklosett knyttet til septiktank eller VIP-toalett.</i>
«No access»	<i>Ingen tilgang</i>	<i>Ingen tilgang</i>

TABELL 1 DEFINISJONER PÅ KVALITETSNIVÅER

Tallene for «informal settlements» i KwaZulu-Natal fordeler seg slik:



FIGUR 1 KVALITET PÅ VANNFORSYNING OG SANITÆRANLEGG "INFORMAL SETTLEMENT", KWAZULU-NATAL, 2011

Det er en utfordring å til enhver tid vite antallet bosettinger, ettersom det kontinuerlig dukker opp nye, eller at eksisterende ekspanderes.(28) Går vi ut fra de nyeste tallene fra januar 2019, er det 561 «informal settlements» med ca. 233 000 husstander i eThekwini.(29) Myndighetenes ambisjon var å oppgradere og installere nødvendige tjenester for 45 300 husstander i «informal settlements» mellom 2016 og 2019.(30)

eThekwini introduserte i 2000 et konsept om gratis grunnleggende vannforsyning på 200 liter om dagen. Dette opplegget resulterte naturligvis i at antall innbyggere med tilgang til drikkevannsforsyning økte og en reduksjon i registrerte vannbårne sykdommer. Alle husstander i eThekwini fikk denne grunnleggende vannforsyningen helt frem til 2012. Deretter ble der innført tariff alt etter vannforbruket. Husholdninger som preges av fattigdom og har eiendomsverdier for under 250 000 Rand (ca. NOK 150 000) kan fremdeles være berettiget gratis grunnleggende forsyning.(31) I og ved «informal settlements» ble det i etterhvert installert flere og flere offentlige drikkevannskraner, «standpipes». Forsyning fra disse er helt gratis, men installasjonen i et område skal i prinsippet innebære at alle andre ulovlige tilkoblinger knyttet til ledningsnettet skal fjernes.(32)

Statistikk over tilgang til forbedret sanitære anlegg viser at eThekwini, sammen med Ekurhuleni, ligger dårligst an blant Sør-Afrikas metropolske områder. Per 2016 er det

bare 83% av eThekwini sin befolkning som har denne tilgangen.(33) Mange steder har husstander fått «ventilated improved pit latrine» (VIP-toalett) installert, med en lovnad om at disse, inntil utskifting, skal tømmes gratis én gang hvert femte år. Intensjonen for «informal settlements» er at de sanitære behovene primært skal kunne dekket av «community ablution blocks», og dermed reduseres behovet for VIP-toaletter og «pit latrines». «Community ablution blocks» er gratis for innbyggerne i bosettingen, da myndighetene både sørger for vanntilgang og betjening av blokkene.(32)

Den sør-afrikanske regjeringen satt en gang et mål om universell tilgang til både rent drikkevann og tilfredsstillende sanitære anlegg innen 2014.(20) Dette målet ble ikke nådd. Likevel viser myndighetene engasjement ved å implementere løsninger i «informal settlements» eller å tilrettelegge for at innbyggerne kan drive lovlig boligbygging. Dette vises gjennom eThekwini sine planer, strategier og investeringer. eThekwini fikk i 2014 anerkjennelse ved Stockholm Industry Water Award for sitt arbeid med å imøtekomme vann- og sanitærbehov.(31)

2.2 Vannforsyning

Distribuering av drikkevann skjer på flere ulike måter rundt omkring i verden. UNICEF har utarbeidet en «drinking water ladder» for å illustrere en grov inndeling av ulike former for vannforsyning. Typen forsyning klassifiseres etter evne til å levere drikkevann av god kvalitet og i hvilken grad vannet gjøres tilgjengelig for forbrukeren.(34) Kategoriene «safely managed», «basic» og «limited» regnes alle som «improved», altså forbedrede former for vannforsyning.(23)

SERVICE LEVEL	DEFINITION
SAFELY MANAGED	Drinking water from an improved water source that is located on premises, available when needed and free from faecal and priority chemical contamination
BASIC	Drinking water from an improved source, provided collection time is not more than 30 minutes for a round trip, including queuing
LIMITED	Drinking water from an improved source for which collection time exceeds 30 minutes for a round trip, including queuing
UNIMPROVED	Drinking water from an unprotected dug well or unprotected spring
SURFACE WATER	Drinking water directly from a river, dam, lake, pond, stream, canal or irrigation canal

FIGUR 2 RANGERING AV ULIKE TJENESTENIVÅER INNEN VANNFORSYNING, UNICEF.

2.2.1 Ledningsnett

Som vist i Figur 2, innebærer «safely managed» distribusjon av vann at vannet er fritt for fekal og kjemisk forurensing, at vannet er tilgjengelig i umiddelbar nærhet, og at vannet er tilgjengelig når behovet oppstår.(23) Distribusjonsformer som WHO inkluderer i definisjonen for «safely managed» er hovedsakelig tilkobling til ledningsnett. Alternative løsninger kan være borehull, beskyttede brønner eller regnvannshøsting.(35)

Et moderne ledningsnett er et nettverk av rør som går fra en vannkilde, via et vannbehandlingsanlegg, og som videre distribueres ut til forbrukerne i hjemmene deres. Ledningsnett er gjerne delt inn i soner med ulikt trykk, der behovet for trykk kan reguleres etter topografi. Et ledningsnett er komplekst og har mange komponenter som bidrar til at vannet både holder god kvalitet underveis og at det kommer frem til forbrukeren. Viktige komponenter som regulerer trykket på ledningsnett er høydebasseng, pumper og trykkreduksjonsventiler. Sammen med rørens materialkvalitet, er trykket en viktig faktor for å unngå forringelse av ledningsnett. For høyt trykk kan for eksempel øke sannsynligheten for lekkasjer og brudd. Samtidig kan for lavt trykk føre til innsug der det allerede er lekkasjer. Er rørene av dårlig materialer, kan tilsig trenge seg gjennom rørveggene.(36)

WHO poengterer at det er distribusjon via ledningsnett som gir størst helsemessig gevinst. Dette begrunnes med at det er denne formen for distribusjon som gjør rent vann tilgjengelig på stedet. Slik vannforsyning forblir gjerne et privilegium for de som bor i urbane områder, og ikke i de mer landlige, utenforliggende bosettingene. (37)

2.2.2 «Standpipe»

Klassifiseringene «basic» og «limited» regnes som «improved services». Kravet til denne formen for vannforsyning er at forsyningen er beskyttet mot ekstern kontaminering. Et eksempel på et slikt forsyningsanlegg er «standpipes». Vannkraner som gjerne er satt opp av myndighetene betegnes «communal standpipes». Disse skal være en sikker vannkilde som er koblet til ledningsnettet. Grunnen til at disse likevel ikke kommer under «safely managed», er på grunn av beliggenheten. En «standpipe» kan klassifiseres som «basic» eller «limited», avhengig av om det tar henholdsvis mindre enn eller mer enn 30 minutter for å hente vann fra «standpipen».

Det er nettopp «standpipes» mange av dem som bor i tettbebygde arealer i urbane byer må nøye seg med. Frem til 1980-tallet var gratis forsyning fra «standpipes» et tiltak som gjorde at myndighetene kunne forsyne fattigere strøk, der mulighetene for individuell forsyning til husstander ble for ressurskrevende. I dag varierer det hvem som betaler for vannet, men flere myndigheter velger fremdeles å forsyne gratis for lavinntektsbefolkningen.(38)

2.2.3 Ubeskyttede kilder og overflatevann

Under denne kategorien kommer vannkilder som elver, dammer, innsjøer og kanaler. Her kan også såkalt «surface run-off», eller avrenningsvann, inkluderes. Slikt vann akkumuleres som følge av nedbør, snøsmelting, synlige lekkasjer i ledningsnett, eller vann fra husholdninger og industri som havner i terrenget. Avrenningsvann blir ofte svært kontaminert fordi det beveger seg over ulike arealer og vannet tar med seg forurensing i form av kjemikalier, avfall, avløp, alger og jordpartikler, med mer.(39) Avrenningsvannet følger landskapets topografi, samler seg i overflatevann, og forurenser dermed også mulige vannkilder. I dag er det fremdeles 159 millioner mennesker som henter drikkevannet sitt direkte fra slike vannkilder, og 58% av disse bor i Afrika sør for Sahara.(23)

2.2.4 Håndtering og lagring

En tidligere studie gjort for WHO diskuterer at rent vann distribuert ikke nødvendigvis må bety at det er rent vann som til slutt konsumeres av forbruker. Dette begrunnes med at den mikrobielle kvaliteten kan påvirkes i løpet av forsyningsprosessen og er avhengig av måten vannet transporteres, håndteres og lagres. Altså vil vann som i utgangspunktet var fri for kontaminering kunne forurenses av fekal kontaminering underveis. På denne måten kan det ikke garanteres at selve forsyningen av rent drikkevann alene hindrer forekomster av vannbårne sykdommer. (40)(41)

Det finnes en rekke metoder for innsamling av vann. Grovt kan disse deles inn i manuelle metoder (for eksempel bruk av øser), passive metoder (for eksempel regnvannshøsting) og mekaniske metoder (for eksempel pumper). Noen metoder vil medføre større smitterisiko enn andre. Hvordan dette vannet lagres, vil også spille en rolle i hvordan eventuell kontaminering utvikler seg. Typiske beholdere for lagring kan være pottes, urner, bøtter og baljer. Disse vil variere i materialtyper, alt fra dyreskinn og tøyestykker til ulike metaller og plastikk. (41)

Noen enkle løsninger kan være med på å redusere risikoen for smitte ved henting og lagring av vann. En av disse vil være å benytte et lokk over det lagrede vannet. Dette vil enkelt kunne forhindre forurensning som kommer via bærere som insekter og gnagere. For eksempel kan kilder til forurensning i vannet komme av dårlig hygienisk praktisering hos husholdningens medlemmer, lite fokus på renhold i oppholdsrommet rundt, og dårlig renhold av redskaper. Også ved utilstrekkelig rengjøring av selve beholderen vil det kunne danne seg biofilm over tid, som i seg selv kan utgjøre en risiko for kontaminering. (41)

Studier viser at ved bruk av beholdere der vannet kan fylles gjennom en smal åpning, vil sannsynligheten for kontaminering under fylling og transport reduseres. På samme måte vil beholdere med innebygd tut eller tappekran beskytte vannet under oppbevaring og bruk. (41)

2.2.5 Eksisterende løsninger

Det finnes teknologiske løsninger som forbedrer vannkvaliteten og de sanitære forholdene. De optimale løsningene er de som aktivt forbedrer vannkvaliteten, er lett tilgjengelig, anvendelig for forbrukeren, kostnadseffektive, og som gir en viss helseeffekt. I dag benyttes det ulike metoder for å forbedre kvaliteten på husholdningsvannet. Aerkjente rensesmåter er tilsetning av desinfiserende midler(klor), bestråling med UV-lys fra sollys eller et UV-apparat, koagulering og filtrering, og noe så enkelt som å koke vannet.(42)

Det blir også lagt mer vekt på hvordan man oppbevarer vannet i beholdere. Studier har nemlig vist at vann som er rent ved innsamlingspunkter, kan kontamineres av fekal forurensing ved transport og lagring.(42) Jerry Bucket (Figur 3) er et eksempel på en beholder som er designet i håp om å hindre at vannet kontamineres ved henting og frakting. Beholderen er ikke så stor at den blir for tung å frakte, den har glatte kanter for økt komfort, og et lokk som sitter godt fast. Hele designet vektlegger at denne beholderen skal brukes til drikkevann. Både størrelse og utforming poengterer at denne bøtta ikke er til klesvask. Et mindre lokk gir mulighet for å fylle på vann uten å åpne det store lokket og dermed utsette vannet for kontaminering. Det er installert en tappekran som skal gjøre det mindre sannsynlig at skitne redskaper og hender dyppes i beholderne, og forhindrer dermed forurensning.(43)



FIGUR 3 JERRY BUCKET FRA NRS RELIEF

Noen teknologiske løsninger kan også være med på å forbedre de sanitære forholdene. Det finnes for eksempel en Ecogator Communal Standpipe (Figur 4) som har en vannbesparende kran. Ved å ha en sluk koblet til det kommunale avløpsnett, er denne «standpipe» med på å forhindre at overflødig vann bidrar til mengden avrenning. Ved hjelp av en tilførselsknapp unngår man også at folk berører selve kranstykket. På denne måten er Ecogator Communal Standpipe med på å øke livskvaliteten til samfunnet rundt.(44)



FIGUR 4 ECOGATOR COMMUNAL STANDPIPE FRA ECOGATOR



FIGUR 5 TIPPY TAP KONSEPTET. BILDET ER LÅNT FRA COOL EARTH.

Inkludert i begrepet «dårlige sanitære forhold», er også mangel på hygieniske rutiner. Dette skyldes som regel mangel på rennende vann ved sanitære fasiliteter, og denne mangelen er en kritisk smittespreder. Håndvask er nemlig den mest effektive måten å bekjempe sykdommer som forårsakes av fekale bakterier. En helt enkel løsning for dette er for eksempel en Tippy Tap. Mekanismen, som er vist på Figur 5, bidrar til at hendene ikke kommer i kontakt med annet enn et stykke såpe ved at man bruker foten for å tilføre en vannstråle. Løsningen skal være enkel å installere og har lave kostnader.(45)

2.3 Sanitære anlegg

Også for sanitære anlegg har UNICEF og WHO en «sanitation ladder» for å rangere ulike kvaliteter på sanitære tjenester (se Figur 6) (46) Det finnes en rekke alternativer for sanitære anlegg rundt omkring i verden. Fasilitetene varierer i kvalitet og i evnen til å behandle menneskelig avføring. WHO skiller grovt mellom «improved» og «unimproved» sanitære fasiliteter, altså forbedret og ikke-forbedret. Forskjellen mellom disse avhenger av anleggets evne til å skille avføringen fra menneskelig kontakt.(23)

SERVICE LEVEL	DEFINITION
SAFELY MANAGED	Use of improved facilities that are not shared with other households and where excreta are safely disposed of in situ or transported and treated offsite
BASIC	Use of improved facilities that are not shared with other households
LIMITED	Use of improved facilities shared between two or more households
UNIMPROVED	Use of pit latrines without a slab or platform, hanging latrines or bucket latrines
OPEN DEFECATION	Disposal of human faeces in fields, forests, bushes, open bodies of water, beaches or other open spaces, or with solid waste

FIGUR 6 RANGERING AV ULIKE TJENESTENIVÅER FOR SANITÆRE ANLEGG, UNICEF

2.3.1 «Open defecation»

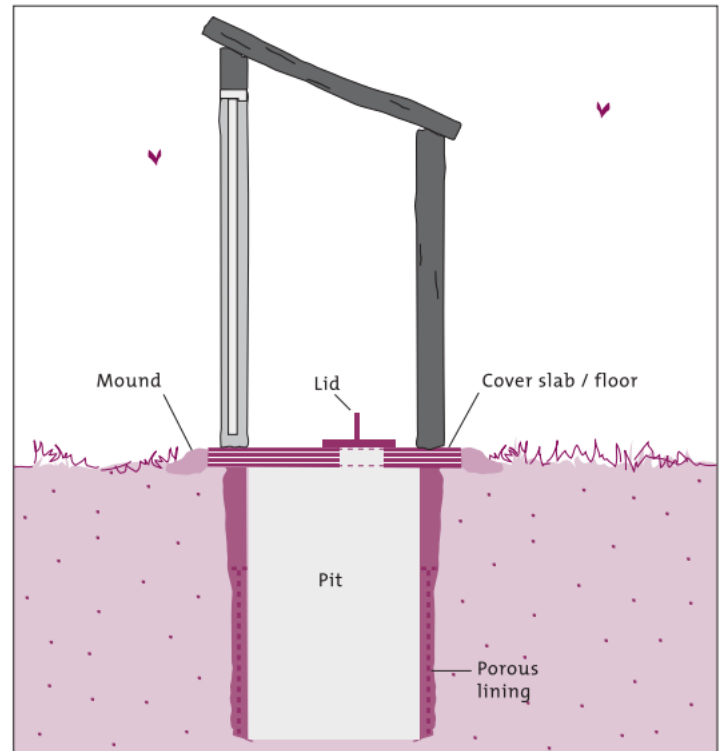
Konseptet «open defecation» innebærer å gjøre fra seg ute i det fri. Det gjelder rett og slett alle områder utendørs som ikke er et toalett, for eksempel skog, mark, eller åpne vannforekomster.(15) «Open defecation» som et sanitært alternativ er en stor helsemessig trussel på grunn av de fekale forurensningene det skaper. Forurensningen vil raskt kunne spre seg til mennesker gjennom direkte kontakt, og ved infiltrasjon i dyrket jord og drikkevannskilder. Delmål 6.2 i FNs bærekraftsmål nr. 6 inneholder blant annet målet om at all praktisering «open defecation» opphører ved at sanitære fasiliteter gjøres tilgjengelig for alle.(23)

En studie har funnet hvilke faktorer som kan være utslagsgivende for at individer velger å gjøre fra seg utendørs, selv om de kanskje har tilgang til en latrine. I noen tilfeller, der enkelte verken har tilgang til latrine på jobb eller hjemme, blir gjerne det siste alternativet for dem å praktisere «open defecation». Sanitær atferd preges av tilgjengelighet til fungerende latriner og tilgang til hygieneprodukter, sosiale normer i området, følelsen av skam, ønsket om privatliv, og kostnader knyttet til å installere en latrine. Selv om man i teorien har tilgang til en latrine, er det ikke alltid denne nødvendigvis er fungerende. Informantene i studien forklarer at latriner ofte er fulle, at de renner over, har behov for reparasjoner eller at det er forekomster av larver på stedet.(47) Sjenerende lukt og utseende, utrygg struktur og frykt for kollaps, og at latrinen virker som et lite hygienisk alternativ, er faktorer som spiller en sterk rolle i

valget om hvor man skal gjøre fra seg. «Open defecation» blir for mange i denne situasjonen det mest komfortable valget. (47)

2.3.2 «Pit latrine»

«Pit latrine» er den enkleste formen for det WHO definerer som «improved sanitation». (22) Den preges av et enkelt design (se Figur 7). Tradisjonelt sett graves det en grop i bakken, der ekskrementer kan lagres, og det legges en plate over med et hull i. (48) Mange vil installere et lite lokk til hullet for å kunne begrense lukt og insekter. Vanligvis er det også en overbygning som bidrar til å gjøre det mer privat. I de tilfellene det er mulig, vil det være svært viktig å orientere seg i grunnforholdene før det bygges en «pit latrine». Forholdene som burde undersøkes er jordas stabilitet og høyden på grunnvannet. WHO har en veiledende anbefaling om at distansen

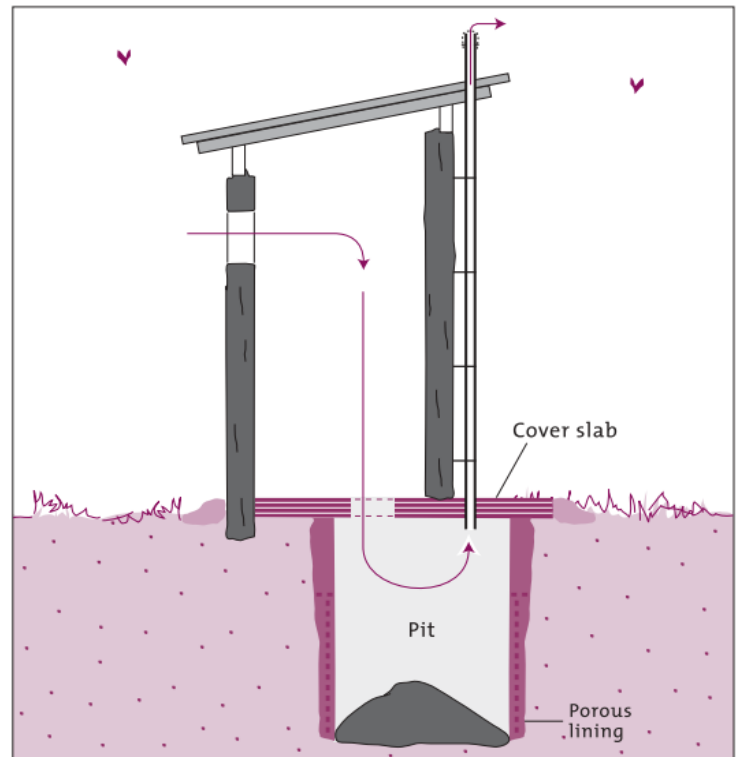


FIGUR 7 FORBEDRET TRADISJONELL PIT LATRINE

mellom gropa og eventuelle drikkevannskilder burde være 15-30 meter. (48) Dette sanitære anlegget finner man som regel i landlige områder med lav-inntekt-befolkning. I og med at «pit latrine» regelmessig må tømmes, egner denne typen seg best til husstander eller mindre institusjoner.

2.3.3 «Ventilated Improved Pit» (VIP)

Utformingen på en «ventilated improved pit latrine» ligner på den tradisjonelle «pit latrine». Hovedforskjellen ligger i hvordan lukt håndteres, som også har en positiv virkning på mengden tilkomst av insekter. Ved å ha en lufteåpning med netting i overbygningen og en vertikal luftepipe som går opp fra gropa, føres luft inn og videre ut via pipen, og insekter hindres av nettingen. Se Figur 8.(48)



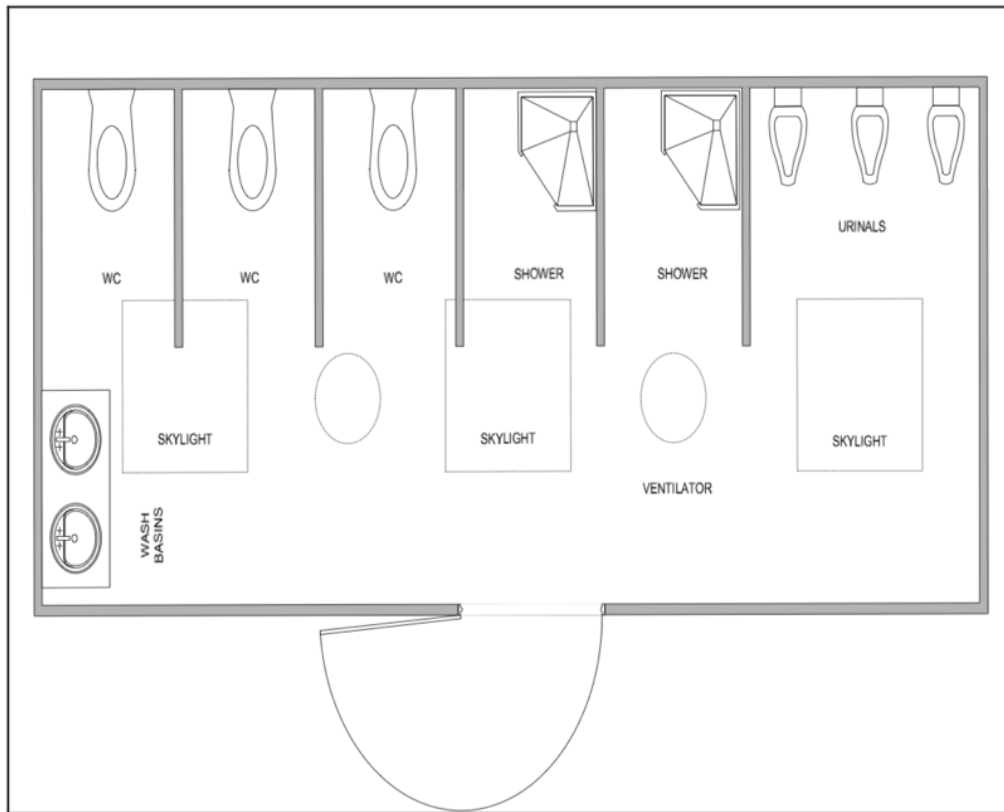
FIGUR 8 FORBEDRET VENTILATED IMPROVED PIT LATRINE

2.3.4 Vannklosett

Vannklosettet som vi kjenner det i dag har en cisterne for lagring av vannet som brukes til å skylle ned ekskrementer. Dette sanitære anlegget stiller høyest på listen til WHO over forbedret anlegg, der ekskrementer i tillegg håndteres på en trygg måte.(23)

2.3.5 «Community Ablution Block» (CAB)

Community Ablution Blocks er som regel prefabrikkerte containere som er plassert ved «informal settlements» for å forsyne vann og sanitære tjenester der vann- og avløpsnett ikke strekker til. Kontainerens utforming og funksjon tilpasses alt etter om det skal kobles til det offentlige avløpsnett, eller om det er behov for å benytte septiktank. Dette bestemmes individuelt, avhengig av hvilke områder CAB skal installeres i. CAB skal ha gitte funksjoner som tilfredsstiller krav til varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk. Inventar i en standard CAB vil for eksempel være noen toaletter med flush-funksjon, et par dusjkabinetter, et anlegg for håndvask og et for klesvask. Plantegning for en typisk CAB er vist i Figur 9.(49) Man ser gjerne CAB to og to sammen, én for kvinner og én for menn.



FIGUR 9 ABLUTION BLOCK, TYPISK DESIGN

«Ablution blocks» regnes å være dimensjonerte for ca. 100 husstander. Disse husstandene skal helst ligge innen en radius på 150-200 meter fra blokkene. Dette kan imidlertid være en utfordring i områder hvor det ikke er tilgang til det offentlige ledningsnett, ettersom blokken må plasseres med mulighet for tilkomst for slamsugebil. Hver blokk skal ha en vaktmester som holder oppsyn med behovet for toalettpapir, som vasker og vedlikeholder. Dette kan ofte være en lokalperson som ansettes av byens vann- og sanitæravdeling for å ta seg av blokken.(49)

2.4 Potensielle kilder til forurensning av drikkevann

2.4.1 Vannkilde

Rundt om i verden får folk vannet sitt fra ulike vannkilder, som kan deles inn i overflatevannkilder og grunnvannskilder. Overflatekilder kan for eksempel være innsjøer, elver, bekker og tjern. Overflatevannet kan utsettes for ytre påvirkninger som har innflytelse på vannkvaliteten. En påvirkning skjer allerede i atmosfæren og kommer i form av sur nedbør. Andre årsaker til at overflatevann blir forurenset, kan være avrenning, jordsmonn, berggrunn og menneskelig aktivitet. Menneskelig aktivitet kan føre til økt tilførsel av næringsstoffer (eutrofiering) og tungmetaller i vannkilden, som igjen kan føre til at helseskadelige stoffer akkumuleres i næringskjedene. Eksempler på slik menneskelig aktivitet er jordbruk, industri, bebyggelse, og samferdsel. På grunn av de mange ytre påvirkningene som overflatevannkilder står ovenfor, er det viktig med god vannbehandling slik at vannet har en helsemessig god kvalitet.

Grunnvannskilder er noe mer beskyttet enn overflatevannkilder og er derfor ofte av god kvalitet. Grunnvannskilder kan også bli utsatt for forurensning som siver ned i grunnen. Eksempler på slike forurensningskilder kan være landbruksaktivitet, bebyggelse, industri, trafikk og avfallsdeponi. Grunnvannet blir også påvirket av massene det er omgitt av. Massene kan gi fra seg mangan, jern, radon og fluorid som er med på å påvirke kvaliteten. Høyt innhold av kalsium og magnesium kan gi hardt vann og påkrevrer tilstrekkelig behandling for å justere pH. (36)

2.4.2 Ledningsnett

Et moderne ledningsnett som distribusjonskanal skal kunne forsyne mottakerne med drikkevann av god kvalitet og fri for kontaminering, gitt at vannet har vært gjennom et vannbehandlingsanlegg i forkant. Likevel er det faktorer som kan være med på å påvirke vannkvaliteten i ledningsnettet. Ved funn av mikrober i vannet fra ledningsnettet, kan hovedårsaker være svikt i rensetrinn i vannbehandlingsanlegget eller at vannet forurennes mens det oppholder seg i ledningsnettet. (50) Grunner til at det skjer forurensning mens vannet distribueres kan være flere. Det kan for eksempel komme forurensning av lekkasjer og brudd. Der trykket eller vannmengden i ledningene ikke holder seg tilstrekkelig, kan det oppstå et undertrykk. Noen studier viser at ved undertrykk på ledninger, er det fare for innsug av omkringliggende vann og uønskede partikler som kan forurense. I ytterste konsekvens føres mikrobiell kontaminering til

forbrukeren, som igjen kan føre til sykdom.(51) (52) På denne måten kan forringelsen av et ledningsnett og konsekvensene av forringelsen bidra til spredning av vannbårne sykdommer.(36)

Den kjemiske og biologiske sammensetningen av vannet når det forlater vannbehandlingsanlegget, kan også være med på å påvirke vannkvaliteten og graden av forringelse på ledningsnettet. Samtidig som vannets sammensetning kan påvirke ledningsnettet, vil også graden av forringelse i ledningsnett påvirke vannet. Eksempler på slike forhold er alder og materialkvalitet på rørene, korrosjonsdannelse, og begroing og avleiring på ledningsnettet.(53)

2.4.3 Avrenningsvann og overvann

Uten sanitære system på plass og ved praktisering av «open defecation», vil menneskelig ekskrement gå i grunnen og i avrenningsvann. Dette, sammen med lekkasjer fra defekte ledningsnett, manglende avløps- og overvannshåndtering og sigevann fra latriner, forurenser avrenningsvann.(54) Slikt avrenningsvann og overvann generelt er et kjent problem i lavinntektsbosettinger som ikke er koblet til et fungerende avløpssystem. Mange byer klarer å forsyne sine «informal settlements» med drikkevann, men klarer ikke eller prioriterer ikke å få i stand overvannshåndtering i området. (55) I tillegg til menneskelig ekskrement, vil avrenningsvannet gjerne være forurenset av dyreekskrement, sediment fra terreng og asfalt, forurensning fra landbruket og husholdningsavfall. Forurensningene kan føre til fremvekst av alger. Dette kan lage uønsket lukt. Det at forurenset avrenningsvann finnes tett opp mot husholdninger og i omgivelsene utgjør en helsemessig risiko og er en trussel mot miljøet.(54) Det skal også poengteres at sannsynligheten for og graden av forurensning vil kunne variere etter nedbørsmengder og andre lokal forhold.(5)

2.4.4 Avfall

Å snakke om avfall i forbindelse med sanitære forhold er ikke uvanlig. Dette kan skyldes at steder der avløpshåndtering ikke er prioritert, er heller ikke avfallshåndtering prioritert. Studier viser at de færreste har et sted å kaste husholdningsavfall innendørs, noe som resulterer i at mye avfall blir kastet i de nærliggende omgivelsene. Store mengder avfall samlet i et området vil også kunne lokke til seg rotter og insekter som blir smittebærere.(56) En studie gjort i Brazil dokumenterte at eksponering for avfall i

nærliggende omgivelser, hadde en tydelig forbindelse med diaréforekomster i området.
(57)

2.4.5 Oppbevaring av vann

I mange utviklingsland er det vanlig å praktisere henting og lagring av drikkevannet.(58) Måten dette vannet lagres har mye å si for hvordan drikkevannskvaliteten blir. Type beholder vil også kunne påvirke kvaliteten under henteprosessen, jfr. Jerry Bucket. WHO viser til flere studier som har funnet at utilstrekkelige lagringsforhold, sammen med hentemetode og beholder, er faktorer som i stor grad kan påvirke den mikrobielle vannkvaliteten. Studier har også dokumentert at det er sammenheng mellom dårlige lagringsforhold og økt risiko for forekomster av vannbårne sykdommer. Til sammenligning kan risikoen for sykdom reduseres ved å drikke vann direkte fra kilden ved hentestedet.(41)

Mikrobiell kontaminering av lagret drikkevann forbindes gjerne med at beholdere har store åpninger. Store åpninger, sammen med ingen eller dårlige lokk, senker terskelen for at potensielle bærere av fekal forurensning skal berøre vannet, som hender og redskaper. Andre faktorer som kan forringe vannkvaliteten under lagring, er høy temperatur, luft- og støvpartikler, og lang oppholdstid i beholder.(41) En studie foretatt i Abidjan i Elfenbenskysten, finner blant annet at 84% av husholdningene benytter kopp/beger i stedet for å tømme vannet ut av beholder. Studien kan også vise sterke sammenhenger mellom hyppigheten av *E. coli*-kontaminering og lagringsvarigheten. Det skal i mange tilfeller ikke mer til enn en trygg lagringsenhet eller enkel behandling i hjemmet for å minske mikrobiell kontaminering.(58)

2.4.6 Tilstand på sanitære anlegg

Den primære hensikten med sanitære anlegg er at de skal sikre en trygg håndtering av ekskrement. Det skal hindre at miljø og mennesker rundt skal utsettes for fekale bakterier. Enkle sanitære anlegg som er i dårlig stand eller dårlig konstruerte, oppfyller ofte ikke målet. Blant annet mangler tradisjonelle «pit latriner» en fysisk barriere mellom avføringen og grunnen. Via grunnen kan fekal kontaminering spre seg til grunnvann og andre vannkilder, og utgjøre en smitterisiko. Svekket tilstand på latriner i bruk blir også en kilde til lukt, som lokker insekter og dyr som kan bli smittebærere.(59) WHO poengterer at dårlige sanitære fasiliteter gjør at fekal smitte skal kunne spre seg og at miljøet rundt blir kontaminert. (60)

2.5 Vannkvalitet

Det er essensielt at vannet vi drikker er av god kvalitet for å unngå at vi blir syke. I tillegg til vannmolekylene, kan vann ha en varierende sammensetning, som bidrar til å definere kvaliteten på vannet. Enkelte mikrobielle organismer som bakterier, parasitter, virus og sopp, kan være med på å forårsake ulike infeksjonssykdommer og hudirritasjoner. Det er også enkelte organiske og uorganiske stoffer som kan være toksiske, allergifremkallende og kreftfremkallende. Noen av disse kan også akkumuleres i organismen og forårsake skade i kroppen over tid. Alle ovennevnte patogene mikrober kan potensielt transmitteres gjennom vann.(53)

Mange av mikrobene som er patogene, og som man kan finne i vann, kan forårsake mage- og tarmsykdommer. Disse mikrobene kan for eksempel befinne seg i drikkevannet ved mangel på behandling, ved svikt i renseprosessen eller når det forekommer rørbrudd eller lekkasjer i ledningsnett. Tilsig til brønner og andre vannkilder som er kontaminert av utedøer, jordbruk, industri, infrastruktur eller avfallsdeponi, er med på å forringe vannkvaliteten. Høy konsentrasjon av kjemiske stoffer kan også komme fra naturlige kilder, som mineraler fra løsmasser og fjell, samt nedbrytning av jord, planter og dyr.(53)

Et krav til drikkevann er at det skal være egnet til bruk og at det skal være trygt å drikke. I håp om å nå slike krav, er det mange land og organisasjoner som har laget egne veiledere, forskrifter og standarder som stiller krav til grenseverdier for indikatorparametere og de vanligste komponentene som kan gi problemer.(53)

Anerkjennelse av drikkevannskvalitet inkluderer vanligvis testing for *Escherichia coli* (*E. coli*), da det er en sikker indikator på fersk fekal forurensning, noe som ikke skal være tilstede i drikkevannet. WHO vektlegger at funn av *E. coli* skal medføre videre tiltak som utvidet prøvetaking og forsøk på å finne den potensielle kilden til forurensingen. (5)

2.5.1 Fysiske og kjemiske parametere

Ved analysering av kjemiske og fysiske parametere, er det viktig å være oppmerksom på forhøyede konsentrasjoner av enkelte kjemiske stoffer. Det er satt grenseverdier for noen kjemiske stoffer for å blant annet forhindre skader ved langtidseksponering. Eksempelvis kan langtidseksponering av noen klororganiske miljøgifter og tungmetaller akkumulere i kroppen og gi senskader. Det er også noen parametere som ikke er skadelig i seg selv, men som har grenseverdier. For eksempel kan noen kjemiske stoffer

være med på å redusere desinfiseringseffekten i vannbehandlingsanlegget, og føre til korrosjon på ledningsnett. Andre stoffer kan også føre til dannelse av biofilm og annen biologisk vekst, som igjen kan gi lukt og smak på vannet.(53)

2.5.1.1 Temperatur

Temperatur påvirker en rekke kjemiske og biologiske prosesser. Vannets temperatur er blant annet med på å bestemme hvor hurtig den kjemiske og biologiske prosessen skjer. Høy temperatur på vannet har en forsterkende effekt på fremveksten av mikroorganismer. Dette kan bidra til utfordringer knyttet til lukt, smak, farge og korrosjon.(5) Ved varmt vann vil det også dannes mer biofilm på ledningsnett og det blir mer begroing på nettet.(53)

Temperaturen, sammen med pH og partikkelinnhold, spiller en viktig rolle i hvilken form klorforbindelsene har ved klorering. Det er en fordel om pH-en på vannet er lavere enn 7,5 ved klorering. Grunnen til dette er at underklorisyrling er en mer effektiv forbindelse til å desinfisere enn hypoklorittioner. Hvis vanntemperaturen er synkende er det nødvendig å øke klordosen for å få samme desinfeksjonseffekt.(53)

2.5.1.2 pH

pH er en parameter som vanligvis ikke har noen direkte påvirkning på vannets forbruker, men den er av stor betydning for kjemiske og biologiske prosesser. pH-verdien er av stor betydning for rensesprosessen, desinfisering og korrosjonskontroll.(5) Det er for eksempel viktig å justere pH-en slik at den ikke blir for lav eller for høy, så vannet ikke gjør skade på ledningsmaterialer og rørdeler. Derfor er korrosjonskontroll en viktig del av vannbehandlingen og vannforsyningen.(53)

Måling av pH skjer ved hjelp av en pH-meter. Denne måler konsentrasjonen av H_3O^+ -ioner i løsningen. Naturlig vann har vanligvis en pH 6-8, men ved ulike behandlingsprosesser kan det være nødvendig å justere pH-en.(36) Ut i fra det som WHO skriver i veilederen for drikkevannskvalitet, skal distribusjonsnett vanligvis ha en pH mellom 6,5-8,5.(5)

2.5.1.3 Totalt Oppløst Stoff (TDS)

TDS (total dissolved solids) er et mål som beskriver total mengde med ioner som er løst opp i vannet.(36) Ved måling beregnes mengden uorganiske salter og mengden med organisk materiale som er oppløst i vannet. Noen av de viktigste bestanddelene man kan finne i vann er; magnesium, natrium, kalsium, kaliumkationer og karbonat klorid, sulfat,

hydrogenkarbonat og nitratanioner. Oppløste stoffer kan være med på å påvirke lukt og smak på vannet. Det kan også føre til korrosjon og avleiring på distribusjonsnett. Det har vist seg å være god smak på vannet når vannet har en TDS mellom 300-600 mg/l.(61) Høye verdier av TDS (>1000 mg/L) har vist seg å være skadelig for vannrør, kjeler, varmekolber og andre husholdningsapparater.(5)

2.5.1.4 Oppløst oksygen (DO)

Mengden oppløst oksygen henger sammen med temperatur, trykk og saltinnhold i vannet.(36) Mengden avhenger også av de kjemiske og biologiske prosessene som skjer i distribusjonsnett. For å opprettholde aerobe forhold i vannforekomsten anbefales minst 5-6 mg O₂/L.(5)

2.5.1.5 Konduktivitet og saltinnhold

Konduktivitet/ledningsevne er et mål på hvor mye ioner som er oppløst i vannet.(36) Salter er forbindelser som er bygd opp av ioneforbindelser. Mange salter er løselig i vann. I vann finner man salter som inneholder natrium, ammonium og sulfatforbindelser. Andre ioneforbindelser som jern, magnesium, kalsium, fosfor og nitrogen er forbindelser, bidrar til å øke ledningsevnen. Ioner fra karbonatsystemet (HCO₃⁻ og CO₃²⁻) er også med på å øke ledningsevnen. Ved høy ledningsevne (store mengder med salter), kan dette føre til økt korrosjon på ledningsnett, samt lukt og smak på vannet.(53) Det er vanlig å måle ledningsevne i µS/cm. I naturlig ferskvann ligger ledningsevne normalt på ca. 1 µS/cm.(36) Saltinnhold er et mål på mengde salter oppløst i vann. Ferskvann har vanligvis saltinnhold lavere enn 0,5‰.(62)

2.5.2 Mikrobielle parametere

2.5.2.1 Mikrobielle organismer i vann

Av de patogene bakteriene som gjerne spres gjennom vann, kommer flere fra avføring fra mennesker og dyr.(5) Noen av de vanligste bakteriene som smitter via avføring er *E. coli*, *Camphylobacter*, *Samonella*, *Yersina enterocolitica*, *Bacillus* og *Clostridium perfringens*.(53) Enkelte vannbårne bakterier kan leve og vokse i vann, ikke bare transmitteres, og disse kan også forårsake sykdom hos mennesker. Blant disse bakteriene er *Legionella*, *Pseudomonas*, *Burkholderia pseudomallei* og atypiske mykobakterier.(5)

Noen av de vanligste vannbårne sykdommene er kolera, dysenteri, tyfoidfeber, paratyfoidfeber og hepatitt A. Det er også noen som kan bli infisert av protozoer av typen *Giardia* og *Cryptosporidium*.(53)

Mikrobene som har gode evner til å overleve lenge i vann har mye å si for smitterisikoen. Desto ferskere den fekale forurensningen er, desto høyere er risikoen for å bli syk.(53) Flere av bakteriene som finnes i tarmen, og som kan være med på å forurense vann, er ofte ikke i stand til å overleve og formere seg i vann.(63) Blant de vanligste fekale bakteriene som smitter via avføring til vann er *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella* og *Yersinia enterocolitica*, og disse har omtrent samme overlevelsessevne som *E. coli* i vann. Overlevelsessevnen til *E. coli* i vann er ca. én uke med vanntemperatur på 20°C. Dersom man ikke finner *E. coli* i vannprøven, er det derfor lite sannsynlig at de andre bakteriene er til stede.(53)

Overlevelsessevnen til bakterier i vann har en sammenheng med temperaturen på vannet. Når temperaturen er lav, øker overlevelsessevnen. Andre påvirkningsfaktorer er bestråling av direkte sollys, mengden oppløst organisk karbonkonsentrasjon og mikrobers evne til å gå inn i en levedyktig tilstand, eksempelvis en form for «dvaletilstand».(64)

2.5.2.2 Koliforme bakterier

Koliforme bakterier er en samlebetegnelse på en rekke bakterier, deriblant bakterier som lever i normalfloraen i tarmen på dyr og mennesker. Dersom det påvises koliforme bakterier ved analysering av en vannprøve ved 37 grader, kan det gi en indikasjon på at vannet er kontaminert med avføring, men dette er ikke garantert. Påvisning kan også skyldes at enkelte jord- og vannbakterier er til stede. Dette er bakterier som kan finnes på planterester som brytes ned i jord og vann.(53) Derfor kan ikke koliforme bakterier alene gi grunnlag for å vurdere sanitære forhold, noe som gjelder spesielt i tropiske/varme klima.(5)

Escherichia coli og termotolerante koliforme bakterier er en undergruppe av de koliforme bakteriene. Et kjennetegn ved koliforme bakterier er at de kan fermentere (gjære) laktose ved høye temperaturer. Det at de koliforme bakteriene fermenterer laktose er noe av det som benyttes for å påvise koliforme bakterier.(5)

2.5.2.3 E. Coli

Escherichia coli (*E. coli*) er en gramnegativ, stavformet bakterie som er mye studert blant forskere. *E. coli* er en fakultativ(frivillig) anaerob bakterie. Dette betyr at den kan leve med og uten oksygen.(65) Denne bakterien er en del av normalfloraen i tarmen til

mennesker og varmblodige dyr. Den vil normalt ikke forårsake skade eller sykdom, men på avveie andre steder i kroppen kan den gi alvorlig sykdom, som meningitt, bakteriemi (sepsis) og urinveisinfeksjon.(5)

Det er vist at enkelte klasser med *E. coli* kan gi akutt diaré. Noen av disse er enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC), enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), enteropatisk *E. coli* (EPEC) og enteroinvasiv *E. coli* (EIEC). Av disse er det EHEC som har smittet mennesker i forbindelse med forurenset drikkevann. Det er av serotypen *E. coli* O157:H7 som kan forårsake diaré av varierende grad alt fra mild til blodig diaré. Av denne serotypen er det barn som blir hardest rammet, og sykdomsforekomsten kan føre til død.(5)

Mennesker er hovedsakelig hovedreservoaret for EPEC, EIEC og ETEC, mens husdyr er en viktig kilde for stammene med EHEC.(5) Identifisering av *E. coli* i vann kan indikere fersk fekal forurensning.(36) *E. coli* vokser vanligvis ikke i vann, og overlever en kortere periode i vann enn virus og protozoer.(5)

2.5.2.4 Indikatororgansimer

Indikatororganismer er mikroorganismer som analyseres for å kunne si noe om tilstedeværelsen av andre mikrober.(36) Testing av vann begrenses ofte til indikatororganismer som *E. coli* og koliforme bakterier. Dette er fordi det lettere lar seg gjøre, og det er mer kostnadseffektivt å analysere for andre indikatororganismer. (5) Selv om noen indikatororganismer ikke kan identifiseres i en prøve, kan det likevel være forekomster av patogene mikroer i vannet. Dette kan skyldes at noen indikatororganismer har kortere overlevelsessevne i vann enn enkelte patogene mikrober. Noen mikrober har også høyere toleranse mot desinfiseringsmiddel enn indikatororganismene som analyseres. Det er viktig å tenke over at analysering av en vannprøve sier noe om øyeblikket prøven ble tatt og gir ikke alltid et helhetlig bilde.(53)

Koliforme bakterier, inklusivt *E. coli*, er indikatororganismer som er med på å indikere fekal avføring. De sier også noe om effektiviteten av desinfiseringsprosessen.(36) *E. coli* har blitt brukt til å si noe om hvor fersk den fekale avføringen er. Dette gjøres ved at man benytter evnen til *E. coli* i å vokse hurtig ved 44 grader når forurensingen er fersk. Denne evnen minker etter en viss oppholdstid i vann. Etter én til to uker vokser *E. coli* ved de samme betingelsene som de andre koliforme bakteriene.(53)

E. coli som indikatororganisme er ikke pålitelig nok når det gjelder virus, *Giardia* cyster og *Cryptosporidium*.(36) Det er fordi virus, sporer og cyster har vist seg å ha høyere toleranse mot desinfisering og overlever lenger i vann.(53)

2.5.3 Molekylær kildesporing

Ved funn av kontaminering i drikkevann er det viktig å undersøke hvilken kilde forurensningen stammer fra. Dette kalles mikrobiell «source tracking», eller kildesporing. Den fekale forurensningen måles som regel ved hjelp av indikatorbakterier som *E. Coli* eller enterokokker. De fekale bakteriene har et sett av varierende karakteristikker som skal kunne knyttes til kildens gener. Kilden kan for eksempel stamme fra mennesker, husdyr eller villdyr. Det finnes flere metoder for kildesporing. En av dem er PCR-metoden, en molekylær metode som har vist seg å være en anerkjent og god måte å gjøre kildesporing. PCR står for «polymerase chain reaction», en metode som har evnen til å skille mellom ulike typer bakterier. (66)

PCR er en metode hvor man amplifiserer DNA. Det velges ut en primer som er spesifikk til den gensekvensen man ønsker å amplifisere. PCR-metoden består av flere trinn der man benytter ulike enzymer og nukleotider. Temperaturen på løsningen er en viktig del av de ulike trinnene. For å oppnå tilstrekkelig kopiert DNA må trinnene gjentas i flere sykluser. Prøvesvaret visualiseres på en agarosegel tilsatt ethidiumbromid.(67)

2.6 Retningslinjer

For å holde en viss kvalitet på drikkevannet på tvers av landegrenser og ved vannbehandlingsanlegg, lages det standarder og forskrifter som skal sikre kvaliteten. Slike veilednings- og kravdokumenter kan variere fra land til land, men det finnes også internasjonale organ som har laget kvalitetsnormer for drikkevannet. I dag er det WHO sine normer som er ledende. Det stilles stadig strengere krav til drikkevannskvalitet fordi det stadig oppdages potensielle helseskadelige stoffer i drikkevann. Det er hovedsakelig de organiske mikroforurensningene som gjør at det stilles strengere krav til rensing.(36)

Formålet med WHO sin «Guidelines for Drinking-water Quality» er å være et retningsgivende grunnlag for nasjonale og regionale praksiser for drikkevannshåndtering. Den skal opplyse om helsemessige konsekvenser av forurenset drikkevann og behandlingsløsninger som er anvendelige i både lav-, middelsinntekt og industrialiserte land. På denne måten er hovedmålet til WHO å bidra til å beskytte verdenshelsen og legge til rette for at trusler mot drikkevann skal kunne håndteres før skaden blir for stor.(5)

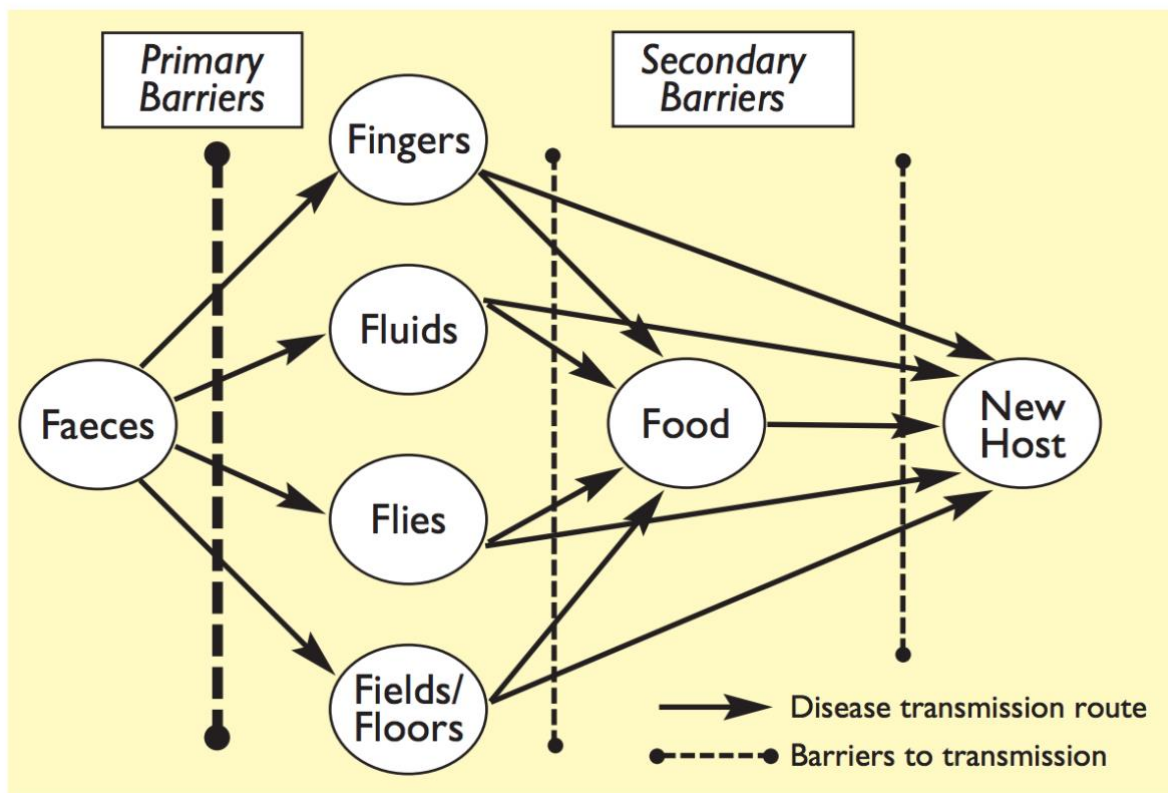
Sør-Afrika har utviklet sine egne retningslinjer. «South African Water Quality Guidelines» fra 1996 er opparbeidet med utgangspunkt i WHO sin «Guidelines for Drinking Water Quality» fra 1984 og tilhørende «Recommendations» fra 1993. De har også hentet inspirasjon fra australske og kanadiske retningslinjer, og fra European Community(EC) Drinking Water Standards (1989).(68) I dag kjenner vi dette som den europeiske unionen sine direktiver for vannkvalitet. I «South African Water Quality Guidelines» oppgis det tilsynelatende ingen grenseverdier for ulike parametere, men det gis oversikt over hvilke effekter de ulike parameterne vil ha i ulike mengder. Sør-Afrika har derimot en standard for drikkevannskvalitet, SANS 241:2015. Denne oppgir mer spesifikt hvilke verdier det stilles krav til ved det mikrobielle, fysiske, kjemiske og estetiske. I Tabell 2 ser man grenseverdiene som er satt for relevante parametere.(69)

MICROBIOLOGICAL DETERMINANDS		
	Risk	Limits
<i>E. coli</i> or Faecal coliforms count/100ml	health	Not detected
Total coliforms count/100ml.	Operational	< 10
PHYSICAL, AESTHETIC, OPERATIONAL AND CHEMICAL DETERMINANDS		
Conductivity at 25degC mS/m	aesthetic	≤ 170
Total dissolved solids mg/L	aesthetic	≤ 1200
pH at 25degC	operational	≥ 5 and ≤ 9.7
<p>- Health risks: parameters falling outside these limits may cause acute or chronic health problems in individuals.</p> <p>- Aesthetic risks: parameters falling outside these limits indicate that water is visually, aromatically or palatably unacceptable.</p> <p>- Operational risks: parameters falling outside these limits may indicate that operational procedures to ensure water quality standards are met may have failed.</p>		

TABELL 2 GRENSEVERDIER FOR RELEVANTE PARAMETERE GITT I SANS 241:2015. (69)

2.7 «The faecal-oral route»

«The faecal-oral route», også kjent som F-diagram, er en billedlig fremstilling av hvilke veier fekal forurensning kan ta for å komme seg fra en «bærer» som gjør fra seg, til en ny «bærer» som inntar kontamineringen via fingre, mat eller drikkevann. Det finnes mange ulike F-diagram, ettersom de kan tilpasses til aktuelle tilfeller. Ved å fremstille overføringen av smitte på denne måten, kommer det tydelig frem hva som er forurensningskilde og hvilke smittespredere som overfører underveis. Den grunnleggende smitteoverføringen i et F-diagram representerer flesteparten av diarétilfeller og en del tilfeller av innvollsorm. Et representativt eksempel av et F-diagram fra WHO er presentert i Figur 10. (60)



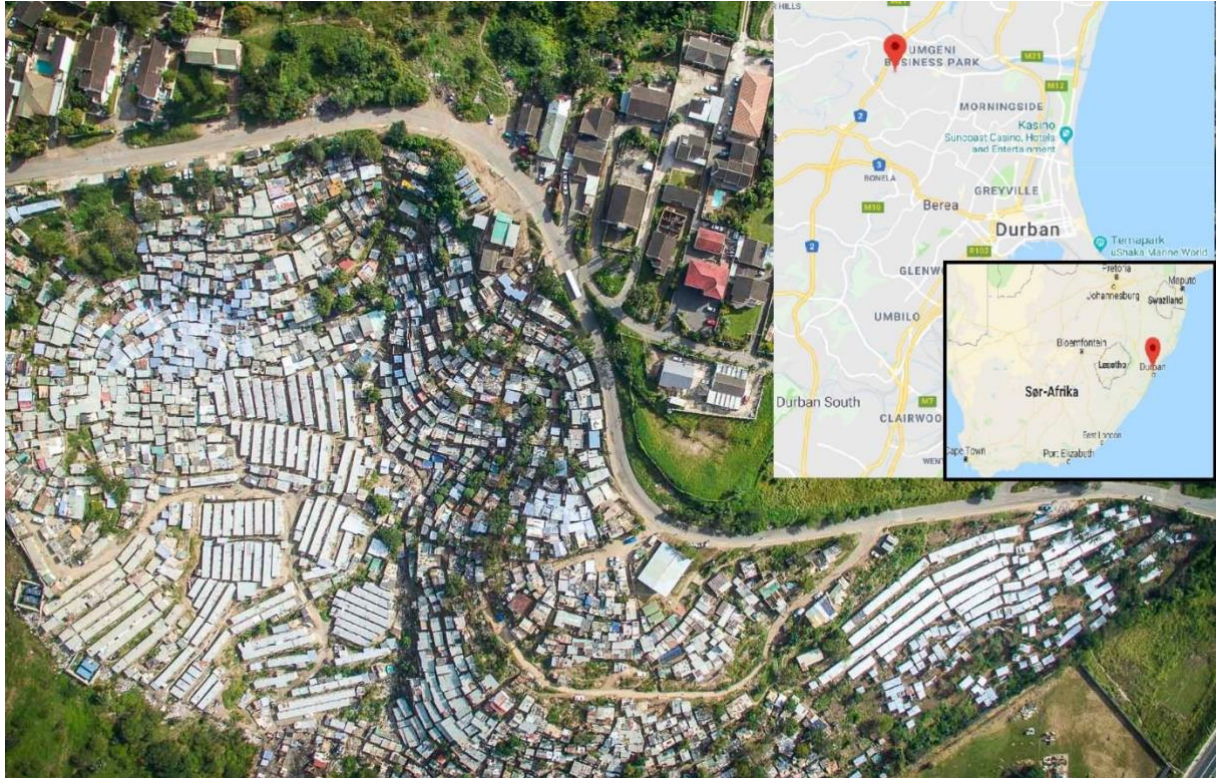
FIGUR 10 EKSEMPEL PÅ F-DIAGRAM, GITT AV WHO (60)

I F-diagrammet i Figur 11 er det også satt inn barrierer. Disse skal vise hvor i overføringsveien det burde iverksettes tiltak for å hindre videre smittespredning. Likevel legges det vekt på at forurensning må håndteres ved opprinnelig kilde. (60)

For å kunne se en helsemessig effekt av forbedring av sanitære forhold, er det ikke bare utfordringer knyttet til «open defecation» og dårlige latriner som må bekjempes. Også forurensningskilder som gråvann fra tøy- og kroppsvask, overvann og avfall må håndteres. Dette tatt i betraktning, mener WHO likevel at det er trygg håndtering av menneske ekskrement som er den kritiske måten å bryte den sykdomsbærende syklusen mellom avføring og munn.(60) Derfor er gode, trygge sanitære forhold en essensiell barriere for å hindre smittespredningen.(70)

3 Metode

3.1 Studieområde



FIGUR 11 OVERSIKT KENNEDY ROAD. FRA «DURBAN METRO», AV J. MILLER, 2016.

[HTTPS://WWW.BEHANCE.NET/GALLERY/40280223/DURBAN-METRO](https://www.behance.net/gallery/40280223/Durban-Metro). MODIFISERT VED HJELP AV GOOGLE MAPS.

Feltarbeidet ble utført i løpet av februar 2019 i Durban, en by som på sørøstkysten av Sør-Afrika. Klimaet er fuktig og subtropisk. Årstidene på den sørlige halvkule er motsatt av den nordlige halvkule, det vil si at sommeren er mellom desember og februar, og vinter mellom juni og august. I februar ligger temperaturen mellom 21-29°C og det er en av de varmeste månedene i året. I løpet av de siste 10 årene har gjennomsnittlig nedbør i februar vært på ca. 54 mm i måneden (Vedlegg 1).

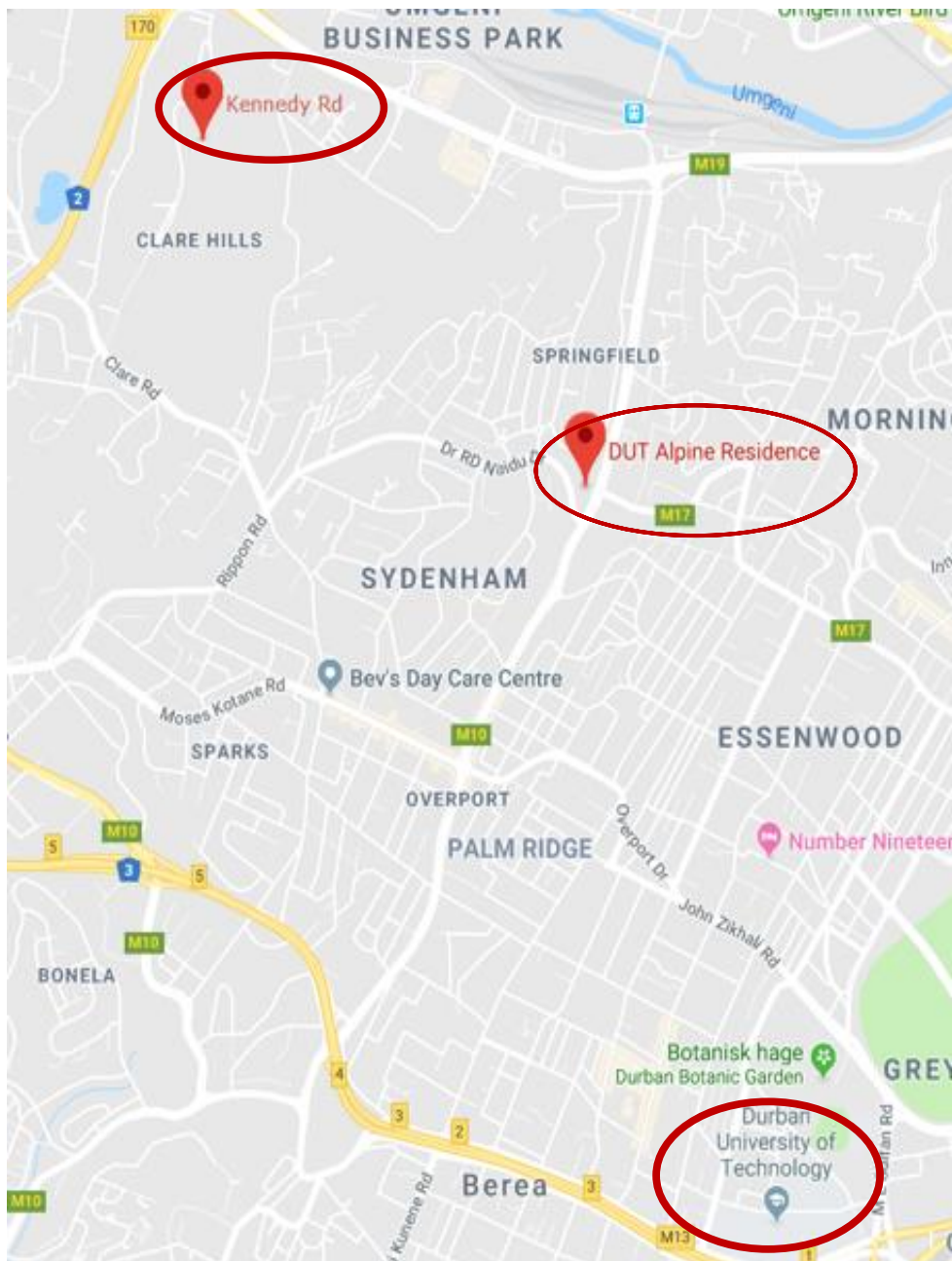
Etter å ha besøkt tre aktuelle bosettinger, ble Kennedy Road Informal Settlement valgt som studieområde (se Figur 11). Valg av område var på bakgrunn av tilgjengelighet til området og det at størrelsen på bosettingen så ut til å passe omfanget av studien vår. Tilgang til lokal tolk ble også en utslagsgivende faktor. En ressursperson fra kommunen som hadde en pågående studie ved samme bosetting var tilgjengelig for oss.

Kennedy Road Informal Settlement dukket opp mot slutten av 1970-tallet, og har siden vokst i tritt med urbaniseringen i Durban. Området ligger i et bratt terreng og i nærheten av et avfallsdeponi og motorvei. Bosettingen er ellers omringet av eneboliger som tilhører den indiske middelklassen. Data fra 2011 viser at Kennedy Road-bosettingen hadde ca. 5500 innbyggere og nærmere 3200 husstander.(71) Veksttendenser indikerer at dette tallet kan være en del høyere i dag. Man kan blant annet se en tydelig fortettingsprosess fra 2009 til 2016, vist i Figur 12.



FIGUR 12 SAMMENLIGNING AV KENNEDY ROAD 2009-2016, DURBAN. KHUMALO 2018

Feltarbeidet foregikk hovedsakelig i Kennedy Road, men det ble også tatt noen prøver fra en studentbolig som ligger på følgende adresse; DUT Alpine Residence 347 Alpine Road, Springfield, Durban, 4091 (Figur 13). Denne studentboligen ligger ca. 2,4 km fra Kennedy Road Informal Settlement i luftlinje, og boligen får vannet sitt fra samme vannkilde, vannbehandlingsanlegg og distribusjonsnettverk. Prøvene tatt i studentboligen skulle fungere som kontrollmålinger for vannkvaliteten på distribusjonsnettverket.



FIGUR 13 ILLUSTRASJONSKART FOR Å VISE Plassering av studentboligen. (GOOGLE MAPS)

3.2 Valg av metode

3.2.1 Prøvetaking

Fra hvert prøvepunkt ble det samlet inn totalt 100 ml, fordelt i to 50 ml sterile beholdere. Beholderne ble lagt i en kjølebag og videre analysert for *E. coli* og koliforme bakterier på laboratoriet. Prøvene som påviste *E. coli* og koliforme bakterier ble tatt vare på for en molekylær analyse (PCR-analyse), i håp om å finne kilden til kontamineringen.

Utenom de innsamlede 100 ml vannprøvene som ble fraktet til laboratoriet, ble det foretatt målinger av fysiske og kjemiske parametere i feltet. Disse målingene foregikk i en egen beholder, og utstyret ble skylt med destillert vann mellom hvert prøvepunkt. De kjemiske og fysiske parameterne ble analysert med et multimeter (YSI 556 MPS) den første dagen. Grunnet redusert tilgang til apparatet de resterende dagene, ble vannprøvene deretter analysert med et enkelt apparat som måler temperatur og pH. Multimeteret gav resultater for parameterne pH, temperatur, oppløst oksygen, TDS, saltinnhold og konduktivitet.

3.2.2 Analysering

Det finnes flere måter å analysere mikrobielle parametere. I vårt tilfelle ville man som regel benyttet membranfiltrering som metode, da dette er anbefalt metode for drikkevann av WHO.(72) Vi ønsket å begrense rammene rundt prøvetakingen, på grunn av antagelser om store forekomster av mikrober i vannprøvene, og begrenset tidsrom. Dette ble altså utslagsgivende i valget om å ikke benytte membranfiltreringsmetoden. Denne metoden kan være ganske omfangsrik, både når det gjelder tid og utstyr. Det ble også etterhvert tydelig at oppgaven vår dreiet fokuset mot å få ekstrahert DNA fra *E. coli* og koliforme bakterier og finne kildene til forurensing. I og med at det ikke er behov for å påvise bakterier fra hele prøven (100 ml) for å gjennomføre kildesporing, ble dette heller ikke en del av metoden vår.

3.3 Prøveomfanget

Det ble tatt 87 vannprøver fra hus, ni prøver fra «community ablution blocks», tre prøver fra «standpipes» og 16 prøver fra ulovlige vannkraner i Kennedy Road. Fra studentboligen ble det tatt 24 vannprøver. Alle prøvene ble analysert for temperatur, pH, *E. coli* og koliforme.

Prøvene ble samlet inn i tidsrommet kl. 09-14 på de respektive dagene 12., 14., 20. og 21. februar, og holdt kjølig frem til analysering kunne starte. De innsamlede prøvene ble analysert før det hadde gått 24 timer fra prøvetakingstidspunktet, og resultater ble avlest 20-24 timer etter at prøven ble satt i inkubatorovn ved 37°C.

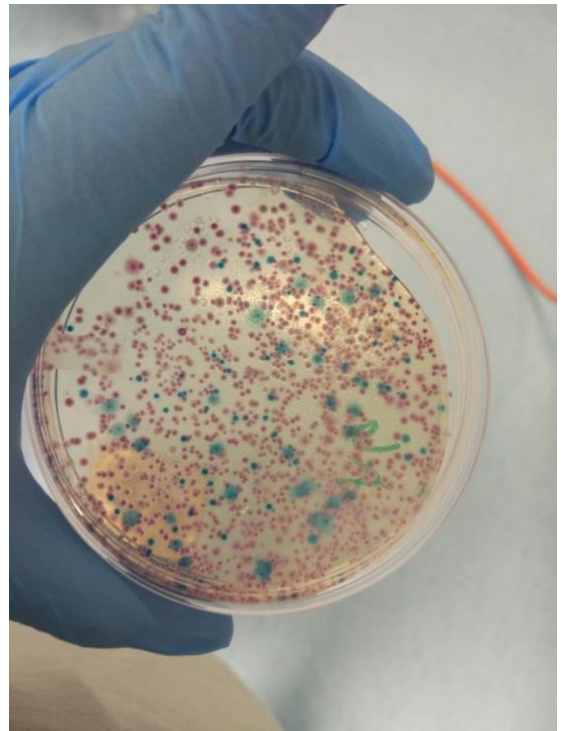
3.4 Mikrobiell analyse

3.4.1 *E. Coli* og koliforme bakterier

Prøvene som ble tatt ute i feltet og fraktet til laboratoriet i en kjølebag, ble analysert for koliforme bakterier og *E. coli*. For analysering av koliforme bakterier og *E. coli* ble det brukt et kromogent medium (CHROMagar ECC) for å dyrke frem bakteriene. Dette mediet ble tilberedt etter retningslinjer fra leverandør (se Vedlegg 2).

Fra hvert prøvepunkt hvor det ble samlet inn to beholdere som hver rommer 50 ml, ble bare et lite prøvevolum analysert. Fra hver 50 ml vannprøve, ble 100 µl analysert. Disse 100 µl fra vannprøven ble tilført petriskålen med den kromogene agaren, for deretter å bli jevnt fordelt utover agaren med en glasstav. Etter utsåing ble prøven inkubert ved 37°C i 20-24 timer. For mer spesifikk labprosedyre se Vedlegg 3.

Etter inkubering ble prøveresultatene avlest. Metoden her ble å manuelt telle over hvor mange kolonier av koliforme (lilla) og *E. coli* (blå) som hadde vokst frem i petriskålen etter 20-24 timer (se Figur 14 for eksempel).



FIGUR 14 PÅVISNING AV BÅDE *E. COLI* OG KOLIFORME BAKTERIER FRA ET AV PRØVEPUNKTENE.

3.4.2 Kildesporing av *E. coli* og koliforme bakterier

I tillegg til analyser for påvisningen av *E. coli* og koliforme bakterier, ble det foretatt en molekylæranalyse for å finne kilden til denne kontamineringen i drikkevannet. Dette ble gjort i et ønske å finne ut i hvilken grad *E. coli*-DNA stammer fra menneske, hund, kveg, gris og fjærkre. Analysen ble gjennomført av personell ved Durban University of Technology (DUT).

Som en del av denne analysen ble DNA ekstrahert og kvalitetssikret. DNA-et ble ekstrahert fra petriskåler som hadde påvisninger av *E. coli* og koliforme kolonier etter inkubering på ECC mediet. Det ble benyttet Dneasy Powerlyzer Microbial DNA-ekstraksjonskit for å ekstrahere DNA. Ekstraheringen ble gjennomført etter produsentens egen protokoll. For å måle kvaliteten på DNA-et etter ekstraheringen, ble det brukt Implem Nanophotometer NP80. Det ekstraherte DNA-et gjennomgikk så en PCR-prosess for å amplifisere (kopiere) DNA-et. PCR-primere som er spesifikke for mennesker, hund, kveg, gris og fjærkre ble benyttet. Se primere i Tabell 3.

HOST	FUNCTION Primer name	SEQUENCE5'-3'	Reference
Human <i>E. coli</i>	ycjM_F: ycjM_R	TGTCTGCAACCATATGTCGGA AATCCACATAACCTGCCAGG	(Deng et al., 2015)
	ST1B F ST1B R	TTCACCTTCCCTCAGGATG GCACCCGGTACAAGCAGGATT	(Abe et al., 1992)
Dogs	papG F PapG R	CCCAGCTTTGTTATTTTCCTTG TTCTTACCATGGCTGTATGTCG	(Kariyawasam and Nolan, 2011)
Poultry	Efer13-F Efer13-R	GGGCATAAATCTGGTTGGC CGGGCATAACCATAACAATCG	(Simmons et al., 2014)
Cattle <i>E. coli</i>	Cattle F Cattle R	GGGTGTGCATTTTCAGCGAC TGGTATATTCCGGGTGGACG	(Khatib et al., 2002)
PIG <i>E. coli</i>	Pig F Pig R	GCCTATGCATCTACACAATC TGAGAAATGGACAATGTCCG	(Osek, 2001)

TABELL 3 PCR-PRIMERE

Resultatet etter PCR-kjøringen ble visualisert ved hjelp av gelelektroforese med 1% agarosegel tilsatt TBE-buffer og fargestoffet ethidium bromide. For mer detaljert fremgangsmåte se Vedlegg 4.

3.5 Øvrig data

3.5.1 Spørsmål og observasjoner

Til tross for at det ikke ble organisert en mer omfattende spørreundersøkelse, ble det likevel stilt spørsmål om hvor husholdningen henter vannet sitt fra, og hvordan vannet oppbevares innendørs. Det var den lokale guiden, Ncamisile, som fungerte som tolk når vi møtte folk som kun snakket zuluspråket. Det ble tatt bilder på hvert prøvepunkt, med mål om å kunne fange opp koordinatene. Dette ble bare delvis vellykket, da GPS-signalen på telefonen var noe ustabil og gav en del ukorrekte koordinater. Det dannet likevel en representativ oversikt over prøvepunktene fordelt i området (se Vedlegg 5). Det ble tatt mange bilder for å dokumentere forhold og omgivelser. Observasjoner ble gjort kontinuerlig gjennom hele prøvetakingsperioden. Til tider ble det behov for å justere planlagt fremgangsmåte, alt etter hva som ble observert.

3.5.2 Sekundærdata

Sammen med oss i feltarbeidet var studenten Frida Celius Kalheim fra Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Parallelt med studien vår, hadde hun fokus på overflateavrenning. Prøvene hun tok i Kennedy Road varierte fra gråvann ved «standpipes» og CABs, til avrenning fra avskaffede latriner. Resultatene hennes var data som vi fortløpende fikk tilgang til, og disse resultatene har vært med på å styrke studien vår. Resultatene fra denne studien kan man finne i Vedlegg 6.

4 Resultat og diskusjon

4.1 Generelle observasjoner i Kennedy Road

Dette studiet ble startet med lite erfaring og manglende innsikt i hvordan forholdene i en «informal settlements» er, med tanke på mangel på vann og sanitære forhold, fattigdom og kulturforskjeller. Det ble derfor foretatt en befaringsrunde den første dagen for å finne et egnet sted for studien. Kennedy Road Informal Settlement ble valgt ut som studieområde. Bebyggelsen i Kennedy Road består av skur laget av bølgeblekk og noe trevirke. Det er tett mellom hjemmene og smale passasjer. Terrenget er bratt og ulendt. Det var få tilkomstveier for biler, og ingen av de aktuelle veiene nådde helt ned i kjernen av bosettingen. Det tok ikke lang tid før man kunne observere at det de sanitære fasilitetene var begrenset. Det var mye avfall, avrenning på bakken og latriner som så forfalne ut. Noe av avrenningsvannet på bakken stammet trolig fra klesvask ved CAB og «standpipes».



FIGUR 15 KENNEDY ROAD INFORMAL SETTLEMENT, DURBAN. FEBRUAR 2019.

Befolkningen var imøtekommende og viste interesse for studien. Blant innbyggerne var det mange barn som vandret barføtt i de smale passasjene. I bosettingen kunne man komme over flere dyr, deriblant hunder, katter, høns og rotter.

I forkant av prøvetakingen ble det laget et oversiktskart over ønskede prøvetakningspunkt. Denne prøvetakingsoversikten viste seg å være vanskelig å følge, noen ganger grunnet vanskelig fremkommelighet til husstandene, og ofte grunnet at folk hadde reist på jobb. Dermed ble denne fremgangsmåten forkastet. Prøvepunktene ble forsøkt spredd godt utover, avhengig av hvem som var tilgjengelig og var villig til å gi vann.

I Kennedy Road Informal Settlement er det totalt 14 CAB-stasjoner fordelt på fire områder, og fem «standpipes». Plasseringen på disse ser man på kartet i Figur 16 med unntak av en «standpipe» som ikke kunne koordinatbestemmes. Av kartet ser man at alle CABs ligger i ytterkant av området og at flere stasjoner er konsentrert på noen få steder.



FIGUR 16 OVERSIKTSBILDE: PLASSERING AV COMMUNITY ABLUTION BLOCKS OG STANDPIPES

Kennedy Road Informal Settlement ser ut til å ha mange av de samme utfordringene som ofte forbindes med «informal settlements» generelt. Bosettingen er i utgangspunktet ulovlig, og myndighetene ønsker ofte å heller gi landområder til entreprenører enn å åpne for at de som bor ulovlig får en mulighet til å bygge på lovlig grunn. Det er krevende og dyrt for kommunen å kontinuerlig levere grunnleggende tjenester til bosettingene. eThekwini sørger for gratis vannforsyning og betjening av CABs for sine «informal settlements», men tall viser at eThekwini er en av Sør-Afrikas metropolske områder som ligger dårligst an på statistikken når det gjelder forbedrede sanitære anlegg. På dette feltet er altså forbedringspotensialet stort.

4.2 Vanddistribusjon, lagring og sanitære forhold

4.2.1 Ledningsnett

Det finnes offentlig ledningsnett i og rundt Kennedy Road. Det skyldes i all hovedsak at det ligger boligbebyggelse på oppsiden av bosettingen i Kennedy Road. Vannet forsynes fra Umgeni Water sitt vannbehandlingsanlegg og distribueres av eThekwini. Det vi har fått informasjon om, er at det kun er «community ablution blocks» og «standpipes» som er koblet på det offentlige vannforsynings- og avløpsnett. Dette forteller oss at øvrig ledningsnett for vannforsyning innad i Kennedy Road Informal Settlement er ulovlig tilkoblet.

Vi observerte et komplekst nettverk av store og små rør og koblinger, som både lå på og under bakken. Noen rør var frittliggende og hadde åpne ender, kanskje med intensjon om å lede vekk overvann, men noen av disse var tilsynelatende blokkerte (se Figur 17). Man kunne se, og til tider høre lekkasjer i ledningene. For flere bilder av ledningsnett se Vedlegg 9.



FIGUR 17 RØR FOR Å AVLEDE AVRENNINGSVANN ER TILSYNELATENDE BLOKKERT. DURBAN, FEBRUAR 2019

4.2.2 «Community ablution blocks»



FIGUR 18 COMMUNITY ABLUTION BLOCKS VED KENNEDY ROAD. DURBAN, FEBRUAR 2019.

«Community ablution blocks» (CAB) er godt synlige, blå containere som man ser ved veien når man ankommer Kennedy Road (se Figur 18). Alle CABs i området er satt opp med intensjonen om å tilby innbyggerne i bosettingen et såkalt «improved» sanitæranlegg, og er koblet til det offentlige vann- og avløpssystemet. Man ser dem to og to sammen, en til kvinner og en til menn. Kvaliteten på CABs varierte. Noen var nyere, og noen ble bedre vedlikeholdt enn andre.

En vanlig CAB for kvinner hadde tre-fire toaletter med nedtrekks-funksjon, ett-to dusjrom og en stasjon for håndvask. Fasilitetene så ikke ut til å være tilrettelagt for barn. Noen CABs var åpenbart mindre stelt enn andre, selv om hver CAB i teorien skulle ha renholdspersonell. Flere av toalettene manglet toalettpapir, det var lite eller ingen såpe for håndvask, og gulvet bar preg av avrenningsvannet som samlet seg på utsiden. Disse faktorene kan være årsaker til spredning av fekale bakterier.

Flere CABs manglet tappekran på både vaskekummene ute og vaskene inne. Dette skal skyldes at de stjeles, antageligvis fordi selve kranene kan være av verdi, i og med at de er laget av metall. For innbyggerne som bor ved disse CABs, er konsekvensen av dette å måtte ta med verktøy for å kunne åpne ventilen. Denne uønskede løsningen kan være et

problem. For det første vil ingen tappefunksjon og ingen reguleringskontroll over vannstrålen sannsynligvis bidra til økt bruk av de andre, ulovlige kranene. For det andre vil det å rote med verktøy og fingre utgjøre en risiko for kontaminering av vannforsyningen. Det skaper også en forhøyet terskel for å praktisere håndvask etter bruk av toalettet.

Et problem rundt vannforsyningen ved CABs, var mengden vann som gikk til spille og ble avrenningsvann som følge av at folk vasket klær ved vaskekummene på utsiden. Ved enkelte CAB-stasjoner så det ut til at noe avrenningsvann gikk i renner, men noen steder gikk vannet likevel ikke unna, sannsynligvis grunnet tette sluker. Utløpet fra vaskekummene skal gå i det kommunale avløpsnett, men når folk fyller baljene sine og vasker tøy utenfor kummene, ser det ut til at de velger å tømme gråvannet rett på bakken, i stedet for i utløpet.

4.2.3 «Standpipe»

I Kennedy Road-bosettingen var det fem kommunale «standpipes». Dette er offentlige vannforsyningskraner (Figur 19) hvor innbyggerne kan hente rent vann direkte fra byens distribusjonsnettverk, i tillegg til CAB-stasjonene. Tjenesten er gratis for innbyggerne ved Kennedy Road.

«Standpipes» ble brukt til å fylle vann i bøtter, baljer eller kanner som ble båret hjem, men det var også flere kvinner som stod ved «standpipes» for å ta hele klesvasken sin. Vannkranene hadde nokså lik utforming, men det var ulike mekanismer for å få tilførsel av vann. Noen hadde en slags krannøkkel som man måtte vri på, og en hadde en «løftelås» som man måtte holde oppe for å få vannet til å renne. Ved noen «standpipes» var det mulig å la vannet renne uten at man var til stede, ulempen med dette er at man sløser med vannet og at det genererer avrenning.



FIGUR 19 "STANDPIPE" VED KENNEDY ROAD SETTLEMENT. DURBAN, FEBRUAR 2019.

I prøvetakingsperioden var det bare tre av fem «standpipes» som faktisk forsynte vann. Dette kan skyldes dårlig vedlikehold eller at kommunene ligger etter når det gjelder reparasjoner. I seg selv er det en utfordring at det finnes så få «standpipes». At det i tillegg er nesten halvparten av dem ikke forsyner vann, øker incentivet for å sette opp og benytte ulovlige kraner.

4.2.4 Vannkraner

Under feltarbeidet kunne vi observere langt flere ulovlige vannkraner enn det vi hadde forestilt oss på forhånd. Det var mange ulike kreative løsninger på hvordan disse kranene var satt opp, og mange av kranene var defekte og hadde mangler. Ofte lå ledningene som førte fram til kranene oppå bakken, og hadde dårlige koblinger. Vannkranene var gjerne primitivt satt opp og festet til planker og stolper som var forankret i bakken. Under prøvetakingen kom vi over noen kraner som manglet vann, og en del kraner lakk (se Figur 20). Enkelte plasser var armaturet til kranene helt ødelagte.



FIGUR 20 EN ULOVLIG OPPSATT VANNKRAN MED TYDELIGE MANGLER OG LEKKASJE. KENNEDY ROAD, DURBAN, FEBRUAR 2019.

4.2.5 Lagringsenheter for vann

Observasjonene tilsa at de fleste som oppbevarte vann i hjemmene sine benyttet store bøtter, baljer og kanner av plast. Noen av beholderne hadde lokk, men dette gjaldt ikke alle. Innbyggerne benyttet alle slags mulige redskaper for å ta vann fra lagringsenhetene. Alt fra kopper, krus, og målebeger, til små drikkeglass og øser ble brukt. Enkelte dyppet redskapet rett i beholderen og det lagrede vannet. Andre helte heller vannet over i redskapet. Som nevnt i teoridelen, er det vanlig at folk dypper redskaper ned i beholderen, i stedet for å helle fra.

4.2.6 Sanitære alternativer

Det tok oss ikke lang tid på vår første dag med befaring å forstå at «community ablution blocks» ikke er de eneste sanitære anleggene som finnes i området. Man kunne observere pit latriner og noen VIP-toalett plassert nokså jevnt gjennom hele bebyggelsen. Ifølge de kommunale arbeiderne vi var i kontakt med, ble disse frittliggende toalettene avskaffet i 2016. Dette betyr at de ikke lenger skal være i bruk, noe de tilsynelatende fremdeles er. Avskaffingen har i praksis vist seg å være lite effektiv. Det har i Kennedy Road sitt tilfelle resultert i at beboerne fremdeles benytter disse sanitære fasilitetene til tross for at de ikke lenger vil betjenes og tømmes. Dette utgjør en trussel for spredning av sykdom og diaréforekomster.

Det virker som at frykten for at toalettene ikke lenger tømmes har ført til at noen familier har kjøpt inn hengelås, og med låsen erklærer de ett bestemt toalett for sitt eget. Ved å gjøre dette kan de begrense hvor mange som bruker toalettene, for ved mindre bruk, vil det gå lenger tid før det er behov for tømning. Hvem som tømmer latrinene når de er fulle og hvordan, eller om de blir tømt i det hele tatt, er vanskelig å si noe om.

At minst noen av (de vi har sett på) latrinene er i bruk, er det ikke tvil om. Ved å se på tilstanden på selve toalettet og omgivelsene rundt (golv, vegger, tak, avrenning utenfor), er det umiddelbart tydelig at disse er hyppig brukt. Man forstår raskt at det er snakk om en stor fekal smittefare for de som bruker og bor rundt latrinene. Latriner uten tak står i fare for å fylles og renne over dersom det kommer store nedbørsmengder som fyller gropen.

Noen VIP-toaletter var å få øye på i Kennedy Road. Disse skal i teorien være «improved» sanitære anlegg. VIP-toalettene mister denne kvalitetsstemplingen når de ikke lenger tømmes eller hvis de i enkelte tilfeller mangler tak. På denne måten vil VIP-toaletter som forfaller utgjøre smitterisiko ved at insekter og rotter trekkes mot avføringen i latrinene og sprer fekal forurensning.

4.2.7 Avrenningsvann og avfall

Som nevnt tidligere, kommer mye av avrenningsvannet fra «standpipes», CABs, og fra lekkasjer i det interne ledningsnett. Det var også noen innbyggere som tømte gråvannet rett på bakken utenfor hjemmet. Avrenningsvannet samler seg opp i terrengets ujevnheter og bekker som kanskje allerede er fulle av avfall. Regnvann er også en utslagsgivende kilde til avrenningsvann.

Avfall er sammensatt av mange ulike komponenter som er potensielle kilder til forurensning. Avrenningsvannet får ofte med seg avfall, smått og stort, men ikke minst havner sivevann fra avfall i avrenningsvannet. Omliggende avfall er også med på å lokke til seg skadedyr og insekter som kan spre smitte. Avfallshåndtering i Kennedy Road er ikke tilstrekkelig. I tråd med topografien, havner tilsynelatende mesteparten av avfall og avrenningsvann nederst i bebyggelsen.

4.3 Vannkvalitet

Vannkvaliteten direkte fra ledningsnettene viste seg å være bedre enn vi på forhånd forventet. I tillegg til at drikkevannet tilsynelatende virket rent og klart, viste også prøvesvarene fra alle lovlige og ulovlige vannkraner ingen funn av mikrobiell kontaminering. Dette samsvarer også med de negative prøveresultatene fra studentboligen.

4.3.1 Fysiske og kjemiske parametre

De fysiske og kjemiske resultatene (Tabell 4 og Vedlegg 7) fra de ulike prøvepunktene overholder kravene til pH, TDS og konduktivitet som er stilt i Sør-Afrikas standard SANS 241:2015. Oppløst oksygen og saltinnhold ligger innenfor normale verdier som er ønskelig for drikkevann. Alle maksimums- og minimumsverdier er innenfor grenseverdiene som er satt. Temperaturen på vannet var noe høy. Dette kan skyldes at temperaturen ute var høy (ca. 28-30°C), og at lite av det interne ledningsnett er fullstendig nedgravd. Spesielt ved ett prøvepunkt viste temperaturen 37,9°C, og vi observerte der at tilhørende ledning var godt synlig på bakken og ble oppvarmet av sola.

Resultatene viser at det er størst variasjon i maks- og minimumstemperaturer ved vannkraner og hus. Temperaturene fra husholdningene var høye. Dette kan skyldes at de fleste lagret vannet i beholderen inne i hjemmene sine og ikke i et kjøleskap. Det var noen husholdninger som hadde vannkran innendørs, der temperaturen også var høy. Dette kan igjen komme av at ledningen ligger oppå bakken. Den høye temperaturen kan føre til at vannet ikke virker like friskt når man skal drikke det og gir gode vekstvilkår for bakterier.

Parameter	Prøvepunkter	Gjennomsnitt	Max.	Min.
Temperatur °C	CAB	29,24	32,6	27,9
	Standpipe	27,42	27,75	27,11
	Kran	29,44	33,6	26,3
	Lagringsenheter	28,4	37,9	25,4
pH	CAB	7,57	7,76	7,37
	Standpipe	7,59	7,63	7,52
	Kran	7,65	7,81	7,38
	Lagringsenheter	7,62	8,52	7,2
TDS Totalt oppløst tørrstoff g/l	CAB	0,197	-	-
	Standpipe	0,193	0,193	0,193
	Kran	0,194	0,195	0,194
	Lagringsenheter	0,196	0,2	0,19
DO Oppløst oksygen mg O ₂ /l	CAB	5,51	-	-
	Standpipe	6,77	7,19	6,35
	Kran	7,4	9,31	6,2
	Lagringsenheter	7,261	12,66	4,95
Saltinnhold ‰	CAB	0,14	-	-
	Standpipe	0,14	0,14	0,14
	Kran	0,14	0,14	0,14
	Lagringsenheter	0,141	0,15	0,14
Konduktivitet µS/cm	CAB	303	-	-
	Standpipe	297	298	296
	Kran	298,5	299	298
	Lagringsenheter	301,2	312	295

TABELL 4 RESULTATER FOR FYSISKE OG KJEMISKE PARAMETERE, KENNEDY ROAD INFORMAL SETTLEMENT

Av sikkerhetsmessige årsaker fikk vi ikke tatt prøvene ved studentboligen selv. Dette betyr at vi heller ikke fikk observert forholdene i omgivelsene rundt. Av prøvesvarene (Tabell 5) ser man at temperatur- og pH forskjellene fra Kennedy Road og studentboligen ikke er så store. I og med at området ikke ble observert, er det vanskelig å vurdere grunnen til at forskjellen er så liten. Det gir oss en mistanke om at rørene som forsyner vannet inn ligger på utsiden av bygget, et opplegg man kunne se på flere bygg i Durban. Likevel kan dette ikke fastslås uten å ha vært der. Det kan også tenkes at temperaturene i utgangspunktet er nokså høye når vannet forlater vannbehandlingsanlegget.

Parameter	Gjennomsnitt	Max.	Min.
Temperatur	29,20	31,5	28,1
pH	7,50	7,74	7,16

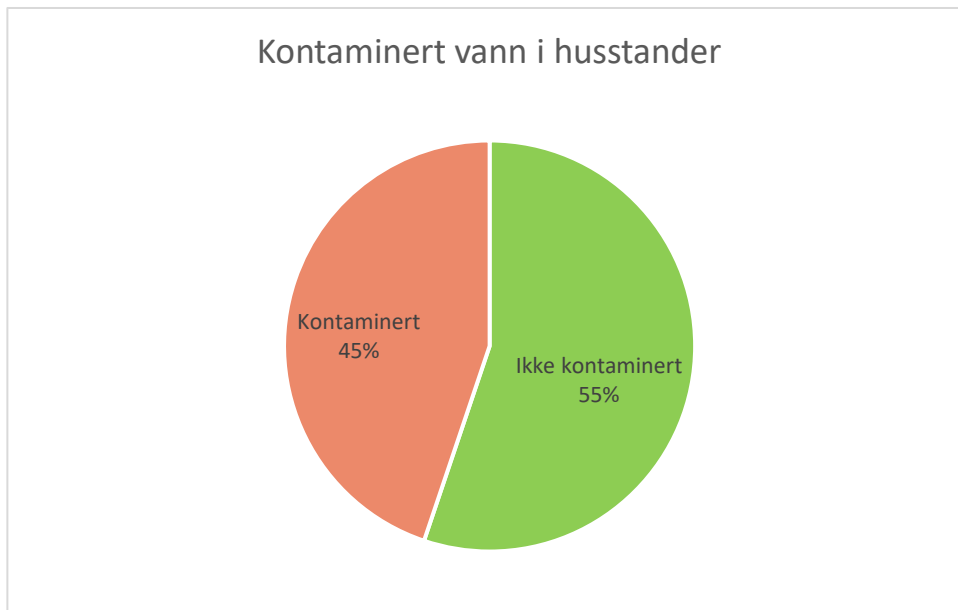
TABELL 5 RESULTATER FOR FYSISKE OG KJEMISKE PARAMETERE, STUDENTBOLIG

Som det kom fram av metodedelen, ble TDS, DO, saltinnhold og konduktivitet bare målt den første dagen på grunn av begrenset tilgang til multimeteret. Dermed ble det kun målt 32 prøvепunkt med multimeteret. Likevel gir resultatene en indikasjon på vannkvaliteten i Kennedy Road Informal Settlement. Optimalt sett skulle vi hatt tilgang til multimeteret gjennom hele prøvetakingsperioden og for prøvetakingen ved studentboligen. Da kunne man foretatt en større sammenligning av vannkvaliteten mellom Kennedy Road og studentboligen. Resultater kunne også gitt en bedre forståelse for de fysiske og kjemiske parameterne på ledningsnett.

4.3.2 Mikrobielle parametere

ECC-agaren skal kunne påvise om *E. Coli* og koliforme bakterier er til stede i vannprøvene. Resultatene våre viser funn av koliforme bakterier og *E. coli* i nærmere 45% av husholdningene (Figur 21 og Vedlegg 8). Det var derimot ingen påvisning fra vannkraner utendørs, CABs eller studentboligen (se Tabell 6). Selv om noen husholdninger hadde tilgang til kran innendørs, kan vi ikke si om eventuell kontaminering kommer fra kranen eller fra beger/øse som vannet ble tatt med.

Man kan spekulere på om analyser ville gitt påvisning av mikrobiell kontaminering fra ledningsnett dersom det for eksempel hadde vært større nedbørsmengder i forkant av prøvetakingen. Det må også tas i betraktning at prøvevolumet som ble analysert for kontaminering var svært lite (100 µl), og at dette kan være en feilkilde. Derfor er ikke grunnlaget godt nok til å fastslå om distribusjonsnett er helt fritt for mikrobiell forurensning.



FIGUR 21 DIAGRAM: RESULTATER FOR MIKROBIELL KONTAMINERING I HUSHOLDNINGER I KENNEDY ROAD.

Mikroorganisme	Prøvepunkter	Resultat
Koliforme bakterier	CAB	0
	Standpipe	0
	Kran	0
	Lagringsenheter	39 av 87 hus
	Stud.bolig	0
<i>E. Coli</i>	CAB	0
	Standpipe	0
	Kran	0
	Lagringsenheter	7 av 87 hus
	Stud.bolig	0

TABELL 6 RESULTATER FOR FUNN AV KOLIFORME BAKTERIER OG *E. COLI*, KENNEDY ROAD.

Som man ser av Tabell 6, påvises det koliforme bakterier i totalt 39 av de 87 husholdningene det ble tatt prøver fra. Av disse var det syv tilfeller av *E. Coli*. Ifølge Sør-Afrikas standard SANS 241:2015 skal det ikke forekomme *E. Coli* i drikkevann, fordi det utgjør en fare for sykdom. Ettersom det ble påvist *E. coli* i noen av vannprøvene, kan det indikere at vannet er kontaminert med avføring. Hva som er kilden til kontamineringen blir videre diskutert i kapitlet om kildeopsporing. På bakgrunn av observasjonene våre og studier knyttet til lignende «informal settlements», var antagelsen å finne en mengde *E. coli* og koliforme bakterier i vannet. Observasjoner som styrket forventningene våre, var

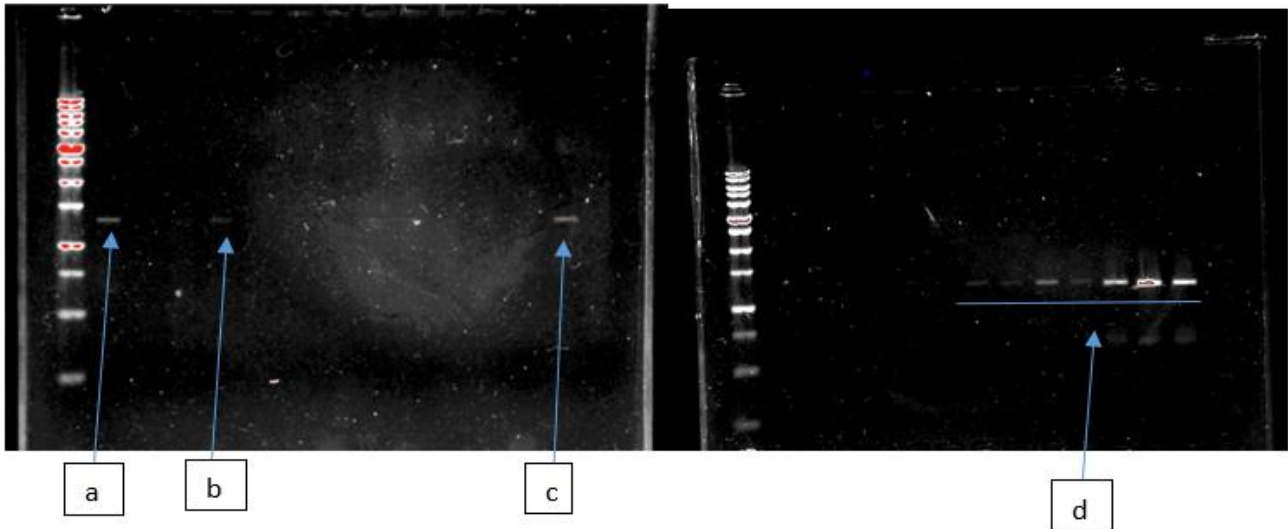
blant annet at noen av innbyggerne i Kennedy Road hadde lange avstander å gå til CAB. Dette kunne indikere at de heller brukte latrinene og ulovlig oppsatte vannkraner. En del avrenningsvann så ut til å være forurenset. Dette viste seg å stemme, noe den parallelle studien rundt avrenningsvannet avslørte. Resultatene der viste (Vedlegg 6) at det var store mengder koliforme bakterier. Det ble også funnet rikelig med *E. coli* i avrenningsvannet, noe som tyder på nokså fersk fekal forurensning.

Det at resultatene fra lovlige forsyningspunkter, ulovlige vannkraner og studentboligen var negative for mikrobiell kontaminering, antyder at vannet som eThekwini forsyner til Kennedy Road Informal Settlement er «safely managed». Dette er i henhold til UNICEF sin kvalitetsrangering av vannforsyning. Det skal innebære at vannet er fritt for fekal og kjemisk kontaminering. Det er med andre ord ingen spesielle grunner til å mistenke at eThekwini sitt offentlige ledningsnett utgjør noen normal trussel overfor den mikrobiellen drikkevannskvaliteten.

4.4 Kildesporing

4.4.1 Resultater

Ved påvist kontaminering av koliforme bakterier og *E.Coli* i 39 av prøvene fra husholdninger, ble de positive prøvene videre analysert ved hjelp av PCR for å finne kilde til kontamineringen. Prøvesvarene ble avlest etter endt gelelektroforese og visualisert på en agarosegel som blir lagt under UV-lys (Figur 22).

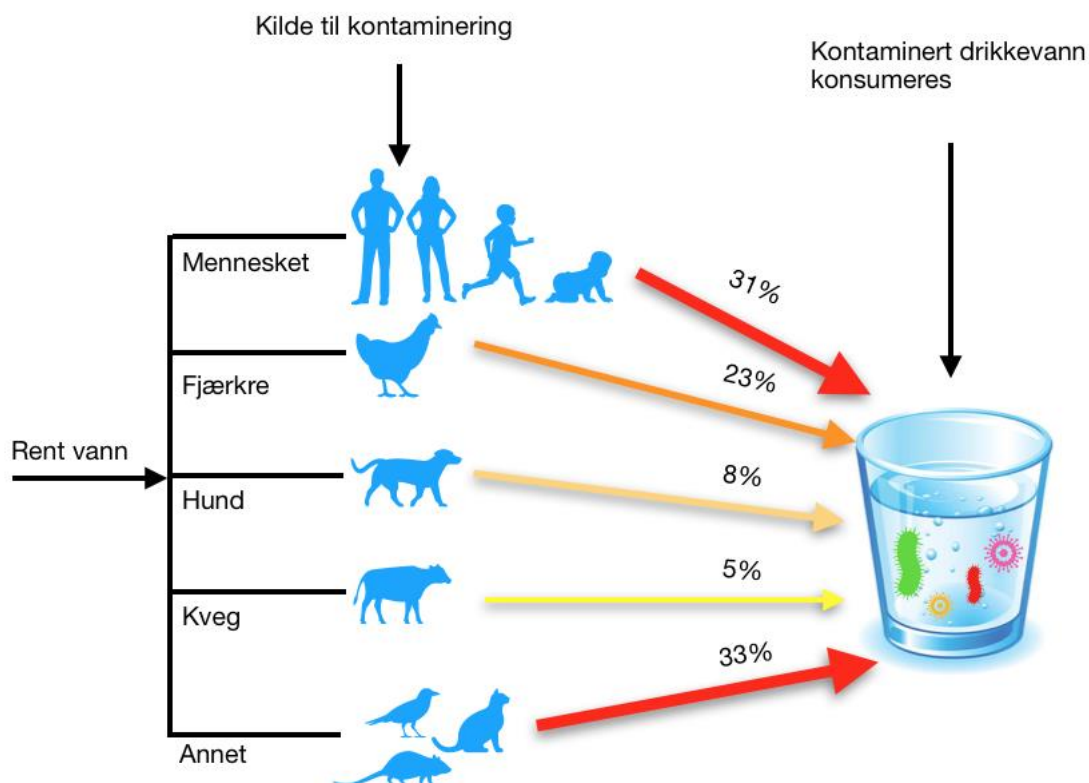


FIGUR 22 FREMSTILLING AV POSITIVE PRØVER FRA MOLEKYLÆR ANALYSE.

Resultatet fra kildesporingen er fremstilt i Figur 23 og Vedlegg 8. Av de positive prøvene stammet 12 fra menneske (31%), ni fra fjærkre (23%), tre fra hund (8%), to fra kveg (5%) og de resterende 13 positive prøvene (33%) hadde uidentifiserbar kilde.

Kildesporing inkluderte også analyser for gris, men ingen av de positive prøvene gav direkte utslag for dette.

Resultat - Kildesporing



FIGUR 23 ILLUSTRATIV FREMSTILLING AV RESULTATER FRA KILDESPORING, KATEGORISERT ETTER PRIMERE.

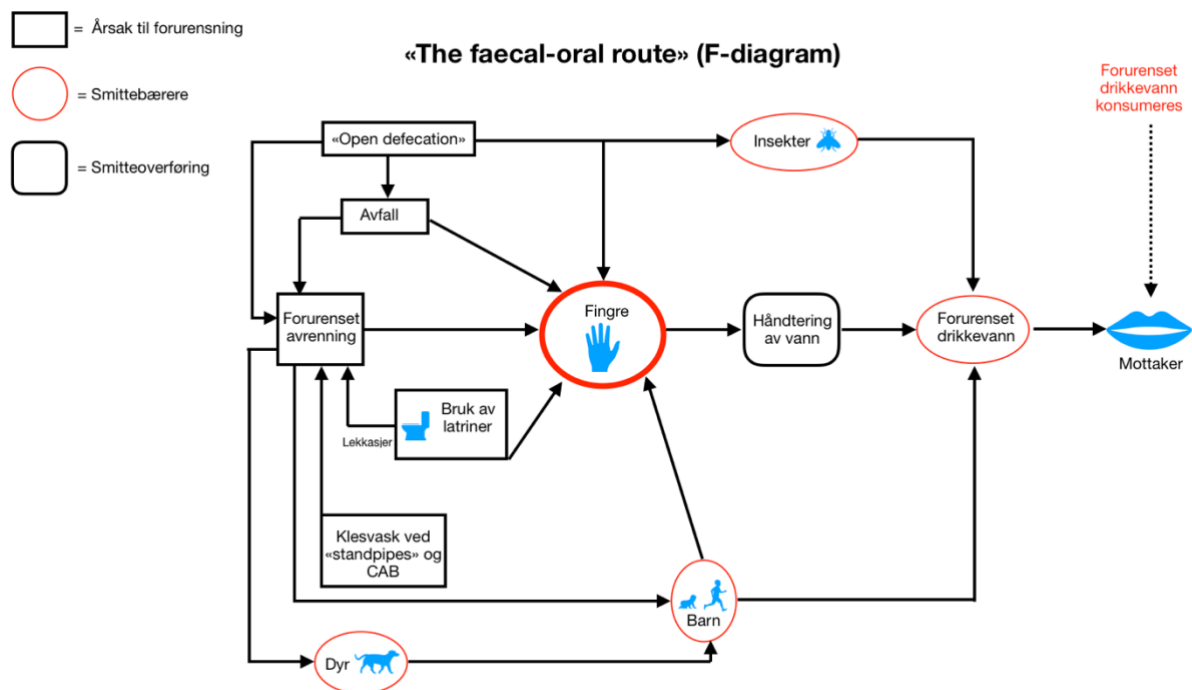
Et av målene med denne studien var å kjøre analyser for kildesporing ved indikatorer på fekal forurensning i drikkevannet. Basert på observasjoner under prøvetaking i Kennedy Road, var resultatene fra kildesporingen ikke overraskende. Man ser blant annet at en relativt stor andel av de positive prøvene for kontaminert drikkevann stammet fra menneskelige fekale bakterier. Tendenser viser at myndigheter stadig jobber for å forbedre de sanitære forholdene ved «informal settlements». Dersom man tar utgangspunkt i tallene presentert for KwaZulu-Natal fra 2011 (Figur 1) som indikerer at 75% av innbyggerne i «informal settlements» har ingen tilgang til sanitære fasiliteter, forstår man at en viktig grunn til menneskelig fekal forurensning kan komme av «open defecation». Vi trenger likevel ikke å fastslå at spredning av fekale bakterier fra mennesket skjer ved praktisering av «open defecation» alene. Ved å reflektere rundt hvor menneskelig avføring kan forekomme i «informal settlements», kan det tenkes at forurensningen også kan komme fra barnebleier som ligger i akkumulert avfall, fra sigevann og lekkasjer fra defekte latriner, eller av manglende hygieniske rutiner.

I Kennedy Road observerte vi både hund og fjærkre. Det er derfor naturlig at kildesporingen gav utslag på disse dyregruppene. Fekal forurensning fra disse antar vi kommer av at de vandrer fritt omkring i området og legger vilkårlig fra seg avføring. Kveg ble derimot ikke observert i eller rundt bosetting. Gitt at feltarbeidet vårt bare gikk over en begrenset periode, kan det heller ikke utelukkes at kveg til tider kan komme på avveie og også vilkårlig legge igjen avføring i et bebodd område. Vi formoder at fekal forurensning fra kveg også kan komme som følge av avrenning fra nærliggende landbruksområder eller av forurenset grunn. Det er vanskelig å anslå hva som inngår i kategorien «annet» i kildesporingen. Katter, rotter og fugler ble hyppig observert i området, og det kan derfor antas at noe fekal forurensning kan komme av disse.

Resultatene fra kildesporingen sett fra et annet perspektiv, viser at den menneskelige kilden til fekal forurensning ikke er en stor andel opp mot de andre kildene samlet. Likevel mener vi at det er viktig å rette fokuset mot den menneskelige kilden, fordi den i teorien skal være håndterbar ved hjelp av de rette inngrepene i den sanitære infrastrukturen.

4.5 Årsaker til spredning av fekal forurensning

For prosjektet vårt ble resultatene fra kildesporingen svært viktige. Resultatene viser oss hvor den fekale forurensningen funnet i drikkevann stammer fra. Å finne den opprinnelige kilden til kontaminering blir avgjørende for å kunne fastslå hvordan fekale bakterier videreføres fra kilden til drikkevannet. Som presentert tidligere i oppgaven, er et F-diagram et godt hjelpemiddel for å visualisere denne «veien» fekal forurensning har frem til drikkevannet og kontaminering av en ny «bærer». Vi har laget et eget diagram som er inspirert av «the faecal-oral route». F-diagrammet er tilpasset og basert på våre erfaringer, observasjoner og resultater fra Kennedy Road Informal Settlement og er presentert i Figur 24.



FIGUR 24 THE FAECAL-ORAL ROUTE, F-DIAGRAM FOR KENNEDY ROAD

Ved å vite hvilke kilder den fekale forurensningen kan stamme fra, burde måten forurensningen sprer seg fra kilden til drikkevannet undersøkes. Det at dyr og mennesker «går på do», uavhengig av hvor, er alene ikke årsak til at drikkevann kontamineres. Det er forflytningen av disse fekale bakteriene som er hovedutfordringen. Målet blir, så tidlig som mulig, å isolere disse bakteriene og hindre at de kommer på avveie. Det kan ligge flere årsaker til grunn for at fekale bakterier kommer på avveie i Kennedy Road Informal Settlement. Vi har resonert oss frem til noen årsaker som, etter observasjonene våre, er sentrale i smitteoverføringen fra «bærer» til ny «bærer». Årsakene er også presentert i F-diagrammet (Figur 24).

Praktisering av «open defecation»: At mennesker gjør fra seg ute i det fri fører til at avføring ligger nokså vilkårlig spredt på området. Konsekvensen av at avføring ikke begrenses i et lukket område, blir at insekter og dyr, men også barn og voksne lett kan bære med seg fekale bakterier via kropp og bein, hender og føtter. Begrensningene for hvor og hva de kan kontaminere deretter er få. Avføringen fra «open defecation» har også en tendens til å bli en del av avrenningsvannet og har potensialet til å spre forurensningen på en effektiv måte. Hunder og katter vandrer inn og ut av hjem, barn og unge uten sko dra hjem og setter seg i familiens seng, insekter lander direkte på mat og vann, foreldre plukker opp barna sine og tar i hendene deres. Til slutt brukes hendene til å lage mat og til å ta drikkevann fra hjemmets lagringsenhet. Uten en hygienisk barriere her, foreligger det en fare for at vann og mat som konsumeres er kontaminert av fekale bakterier.

Avfall: I hauger av oppsamlet søppel på området ligger det barnebleier. Igjen vandrer dyr i avfallet, kanskje i håp om å finne mat. De kan ende opp med å ta med seg fekale bakterier, til barn og unge, og direkte til husholdningene. Avfallet vil også danne avrenningsvann, for eksempel ved regnskyll.

Bruk av latriner: Å benytte seg av latrinene og toaletter ved CABs skal i utgangspunktet være forebyggende mot spredning av fekale bakterier. Likevel så man at det siger eller lekker skittent vann fra flere av de defekte latrinene som brukes i Kennedy Road. På denne måten forurenses omgivelsene og dette bidrar til mer og kontaminert avrenningsvann.

En spesielt tungtveiende ulempe med at disse latrinene fremdeles brukes, er at disse sanitære fasilitetene ikke har noe anlegg for håndvask. Ut ifra dette kan man danne en teori om at folk tar med seg fekale bakterier etter latrinebesøket tilbake til hjemmene sine, og derifra sprer bakteriene seg gjennom matlaging og smitter det oppbevarte drikkevannet ved å ha urutinerte måter å håndtere det.

En av fordelene med latriner, er at de ikke har behov for tilførsel av vann. Likevel krever latriner, som et sanitært alternativ, god konstruksjon og regelmessig vedlikehold og forvaltning (for eksempel tømning). Latrinene er lite plasskrevende og har potensiale til å fordeles nokså jevnt i bebyggelsen, men dette krever blant annet tilkomstveier. Vask og tømning må prioriteres for å kunne danne en hygienisk barriere og dermed unngå smittespredning.

CAB og «standpipes»: Litteraturen forteller at CABs teoretisk sett skal være dimensjonerte for 100 husstander. Gitt at dette gjelder kun én enkelt blokk, for eksempel kun for kvinner, betyr det at Kennedy Road kanskje bare mangler noen blokker til for å at det sanitære tilbudet skal være dimensjonert etter antall beboere. Av ca. 3200 husstander er det beregnet at 28 CABs har kapasitet til ca. 2800 av dem. Her skal det også tas hensyn til at innbyggertall og antall husstander i Kennedy Road Informal Settlement i dag kan være nokså ulikt det som er presentert i oppgaven. En fordel med CAB er for eksempel at den har større kapasitet og generelt sett er en bedre fasilitet enn latrinene, i og med at man både får tilgang til innlagt vann og vaskefasiliteter.

Til tross for at det kanskje er nok sanitære fasiliteter for innbyggerne gjennom CABs, har vi sett at defekte latriner spredt i området fremdeles er i bruk. Det kan tenkes at dette i noen grad kan skyldes distansene til CABs. Dessverre frykter vi at distansene også kan være en avgjørende faktor hos de som velger å praktisere «open defecation». Dette gjelder kanskje spesielt de som skal på do på nattestid. Inntrykket var at spesielt kvinner og barn føler seg utrygge i slike bosettinger om natten og derfor velger å ikke gå lenger enn absolutt nødvendig. Den perifere beliggenheten til CAB blir derfor en ulempe.

Vannet som kommer fra klesvask skal i teorien ikke inneholde fekale bakterier. At klesvasken likevel tas med som en årsak til spredning, er på grunn av de store mengdene vann som blander seg med annen avrenning. Økte mengder avrenning bidrar til mer effektiv spredning av all forurensning som er i avrenningsvannet, spesielt i et område med topografi som Kennedy Road. CAB ser ut til å være et godt tiltak for å forbedre de sanitære forholdene i «informal settlements». Om det er et tiltak som ikke appellerer til eller er funksjonelt for brukerne, bør kanskje andre eller supplerende alternativer undersøkes.

«Standpipes» skal i utgangspunktet være fri for mikrobiell forurensning, ettersom de blir forsynt av det lokale distribusjonsnett. Resultatene våre gav ikke utslag på koliforme bakterier eller *E. coli*, men det er naturligvis ikke utelukket at det kan forekomme. I og med at disse kranene er så flittig brukt av så mange i området, kan det tenkes at selve kranen kan bli kontaminert av hender eller lignende, noe som høyst sannsynlig ville vært unngått ved innlagt vann i husstandene.

Forurenset avrenning: Avrenningsvann kan i større volumer plukke med seg mye på dets vei. Vannet vil derfor være forurenset og det inneholder gjerne en rekke mikroorganismer. Prøveresultater tatt av avrenningsvann i samme «informal settlement» og i samme periode, bekrefter sterk forurensning i dette omkringliggende vannet. Her var det blant annet gjort funn av store mengder *E. coli* og koliforme bakterier (utdypende

resultater på Vedlegg 6). Derfor er det desto viktigere at overvannshåndteringen er på plass, spesielt i slike tettbebygde, fattige strøk. Med så mye avrenningsvann på avveie, ble det åpenbart at dette vannet kunne være en sannsynlig årsak til smitte av vannbårne sykdommer.

Kilder til avrenningsvann vil ikke alene være kilde til kontamineringen av vannet. Som det kommer frem av F-diagrammet (Figur 24) er det avrenningsvannet som tilsynelatende vil ha den mest sammensatte forurensningen. Dårlig sanitær infrastruktur bidrar til at dette avrenningsvannet forflytter seg blant hjem, folk og dyr. De dårlige sanitære fasilitetene og «open defecation» vil være primære årsaker til kontaminering av avrenningen. Det at 68% av innbyggerne i «informal settlements» i Sør-Afrika hadde ingen tilgang til et sanitæranlegg kan fortelle oss at det fremdeles er for mye «open defecation» i disse bebyggelsene. «Open defecation», i tillegg til avrenning fra latrinene, mener vi er en avgjørende faktor for den påviste fekale forurensningen i overvannet i Kennedy Road, og denne forurensningen kan i stor grad bidra til kontaminert drikkevann og vannrelaterte sykdomsforekomster.

I F-diagrammet vårt er forurenset avrenningsvann koblet til alle overnevnte punkter. Hovedgrunnen til at avrenningsvannet er så sentralt i spredningen av fekal forurensning, kan tenkes å være at dette vannet berører så store deler av omgivelsene sine. Avrenningsvannet er i kontakt med mennesker, dyr, insekter, grunnen, bygninger, sko, klær og mye mer.

Håndtering av vann: En sannsynlig årsak til funn av koliforme bakterier og *E. coli* kan være at beholderne for det første er åpne, og for det andre at de har for store åpninger. Dette kan senke terskelen for at folk tar hender og redskaper i vannet, i tillegg til at insekter og barnehender har mye lettere for å komme til i fravær av et lokk. Jerry Bucket hadde vært en god løsning for mange i denne sammenhengen. En observert måte for hvordan smitte kan forflyttes til innsiden av lagringsenhetene, var at bøtter ble stablet inn i hverandre. På denne måten kan en bøtte som stod på bakken bringe forurensning fra bøttens ytre flater, til innsiden av den bøtten den stables i.

Å dyppe redskaper utgjør en betydelig fare for forurensning av det lagrede drikkevannet. Det kan enten skyldes at redskapet som blir benyttet ikke er tilstrekkelig rengjort eller at hendene kommer i kontakt med vannet. Derfor er det ikke overraskende at en del studier viser at vann som i utgangspunktet er rent ved hentepunktet blir kontaminert, enten ved frakt eller ved lagring. Med utgangspunkt i andre studier og i observasjoner, er

det da heller ikke overraskende at det var i det lagrede vannet fra husholdningene gav påvisninger av koliforme bakterier og *E. coli*.

Øvrige årsaker – ledningsnett og vannkraner: Som beskrevet i teoridelen, kan lekkasjer og hull i ledningsnettet være en potensiell kilde til forurensning av drikkevannet. Innlekking av forurenset vann og omliggende partikler kan ved undertrykk på ledningene suges inn i ledningen. Derfor er det lite gunstig at store deler av ledningsnettet i Kennedy Road ligger oppå bakken med forurenset avrenningsvann og avfall rundt seg. De mange ulovlige tilkoblingene er også en stor potensiell kilde til forurensning av vannet.

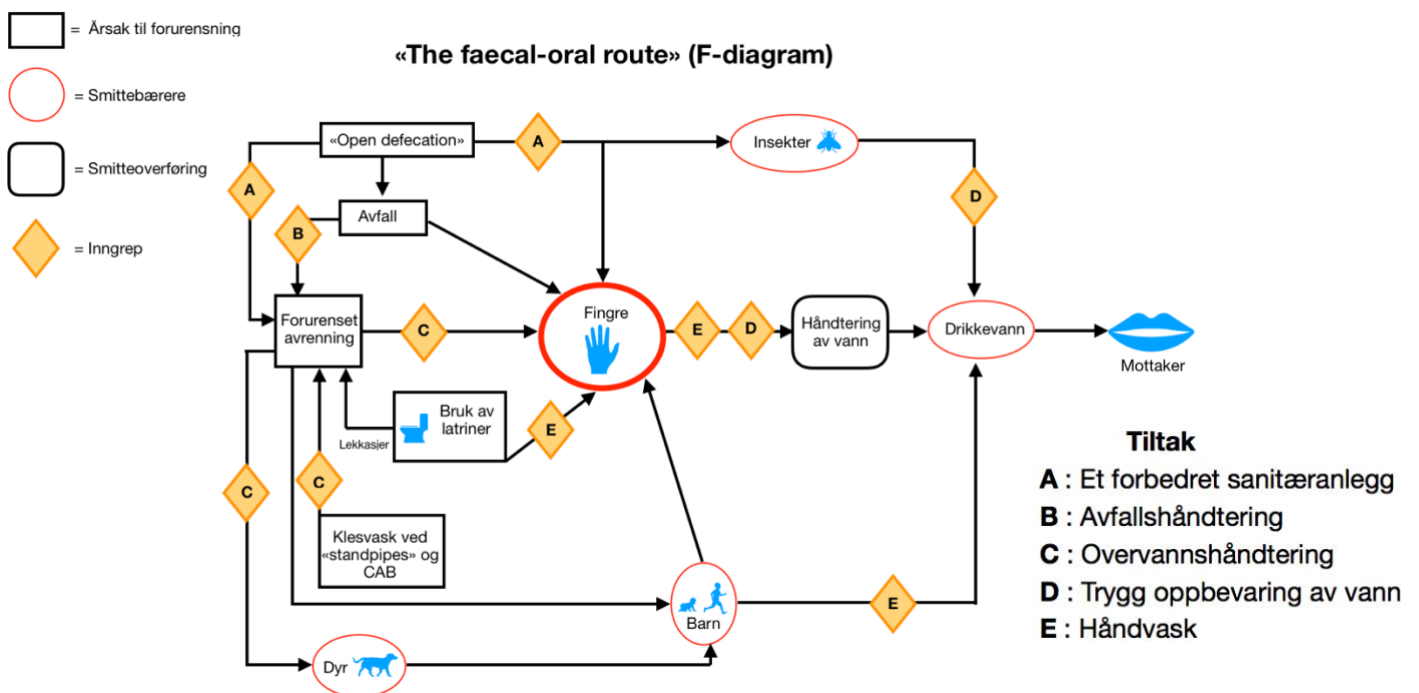
Ved å se på det interne ledningsnettet i Kennedy Road, stilles det spørsmål om i hvilken grad de negative prøvesvarene våre fra vannkranene er representative for normalen. Tvilen er begrunnet i ovennevnte observasjoner av defekte ledninger og koblinger som ligger oppå bakken og kontinuerlig er utsatt for forurensning. Det er altså vår mening at det interne ledningsnettet i Kennedy Road per i dag ikke nødvendigvis skal klassifiseres som en beskyttende barriere for drikkevannet som forsynes til innbyggerne.

Selv om vannkranene hadde en rekke mangler og var ulovlig satt opp, viste resultatene våre fra vannkraner ingen kontaminering i form av *E. coli* eller koliforme bakterier. Dette bekrefter igjen at vannet forsynt av eThekweni som kommer fra Umgeni vannbehandlingsanlegg er av god nok mikrobiell kvalitet til at det også er trygt å drikke når det ankommer forbrukerne. Etter observasjonene våre virket det noen ganger overraskende at resultatene fra disse kranene var negative for kontaminering. Som nevnt, fantes det tydelige tegn til at ledningsnettet som ligger inne i Kennedy Road er sårbart for kontaminering. Det kan altså foreligge en risiko for smitte av vannbårne sykdommer via de ulovlige kranene, til tross for våre resultater.

4.6 Tiltak

4.6.1 Forbedrende tiltak i F-diagram

Det presenterte F-diagrammet ovenfor viser hvilke veier fekal forurensning kan gå fra avføring til drikkevann som igjen smitter mennesker. Vi har gjort noen inngrep i F-diagrammet som skal illustrere hva vi mener skal til for å bryte "the faecal-oral route" og hvor tiltak burde settes inn. Det modifiserte F-diagrammet er presentert i Figur 25.



FIGUR 25 F-DIAGRAM MED FORSLAG TIL INNGREP, FOR KENNEDY ROAD.

A: Å ha tilgang til og benytte et forbedret sanitæranlegg: Det å ha tilgang til et fungerende og hygienisk sanitært anlegg ser vi kan være svært avgjørende for å hindre og isolere spredningen av fekal bakterier. Utryddelsen av «open defecation» helt essensielt for å få til dette. Avføring må komme minst mulig på avveie og minst mulig være i kontakt med mennesker.

B: Etablering av avfallshåndtering. Ved å få en kontrollert og ikke minst brukervennlig avfallshåndtering, vil man forhåpentligvis eliminere at bleier og matrester kommer på avveie. Dette kan forebygge smittespredning via rotter og insekter.

C: Håndtering av overvann og avrenningsvann: Ved å lede avrenningsvannet vekk fra husstandene og oppholdsområder, kan det unngås at barn og voksne kommer i kontakt med dette forurensede vannet. En følge av at avrenningen samles på en mer kontrollert måte, kan også være at dyr ikke i like stor grad vandrer gjennom vannet.

D: Trygg oppbevaring av vann: Vi har sett at tiltak som gjør lagring av vann tryggere, kan utgjøre en forskjell for den mikrobielle drikkevannskvaliteten. Enkle mekanismer som finnes på de nye Jerry Buckets hindrer forurensningens adgang til vannet, og sikrer dermed kvaliteten.

E: Håndvask: Som presentert i teorien, er håndvask og bruk av såpe den mest effektive måten å bekjempe de fekale bakteriene. For å oppfordre til denne praksisen er det viktig å legge til rette for at det faktisk kan praktiseres. Et foretrukket anlegg for håndvask vil være en som er koblet til vannforsyningen, men noe så enkelt som en Tippy Tap vil kunne gjøre en stor hygienisk forskjell.

Det er viktig å legge vekt på og å forstå at foreslåtte tiltak hver for seg kun vil utgjøre en begrenset forbedring. På F-diagrammet vårt ser man at flere kilder til kontaminering er uavhengige og utgjør dermed en trussel til tross for at det iverksettes tiltak for andre forurensningskilder. Dette betyr likevel ikke at foreslåtte løsninger og tiltak for kildene hver for seg vil være forgjeves. De fleste korrigerende inngrep i sanitære forhold vil sannsynligvis ha en forbedrende effekt og redusere spredningen av fekal kontaminering.

4.6.2 Forslag til forbedringer i Kennedy Road

Tatt i betraktning de sanitære forholdene i Kennedy Road i sin helhet, har vi vurdert noen løsninger som kan være mest aktuelle og gjennomførbare for situasjonen slik den er i dag.

Et alternativ kan for eksempel være å gjeninnføre bruk av latriner. Dette kan føles som en regresjon, i og med at det allerede har skjedd en avskaffelse, men realiteten er at avskaffelsen alene har ikke vært vellykket, grunnet fortsatt bruk. Derfor kan det tenkes at avskaffelsen enten burde fullstendig gjøres ved å fysisk fjerne de eksisterende latrinene, eller ved å gjenopprette og forbedre de som fremdeles er der i dag. Fordeler ved gjeninnføre latrinebruken vil for mange være at det er kortere distanser til en sanitær fasilitet, noe som også vil skape tryggere omstendigheter for kvinner og barn på nattestid. Det kan også potensielt føre til at færre føler behovet for å gjøre fra seg i det

fri. Ulemper med denne løsningen kan være at det vil kreve mye arbeid for å bygge latrinene til en standard som er god nok, og det vil kreve tilrettelegging av den interne infrastrukturen. Utfordringen ligger i at man ønsker å plassere flest mulig latriner mest mulig jevnt fordelt i bebyggelsen, men at man samtidig trenger å tilkomst til latrinene for å få tømt dem med jevne mellomrom.

Ettersom CABs i dag ligger samlet og perifert, kunne et alternativ vært å installere flere som ligger mer sentralt i bosettingen, gitt tilgang til det offentlige ledningsnett. Dette vil føre til kortere vei for de som bor i bebyggelsens kjerne og redusere praktisering av «open defecation». En god egenskap med CAB er at det dekker flere hygieniske behov og har nokså stor kapasitet. Prognoser tyder på at populasjonen i Kennedy Road vil stige, derfor blir også etterspørselen etter flere sanitære anlegg større. Da er det gunstig å installere flere CABs som vil dekke et stort behov. Ved å installere CABs får man flere doer, dusjer og plasser hvor man kan vaske klær og hente vann. Nye CABs vil også skape nye arbeidsplasser for de lokale fordi det trengs vedlikeholds- og renholdspersonell. Ulempene med å etablere flere CABs er at en må mest sannsynlig legge opp nye rørtraseer, noe som krever graving og riving av eksisterende bebyggelse, og er generelt mer plasskrevende.

Et alternativ for å bedre forholdene i bosettingen kan også være å supplere med «standpipes» og påse at disse blir jevnt fordelt utover Kennedy Road. Dette er forhåpentligvis med på å redusere mengden med ulovlige kraner som blir satt opp, fordi distansen blir kortere. Det kan også være aktuelt å vurdere om man skal benytte en annen type «standpipe», som i større grad er vannbesparende og har en sluk som samler opp overflødig vann. Som presentert tidligere, kan et eksempel på en slik «standpipe» kan være Ecogator Communal Standpipe. Ved å ha en «standpipe»-stasjon med sluk, hindrer man at det blir dannet større mengder overflateavrenning. Ulempen med å spre «standpipes» utover er at en må legge opp en del nye rørtraseer.

Som nevnt tidligere finnes det gode alternativer for oppbevaring av drikkevann som ikke nødvendigvis har høye kostnader. Man kan komme langt med noe så enkelt som en Jerry Bucket med et godt, tett lokk og en tappefunksjon. Fordelene blir at vannet under påfylling gjennom bare en mindre åpning er bedre beskyttet mot forurensning fra omgivelsene, at hender og insekter ikke berører vannet under frakten, og at vannet beskyttes av lokket under oppbevaringsperioden. Tappekran fjerner behovet for å berøre vannet når man ønsker å forsyne seg av det. At en slik løsning ikke krever enorme investeringer burde være et insentiv for at kommunen skal ønske å forsyne innbyggerne i «informal settlements» med produktet. Dette er et lite tiltak som kan gjøre en stor forskjell for den mikrobielle kvaliteten på drikkevannet som de har i hjemmene sine.

Likevel løser dette ikke problemer knyttet til de sanitære forholdene. Selv om den fekale forurensningen ikke nødvendigvis når menneskene gjennom drikkevannet, ligger det fremdeles potensiale for å bli smittet på annet vis.

Et viktig tiltak som også skal nevnes i denne sammenhengen er utdanning og opplæring om viktigheten av gode sanitære forhold og ikke minst viktigheten av å praktisere gode hygieniske rutiner i hverdagen. Dette er et tiltak som vil ta tid fordi det er snakk om holdnings- og atferdsendringer. Likevel vil det å skape en forståelse for hvordan spredning av mikrober kan stanses, kunne gi gode resultater på lang sikt.

Foreslåtte tiltak burde naturligvis kartlegges mer på detaljnivå for å kunne vurdere hva som ville passet best for Kennedy Road og vært mest overkommelig å gjennomføre. For å ta gode beslutninger om hva som er det beste alternativet for Kennedy Road, er det viktig at man tar høyde for befolkningsvekst, eksisterende ledningsnett, framtidsutsiktene og kommunens framtidige planer for bosettingen.

5 Konklusjon

Ved å undersøke den mikrobielle drikkevannskvaliteten i en «informal settlement» i Sør-Afrika, har vi fått innsikt i en rekke interessante forhold. De positive resultatene fra oppbevart drikkevann fra husstandene hadde påvisning av koliforme bakterier og *E. coli*. Med slik påvisning fikk vi muligheten til å foreta kildeporingsanalyser for å identifisere hvor den mikrobielle kontamineringen stammet fra. Disse analysene gav oss et godt grunnlag for å antyde hvilke veier fekale forurensninger kan ta – fra avføring til drikkevann. Resultatene viste mikrobiell kontaminering i drikkevannet i 39 av 87 undersøkte husstander. Kilden til forurensning var menneskelig avføring i ca. 1 av 3 av disse tilfellene.

Vi har lagt frem noen tiltak som kan være med på å forbedre de sanitære forholdene i Kennedy Road. Det kan være å gjeninnføre bruken av latriner og legge bedre til rette for tømning og vedlikeholdsarbeid. Det kan være å utvide tilgjengelighet til CABS ved å installere stasjoner så spredt som mulig i bebyggelsen. Uavhengig av hva som gjøres med de sanitære fasilitetene, anbefaler vi også at kommunen supplerer med «standpipes» for å sikre trygg tilgang til drikkevann. Dessuten vil det å forsyne husstandene med hensiktsmessige vannbeholdere, være et budsjettvennlig og antageligvis bakteriereduserende tiltak.

De sanitære forholdene i Kennedy Road Informal Settlement så ut til å generelt være i dårlig fatning, med unntak av de «community ablution blocks» som var velstelt og vedlikeholdt. Det er hovedsakelig de forfallende latrinene, avrenningsvannet og avfallet som gir inntrykk av en svak og sårbar sanitær infrastruktur. Vi har kommet frem til at det er nettopp latrinene, avrenningsvannet og avfallet som er tungtveiende årsaker til at fekale bakterier kan spres til drikkevannet i hjemmene. Inkludert i begrepet sanitære forhold ligger det å ha mulighet til å praktisere forebyggende hygienerutiner, noe som tilsynelatende var fraværende i Kennedy Road sin bebyggelse. Sammen med løsninger for den sanitære infrastrukturen, er det viktig å legge til rette for håndvask og belyse dens rolle i sykdomsforebygging. Med dette kan vi konkludere at relasjonen mellom kvaliteten på de sanitære forholdene og drikkevannskvaliteten er sterk. Dermed vil forbedring av sanitære forhold kunne bidra til forbedring av drikkevannskvalitet i hjemmet.

Viktigheten av å tenke langsiktig for dette området må understrekes. Kennedy Road som en «informal settlement» har eksistert i mange år og vil høyst sannsynlig ikke oppløses med det første. De sanitære forholdene er avgjørende for helse og livskvalitet, og oppgradering burde derfor prioriteres.

6 Referanseliste

1. International Decade for Action «Water for Life» 2005-2015. Focus Areas: The human right to water and sanitation [Internett]. [sitert 26. mars 2019]. Tilgjengelig på: https://www.un.org/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
2. Water, Hygiene and Sanitation Barometer 2018 [Internett]. [sitert 13. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/2018-Water-Hygiene-and-Sanitation-Barometer.pdf>
3. Den globale vannkrisen [Internett]. Kirkens Nødhjelp. [sitert 26. mars 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.kirkensnodhjelp.no/gi-stotte/gi-gave/bedriftstotte/temamagasiner/kloden1/kloden/den-globale-vannkrisen/>
4. People practicing open defecation (% of population) | Data [Internett]. [sitert 27. mars 2019]. Tilgjengelig på: <https://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.ODFC.ZS>
5. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4th utg. WHO; 2017. 631 s.
6. Befolkning [Internett]. [sitert 31. mars 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Befolkning>
7. UN-Water. Urbanization [Internett]. UN-Water. [sitert 22. mars 2019]. Tilgjengelig på: <http://www.unwater.org/water-facts/urbanization/>
8. Befolkning i byområder [Internett]. [sitert 31. mars 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/Statistikk/Befolkning-i-byomraader>
9. Brown-Luthango M, Reyes E, Gubevu M. Informal settlement upgrading and safety: experiences from Cape Town, South Africa. J Hous Built Environ. september 2017;32(3):471–93.
10. Opisa S, Odiere MR, Jura WGZO, Karanja DMS, Mwinzi PNM. Faecal contamination of public water sources in informal settlements of Kisumu City, western Kenya. Water Sci Technol. 1. desember 2012;66(12):2674–81.
11. World Health Organization, UNICEF, Water Supply and Sanitation Collaborative Council, WHO/UNICEF Joint Water Supply and Sanitation Monitoring Programme, redaktører. Global water supply and sanitation assessment 2000 report. Geneva : New York: World Health Organization ; UNICEF; 2000. 80 s.
12. Fattigdom [Internett]. [sitert 13. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Fattigdom>
13. Global nedprioritering av bistand til vann og sanitær [Internett]. FIVAS. 2017 [sitert 7. april 2019]. Tilgjengelig på: <http://fivas.org/frontsak/global-nedprioritering-av-bistand-til-vann-og-sanitaer/>
14. De livsviktige dråpene | UNICEF [Internett]. [sitert 12. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.unicef.no/nyheter/21423/de-livsviktige-drapene>
15. Open defecation | JMP [Internett]. [sitert 7. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://washdata.org/open-defecation>

16. WHO | Water, sanitation and hygiene interventions and the prevention of diarrhoea [Internett]. WHO. [sitert 7. april 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/elena/titles/bbc/wsh_diarrhoea/en/
17. Arct R, rune.arct er S. FNs bærekraftsmål [Internett]. [sitert 26. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>
18. Tjønneland E. Økonomi og næringsliv i Sør-Afrika. I: Store norske leksikon [Internett]. 2019 [sitert 13. april 2019]. Tilgjengelig på: http://snl.no/%C3%98konomi_og_n%C3%A6ringsliv_i_S%C3%B8r-Afrika
19. Access to Housing 2015.pdf [Internett]. [sitert 13. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.sahrc.org.za/home/21/files/Access%20to%20Housing%202015.pdf>
20. Palmer I, Graham N, Swilling M, Robinson B, Eales K, Fisher-Jeffes L, mfl. South Africa's Urban Infrastructure Challenge. :41.
21. Sør-Afrika [Internett]. [sitert 7. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/Land/Soer-Afrika?indicator=Tilgang%20til%20rent%20vann&id=505>
22. WASHwatch.org - South Africa [Internett]. [sitert 10. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://washwatch.org/en/countries/south-africa/summary/statistics/>
23. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene [Internett]. [sitert 13. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf>
24. Sør-Afrika [Internett]. [sitert 7. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.fn.no/Land/Soer-Afrika?indicator=Tilgang%20til%20velutbyggede%20sanit%C3%A6ranlegg&id=1323>
25. South Africa: Informal settlements Status (2013) [Internett]. [sitert 26. april 2019]. Tilgjengelig på: http://www.thehda.co.za/uploads/files/HDA_South_Africa_Report_Ir.pdf
26. Sør-Afrikas befolkning. I: Store norske leksikon [Internett]. 2019 [sitert 10. april 2019]. Tilgjengelig på: http://snl.no/S%C3%B8r-Afrikas_befolkning
27. KwaZulu-Natal: Informal settlements Status (2013) [Internett]. [sitert 26. april 2019]. Tilgjengelig på: http://thehda.co.za/pdf/uploads/multimedia/HDA_KwaZulu-Natal_Report_Ir.pdf
28. Ramlal P. Informal settlements. 2019.
29. eThekweni Development Framework 2019-2020 [Internett]. [sitert 1. mai 2019]. Tilgjengelig på: http://www.durban.gov.za/City_Services/development_planning_management/Documents/Draft%20SDF%202019-2020_Jan%202019%20REPORT.pdf
30. Incremental Informal Settlement Upgrading [Internett]. [sitert 10. april 2019]. Tilgjengelig på: http://www.durban.gov.za/City_Services/housing/Pages/Incremental-Informal-Settlement-Upgrading.aspx
31. Most inovative and progressive water utility in Africa - Selected Highlights. eThekweni Water & Sanitation; 2014 s. 30.

32. Policies and Practices of the eThekweni Municipality Water and Sanitation Unit [Internett]. [sitert 26. april 2019]. Tilgjengelig på: http://www.durban.gov.za/City_Services/water_sanitation/Policies_Plans_Guidelines/Documents/380443_2.pdf
33. Statistics South Africa. General Household Survey 2016 [Internett]. South Africa: STATS SA; 2018 mai [sitert 4. juli 2019] s. 177. Tilgjengelig på: <https://www.statssa.gov.za/publications/P0318/P03182016.pdf>
34. Drinking water | JMP [Internett]. [sitert 2. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://washdata.org/monitoring/drinking-water>
35. Annex 1: Safely managed drinking water services [Internett]. [sitert 18. april 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/indicator-6-1-1-safely-managed-drinking-water.pdf
36. Ødegaard H. Vann- og avløpsteknikk. 2. Utgave. Norsk Vann; 2014.
37. Drinking Water [Internett]. [sitert 18. april 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/water.pdf
38. Standpipes: An Evolving Approach to Public Water Supply [Internett]. [sitert 18. april 2019]. Tilgjengelig på: http://web.mit.edu/urbanupgrading/waterandsanitation/resources/pdf-files/good_practices/Chapter4.pdf
39. Society NG. runoff [Internett]. National Geographic Society. 2011 [sitert 22. april 2019]. Tilgjengelig på: <http://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/runoff/>
40. Vannavong N, Overgaard HJ, Chareonviriyaphap T, Dada N, Rangsin R, Sibounhom A, mfl. Assessing factors of E. coli contamination of household drinking water in suburban and rural Laos and Thailand. Water Supply. 1. juni 2018;18(3):886–900.
41. Managing Water in the Home [Internett]. [sitert 25. april 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/WSH02.07.pdf
42. World Health Organization. Combating waterborne disease at the household level: the international network to promote household water treatment and safe storage. Geneva: World Health Organization; 2007. 36 s.
43. Jerry Bucket - NRS Relief [Internett]. [sitert 7. mai 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.nrsrelief.com/innovation/jerry-bucket/>
44. Communal Standpipe – EcoGator [Internett]. [sitert 7. mai 2019]. Tilgjengelig på: http://www.ecogator.co.za/?page_id=3547
45. GHD Report & Manual 2010 [Internett]. [sitert 9. mai 2019]. Tilgjengelig på: <http://www.tippytap.org/wp-content/uploads/2011/03/GHD-report-manual2.pdf>
46. Sanitation | JMP [Internett]. [sitert 1. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://washdata.org/monitoring/sanitation>
47. O’Connell K. What Influences Open Defecation and Latrine Ownership in Rural Households?: Findings. 2014;38.

48. Sanitation [Internett]. [sitert 13. april 2019]. Tilgjengelig på:
https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/om/linkingchap8.pdf
49. Community Ablution blocks with sewers of infiltration eThekweni (Durban), South Africa [Internett]. [sitert 13. april 2019]. Tilgjengelig på:
https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-792-en-susana-cs-sa-durban-cab-20101.pdf
50. Endring av vannkvalitet i ledningsnett [Internett]. Folkehelseinstituttet. [sitert 8. april 2019]. Tilgjengelig på: <http://www.fhi.no/ml/drikkevann/ovrige-artikler/endring-av-vannkvalitet-i-ledningsnett/>
51. Nygård K, Wahl E, Krogh T, Tveit OA, Bøhleng E, Tverdal A, mfl. Breaks and maintenance work in the water distribution systems and gastrointestinal illness: a cohort study. *Int J Epidemiol*. 1. august 2007;36(4):873–80.
52. LeChevallier MW, Gullick RW, Karim MR, Friedman M, Funk JE. The potential for health risks from intrusion of contaminants into the distribution system from pressure transients. *J Water Health*. 1. mars 2003;1(1):3–14.
53. Vannrapport 127 - Vannforsyning og helse [Internett]. [sitert 19. april 2019]. Tilgjengelig på:
<https://www.fhi.no/contentassets/10f6285109df44af96a0de9dd283c5ed/vannrapport-127---vannforsyning-og-helse.pdf>
54. Ogu O, Ogwo PA. IMPACT ASSESSMENT OF OPEN DEFECATION DUNGHILL AND STORM WATER RUNOFF ON THE QUALITY OF SELECTED SURFACE WATER STREAMS IN PERI-URBAN AREAS OF ENUGU, NIGERIA. [sitert 8. mai 2019]; Tilgjengelig på:
https://www.academia.edu/14129747/IMPACT_ASSESSMENT_OF_OPEN_DEFECATION_DUNGHILL_AND_STORM_WATER_RUNOFF_ON_THE_QUALITY_OF_SELECTED_SURFACE_WATER_STREAMS_IN_PERI-URBAN_AREAS_OF_ENUGU_NIGERIA
55. Armitage NP, Winter K, Spiegel A, Kruger E. Community-focused greywater management in two informal settlements in South Africa. *Water Sci Technol*. juni 2009;59(12):2341–50.
56. Govender T, Barnes JM, Pieper CH. Contribution of Water Pollution From Inadequate Sanitation and Housing Quality to Diarrheal Disease in Low-Cost Housing Settlements of Cape Town, South Africa. *Am J Public Health*. juli 2011;101(7):e4–9.
57. Rego RF, Moraes LRS, Dourado I. Diarrhoea and garbage disposal in Salvador, Brazil. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1. januar 2005;99(1):48–54.
58. Dunne EF, Angoran-Bénié H, Kamelan-Tano A, Sibailly TS, Monga BB, Kouadio L, mfl. Is drinking water in Abidjan, Côte d'Ivoire, safe for infant formula? *J Acquir Immune Defic Syndr*. 2001;28(4):393–8.
59. Beukes LS, King TLB, Schmidt S. Assessment of pit latrines in a peri-urban community in KwaZulu-Natal (South Africa) as a source of antibiotic resistant *E. coli* strains. *Int J Hyg Environ Health*. 1. november 2017;220(8):1279–84.
60. Sanitation and hygiene promotion - General principles [Internett]. [sitert 8. mai 2019]. Tilgjengelig på:
https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/sanhygpromo1.pdf?ua=1&fbclid=IwAR1B5gMp78Ft3_IDR9GnXa_7eCSUEzjTpBuO8d-w1gSC6ueyxQePvC7B6NY

61. Total dissolved solids in Drinking-Water - WHO [Internett]. [sitert 19. april 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf
62. Chapter 14: Salinity [Internett]. [sitert 10. mai 2019]. Tilgjengelig på: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/2009_03_13_estuaries_monitor_chap14.pdf
63. Cabral JPS. Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water. Int J Environ Res Public Health. oktober 2010;7(10):3657–703.
64. Assessing Microbial Safety of Drinking Water - WHO [Internett]. [sitert 19. april 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/9241546301full.pdf
65. Degre M, Hovig B, Rollag H, Bukholm G. Medisinsk Mikrobiologi. 3. utgave. Gyldenda Norsk Forlag;
66. Reischer GH, Haider JM, Sommer R, Stadler H, Keiblinger KM, Hornek R, mfl. Quantitative microbial faecal source tracking with sampling guided by hydrological catchment dynamics. Environ Microbiol. oktober 2008;10(10):2598–608.
67. Phone BKB husBlindernvn 31 0371 ONPP 1066 B 0316 ON, fax. PCR - Institutt for biovitenskap [Internett]. [sitert 24. april 2019]. Tilgjengelig på: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/pcr.html>
68. South Africa, Department of Water Affairs and Forestry, Holmes S, CSIR Environmental Services. South African water quality guidelines. Pretoria: The Dept.; 1996. 190 s.
69. SANS-241-2015.pdf [Internett]. [sitert 7. mai 2019]. Tilgjengelig på: <https://vinlab.com/wp-content/uploads/2016/10/SANS-241-2015.pdf>
70. Excreta disposal [Internett]. [sitert 8. mai 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/settings/hvchap4.pdf
71. Census 2011: Sub Place: Lower Kennedy Road [Internett]. [sitert 28. mars 2019]. Tilgjengelig på: <https://census2011.adrianfrith.com/place/599054021>
72. Water sampling and analysis [Internett]. [sitert 10. mai 2019]. Tilgjengelig på: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol3d.pdf

7 Vedlegg

Vedlegg 1: Data fra Virginia værstasjon, Durban

Vedlegg 2: Preparering av CHROMagar ECC

Vedlegg 3: Påvisning av koliforme bakterier og *E. coli*

Vedlegg 4: Kildesporing – Metode

Vedlegg 5: Kart over prøvepunkter

Vedlegg 6: Sekundærdata – Avrenningsvann

Vedlegg 7: Resultater – Fysiske og kjemiske parametere

Vedlegg 8: Resultater – Kildesporing

Vedlegg 9: Bilder

Vedlegg 10: Framdriftsplan

Vedlegg 1

Data fra Virginia værstasjon, Durban

Værdedata fra Virginia, Durban

Year	JAN			FEB			MAR			APR			MAY		
	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall
	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
2008	27,6	22	98,6	28,6	22,7	103,8	26,9	20,8	53,6	24,5	17,5	80,4	24,1	16,6	8,4
2009	26,6	21,6	123,2	27,1	21,5	59,4	26,7	20,9	27	24,9	18,4	32,8	24,1	16,7	36,6
2010	26,8	21,7	69,6	28,7	23,3	67	27,5	22,5	18,4	26,7	20,1	23,6	25,5	18,5	10,8
2011	27,4	21,9	148,6	27,8	22	5	28	22,3	60,2	25,3	18,4	109,8	23,8	16,7	49,4
2012	28,2	22,7	28	28,1	22,7	34	27,3	21,6	263,8	24,7	17,3	12,6	24,5	17,1	14
2013	27,4	21,6	99,2	28	21,4	50,4	27	19,9	135,2	25,1	17	82	24,6	15,5	69
2014	29,1	22,7	75,4	29,5	22,9	35,2	28,8	22	69	26,6	18,9	28,6	25,4	17	20,2
2015	28,9	22,3	80,2	28,6	21,5	58,2	28,1	21,6	75	26,6	19,2	28	26,4	18,1	0,6
2016	28,9	22,4	130	28,8	22,3	57,4	29.1=	22.5=	55,8	25.9=	19.0=	26	23.6=	15.4=	211,8
2017	31.3=	25.6=	56,8	29,1	22,7	105	29.9=	23.1=	41	26.3=	19.7=	71,6	26.4=	19.0=	193,6
2018			33			67,8	29.0=	21.7=	116,2			43,2			54

Year	JUN			JUL			AUG			SEP			OCT		
	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall
	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
2008	22,2	14,6	34,4	22,2	13,6	1,4	22,8	15,3	5	23,1	14,7	71	22,9	17,3	42,4
2009	23,4	15,1	0,2	21,4	12,6	0,4	21,3	14,2	46,2	21,6	15	19,4	21,8	16,8	54,6
2010	23,1	14,8	7,2	23	14,4	1,6	22,9	14,8	0,4	24,4	17,7	10	24,2	18,7	55,8
2011	22,1	13,7	75,8	20,4	13,2	97	21,2	13,8	50	23,3	16,7	37,8	23,2	17,5	59,4
2012	23,2	14,1	40,6	21,9	13,3	5,4	22,3	14,9	82,2	22	15,9	231,8	22,6	17,8	145,8
2013	24,2	13,5	52,4	22,2	14,2	34,8	22,9	13,7	3	23,3	15,2	41,6	23	16,2	113,6
2014	24,7	14,7	8	23,4	13,8	4,2	24,4	16,2	8,8	24,9	17,4	32,4	24	17,4	105,4
2015	24,7	15,6	0	23,3	15,4	159,4	24	16,7	0	23,5	17,2	11,8	26,2	19,2	17,2
2016	23,1	14,5	2	21,9	13,3	281,2	23.7=	13.6=	46,8			82,4	31.6=	17.8=	87
2017	22.8=	14.3=	0	22,8	14,6	24,6	22,7	14,6	62,4	24.2=	16.8=	67,8	22.4=	14.2=	189
2018	23.8=	15.7=	5,4	22,6	13,5	22,2	22,4	14,5	30,4	22.9=	15.4=	84,6			68,6

Year	NOV			DEC		
	Max Temp	Min Temp	Rainfall	Max Temp	Min Temp	Rainfall
	V	V	V	V	V	V
2008	24,2	19,3	71,8	26,2	20,8	127,8
2009	21,9	16,3	87,2	23	17,6	109,4
2010	25,3	19,8	81,2	25,9	20,7	160,6
2011	24,3	18,3	262,2	26,1	20,8	54
2012	23,9	18,7	100,4	26,6	21,4	107,6
2013	25,5	18,6	85	26,5	20,5	93
2014	25,4	19,5	45	27,3	21,5	80
2015	26	18,7	43	28,3	22,2	64
2016		19.6=	88			44,2
2017			169,6			130,8
2018			43,4			91,8

Vedlegg 2

Preparering av CHROMagar ECC

MEDIUM PURPOSE

Chromogenic medium for the detection and enumeration of β -glucuronidase positive *E.coli* and coliforms in food and water samples.

Coliforms, Enterobacteriaceae able to ferment lactose (lactose positive Enterobacteriaceae), are bacteria present in human and warm blooded animals intestinal flora, in the soil and water. Coliforms are proof of organic, environmental or faecal contamination. Faecal contamination, due to coliforms coming from animal waste, consists mainly of *Escherichia coli* and thermotolerant *Klebsiella*. Strict regulations exist for *E.coli*/Coliform presence in water and food samples.

This can be explained by the importance of these germs in determining water and food safety.

COMPOSITION

The product is composed of a single powder medium.

Product	=	Pack
Total g/L		32.8 g/L
Composition g/L		Agar 15.0 Peptone and yeast extract 8.0 NaCl 5.0 Chromogenic mix 4.8
Aspect		Powder Form
STORAGE		15/30°C
FINAL MEDIA pH		7.2 +/- 0.2

PREPARATION (Calculation for 1L)

Step 1

Preparation

- Disperse slowly 32.8g of powder in 1L of purified water.
- Stir until agar is thickened.
- Heat and bring to boil (100°C) while swirling or stirring regularly.

Advice 1: For the 100°C heating step, mixture may also be brought to a boil in a microwave oven: after initial boiling, remove from oven, stir gently, then return to oven for short repeated bursts of heating until complete fusion of the agar grains has taken place (large bubbles replacing foam).

Advice 2: in case of product samples containing a high load of *Pseudomonas* and/or *Aeromonas*, cefsulodin can be added at 7.5 mg/L.

Step 2

Pour plates

- Cool in a water bath to 48°C.
- Swirl or stir gently to homogenize.
- Pour medium into Petri dishes.
- Let it solidify and dry.

If using pouring technique procedure, please refer to Inoculation part.

Storage

- Store in the dark before use.
- Prepared media plates can be kept for one day at room temperature.
- Plates can be stored for up to 2 months under refrigeration (2/8°C) if properly prepared and protected from light and dehydration.

*Some tiny white crystals can appear after storage at 2/8°C but **do not interfere** with the performances of the media and will vanish as soon as the plates are warmed at room temperature.*

INOCULATION

Related samples (e.g. Processed food, raw materials, water, milk & environment) can be processed by direct streaking on the plate, as well as prior appropriate enrichment step.

--> IF USING SURFACE TECHNIQUE PROCEDURE:

- If the agar plate has been refrigerated, allow to warm to room temperature before inoculation.
- Streak the sample or place the inoculated membranes on plate surface.
- Incubate in aerobic conditions at 37°C during 24h.

--> IF USING POURING TECHNIQUE PROCEDURE:

- Prepare 90mm Ø sterile Petri dishes and add 1 ml of inoculum in each.
- Then pour 10ml of melted medium. Mix and let it solidify.
- Incubate in aerobic conditions at 37°C during 24h.

Advice 3: Incubation possibilities:

If research is focused on faecal coliform bacteria

Incubate at 44°C, 24h

If research is targeted to maximise total coliform detection

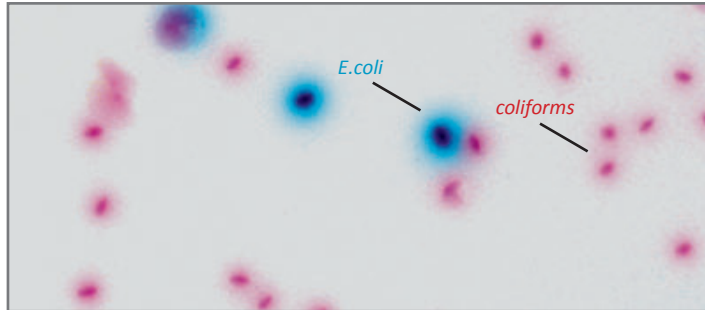
Incubate at 30°C, 24h

CHROMagar™ ECC

INTERPRETATION

Microorganism	Typical colony appearance
<i>E. coli</i>	→ blue
Other (faecal*) coliform bacteria	→ mauve
Other gram negative bacteria	→ colourless

Typical colony appearance



The pictures shown are not contractual.

PERFORMANCE & LIMITATIONS

- Sensitivity for *E. coli* is 97% (Ogden et al. 1991).
- Rare β-glucuronidase negative *E. coli* strains are false negative on this medium (typically O157 *E. coli*). *If research is focused on rare pathogenic strains such as O157 E. coli : please refer to CHROMagar O157 product.*
- If your research is focused on total coliform, few *Hafnia* are false negative and have a colourless appearance.

QUALITY CONTROL

Please perform Quality Control according to the use of the medium and the local QC regulations and norms. Good preparation of the medium can be tested, isolating the ATCC strains below:

Microorganism	Typical colony appearance
<i>E. coli</i> ATCC® 25922	→ blue
<i>C. freundii</i> ATCC® 8090	→ mauve
<i>E. cloacae</i> ATCC® 35030	→ mauve
<i>K. pneumoniae</i> ATCC® 13883	→ mauve
<i>S. aureus</i> ATCC® 25923	→ inhibited
<i>E. faecalis</i> ATCC® 29212	→ inhibited

WARNINGS

- Do not use plates if they show any evidence of contamination or any sign of deterioration.
- Do not use the product beyond its expiry date or if product shows any evidence of contamination or any sign of deterioration.
- For Laboratory use. This laboratory product should be used only by trained personnel in compliance with good laboratory practices.
- Any change or modification in the procedure may affect the results.
- Any change or modification of the required storage temperature may affect the performance of the product.
- Unappropriate storage may affect the shelf life of the product.
- Recap the bottles tightly after each preparation and keep them in a low humidity environment, protected from moisture and light.
- Collection and transport of specimen should be well handled and adapted to the particular specimen according to good laboratory practices.

DISPOSAL OF WASTE





After use, all plates and any other contaminated materials must be sterilized or disposed of by appropriate internal procedures and in accordance with local legislations. Plates can be destroyed by autoclaving at 121°C for at least 20 minutes.

REFERENCES

Please refer to our website page «Publications» for scientific publications about this particular product.

Web link: <http://www.chromagar.com/publication.php>

IFU/LABEL INDEX

-  Quantity of powder sufficient for X liters of media
-  Expiry date
-  Required storage temperature
-  Store away from humidity

Σ Pack Size

1000 ml

50 Tests of 20ml

=

Ordering References

EF320

Weight: 32,8gr

5000 ml

250 Tests of 20ml

=

EF322

Weight: 164gr

25 L

1250 Tests of 20ml

=

EF323-25

Weight: 820gr

Bulk size

=

on request

Need some Technical Documents?

Available for download on www.CHROMagar.com

- Certificate of Analysis (CoA) --> One per Lot
- Material Safety Data Sheet (MSDS)

CHROMagar™ and Rambach™ are trademarks created by Dr A. Rambach
ATCC® is a registered trademark of the American Type Culture Collection
NT-EXT-016 V7.0 / 11-Oct-16

Vedlegg 3

Påvisning av koliforme bakterier og *E. coli*

Påvisning av koliforme og *E. coli*

Labprosedyre:

Preparatet CHROMagar ECC er et kromogent medium som brukes til påvisning av β -glukuronidase positive *E. coli* og koliforme bakterier. Påvisningen skjer ved at bakteriene vokser fram på vekstmediet og bakteriekoloniene viser seg i ulike farger alt etter som om de er koliforme (lilla) eller *E. coli* (blå).

Det ble på forhånd forberedt et visst antall petriskåler med agar i. Dette ble preparert ved å følge retningslinjene som stod i pakningsvedlegget til produsenten (se vedlegg).

Utstyr til analysen:

- Petriskåler med agar (CHROMagar ECC)
- Begerglass med 70 % etanol
- Glasstav
- 100 μ l pipette og pipettespisser
- Tusj til markering

Framgangsmåte:

1. Markér petriskålen med nummer og dato
2. Bland vannprøven før pipettering av 100 μ l som blir pipettert over i petriskålen.
3. Skyll glasstaven i etanolløsningen og rist staven for å få vekk restene av etanol.
4. Bruk glasstaven til å fordele prøven som ble tilført petriskålen. Det er viktig å fordele prøven ut over hele agaren.
5. Inkuber prøvene i varmeskap med temperatur 37°C i 20-24 timer.
6. Etter inkludering skal prøvesvarene leses av ved at man teller antall kolonier med ulik farge, blå (*E. coli*) og koliforme (lilla/rosa).
7. De prøvene som var positive for *E. coli* og koliforme tas vare på for videre analysering for kildesporing.

Fra de ulike prøvetakingspunktene ble det samlet inn 100 ml totalt i to beholdere som rommet 50 ml hver. Ved analysering av *E. coli* og koliforme ble det tatt 100 μ l fra hver av beholderne og dette ble fordelt utover petriskålen. For hvert parti med prøver ble det i tillegg analysert to kontroller. I den ene kontrollen var det 100 μ l destillert vann og i den andre var det kun agar, ingen tilsetning. Disse kontrollene gjøres henholdsvis for å utelukke feil i fremgangsmåten og for å sjekke at agaren alene ikke gir oppvekst av bakterier.

Vedlegg 4

Kildesporing – Metode

METHODOLOGY ON SOURCE TRACKING OF COLIFORM AND *E. COLI* CONTAMINATION IN DRINKING WATER

DNA extraction and quality assurance

Initial centrifugation of the samples to generate pellets for DNA extraction yielded no results, therefore for *E. coli* colonies from positive plates of ECC media were used. All suspected *E. coli* and coliform colonies on the same plate after 24 hours of incubation at 37°C were pooled together for DNA extraction. The PowerFecal DNA extraction kit by following the manufacturer's protocol, using a 5 ml pooled culture. The concentrations of all extracted DNA were measured using the Nanodrop, following the manufacturer's instructions.

PCR

PCR primers were designed to target markers specific to human *E. coli* and that of four other organisms. The table below presents details on the primers used;

Table 1: List of primers used in the source tracking

HOST	FUNCTION	SEQUENCES' -3'	Reference
Human	Forward	TGTCTGCAACCATATGTCGGA	(Deng et al., 2015)
	Reverse	AATCCACATAACCTGCCAGG	
Dogs	papG	CCCAGCTTTGTTATTTTCCTTG	(Kariyawasam and Nolan, 2011)
	PapGR	TTCTTACCATGGCTGTATGTCG	
Poultry	Efer13-F	GGGCATAAATCTGGTTGGC	(Simmons et al., 2014)
	Efer13-R	CGGGCATACCATAACAATCG	
Cattle	Cattle F	GGGTGTGCATTTTCAGCGAC	(Khatib et al., 2002)
	CattleR	TGGTATATTCCGGGTGGACG	
Pig		GCCTATGCATCTACACAATC	(Osek, 2001)
		TGAGAAATGGACAATGTCCG	

The thermocycling conditions were 5 min at 95 °C, followed by 40 cycles of 30 s at 94 °C, 30 s at 58 °C, and 30 s at 72 °C. The 25 µl PCR mixtures consisted of 10 µl of 5 PRIME MasterMix (Gaithersburg, MD), and 2.5 ng of bacterial DNA; each primer was present at a

final concentration of 0.3 μ M. The PCR products were visualized on 1% agarose gels in TBE buffer (0.09 M Trisborate, 0.002 M EDTA) following staining with ethidium bromide (0.5 mg/ml in TBE).

REFERENCES

- ABE, A., OBATA, H., MATSUSHITA, S., YAMADA, S., KUDOH, Y., BANGTRAKULNONTH, A., RATCHTRACHENCHAT, O.-A. & DANBARA, H. 1992. A sensitive method for the detection of enterotoxigenic *Escherichia coli* by the polymerase chain reaction using multiple primer pairs. *Zentralblatt für Bakteriologie*, 277, 170-178.
- DENG, D., ZHANG, N., XU, D., REED, M., LIU, F. & ZHENG, G. 2015. Polymorphism of the glucosyltransferase gene (*ycjM*) in *Escherichia coli* and its use for tracking human fecal pollution in water. *Science of The Total Environment*, 537, 260-267.
- KARIYAWASAM, S. & NOLAN, L. K. 2011. *PapA* gene of avian pathogenic *Escherichia coli*. *Avian diseases*, 55, 532-538.
- KHATIB, L., TSAI, Y. & OLSON, B. 2002. A biomarker for the identification of cattle fecal pollution in water using the LTIIa toxin gene from enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Applied microbiology and biotechnology*, 59, 97-104.
- OSEK, J. 2001. Multiplex polymerase chain reaction assay for identification of enterotoxigenic *Escherichia coli* strains. *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 13, 308-311.
- SIMMONS, K., REMPEL, H., BLOCK, G., FORGETTA, V., VAILLANCOURT, R., MALOUIN, F., TOPP, E., DELAQUIS, P. & DIARRA, M. S. 2014. Duplex PCR methods for the molecular detection of *Escherichia fergusonii* isolates from broiler chickens. *Appl. Environ. Microbiol.*, 80, 1941-1948.

UTVIDET BESKRIVELSE

Materials and Methods

1. DNA extraction

Nucleic acids were extracted using the DNeasy Powerlyzer Microbial DNA extraction kit (QIAGEN, USA) according to the manufacturer's instructions. Briefly, the microbial culture of positive coliform and *E. coli* colonies approximately 1.8 ml were added to a 2 ml collection tube (1x buffer) for the genomic DNA extraction and centrifuged at room temperature. The cells were resuspended in 300 µl of PowerBead solution (provided) with PowerBead glass Tube glass, 0.1 mm and was gently vortexed to mix. Solution SL (50 µl) (provided) was added to the Glass PowerBead Tube. The solution was homogenised by vortexing at maximum speed for 10 minutes, followed by centrifugation at a high speed for 30 seconds. After centrifugation the supernatant was transferred to the collection tube and added 100 µl of solution IRS provided and vortexed for 5 seconds. The mixture was incubated at 4 °C for 5 minutes, centrifuged for 1 minutes and transferred the supernatant to a new collection tube followed by addition of 900 µl of solution SB (provided) and vortexed for 5 seconds. The mixture was loaded into MB Spin Column and centrifuged and added 300 µl of solution CB (provided), centrifuged and discarded the flow through. DNA was eluted by adding 50 µl of solution EB (provided) and centrifuged for 30 seconds at room temperature. After centrifugation the MB Spin Column was discarded and the DNA was ready for downstream application (PCR).

2. Nucleic acid quality analysis

Nucleic acid purity was confirmed using the Implem Nanophotometer NP80 (Implem NPOS 3.0b build 12984, U.S.A., Inc) as well as with gel electrophoresis using a 1 % (w/v) agarose gel, run for 1 hour at 75 V, with ethidium bromide (EtBr) staining (final volume at 3 μ L). below are the gel image of 38 successful extracted DNA samples.

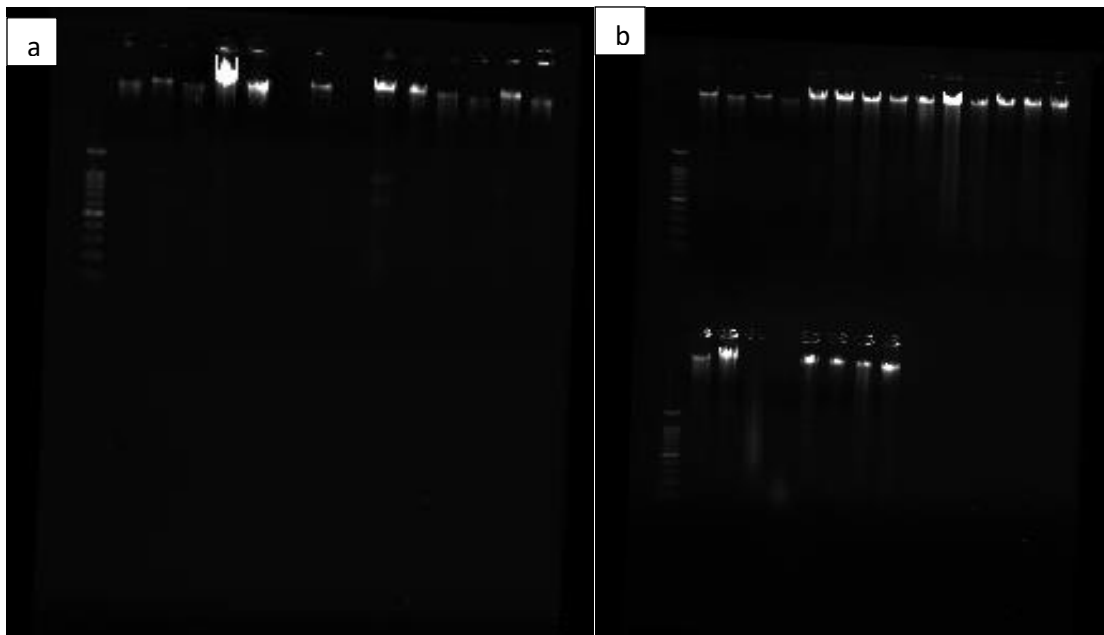


Fig 1 (a) sample 1-17 (b) sample 18-38

3. Primer selection, optimisation and Polymerase Chain Reaction

The total Human *E. coli* populations were tracked using the primer sets outlined in Table 1. Polymerase Chain Reactions (PCR) were performed using the Biolabs *Taq* 2X Master Mix (New England Biolabs) according to the manufacturer's instructions. The PCR forward primer was *ycjM_F*: 5'-TGTCTGCAACCATATGTCGGA-3', and the reverse primer was *ycjM_R*: 5'-AATCCACATAACCTGCCAGG-3' with expected size of the amplicon of 1287 bp (Deng et al., 2015) prior to PCR amplification the primers were blasted on NCBI website to confirm the identity. The detailed PCR conditions for each of the listed primer sets using 30 cycles, were as following: initial denaturation at 95 °C for 5min, denaturation at 94 °C

for 45 s, annealing at 55 °C for 45 s, elongation at 72 °C for 45 s, and final elongation at 72 °C for 5 min. The 25 µl PCR mixtures consisted of 12,5 µl PCR master mix, and 2.5 ng of bacterial DNA, each primer was present at a final concentration of 0.3 µM. The PCR products were visualized with gel electrophoresis using a 1 % (w/v) agarose gel, run for 1 hour at 75 V, with ethidium bromide (EtBr) staining (final volume at 3µL). Gel images in figure 2 below.

Table 1: PCR primers used in this study

HOST	FUNCTION Primer name	SEQUENCE5'-3'	Reference
Human E.coli	ycjM_F: ycjM_R	TGTCTGCAACCATATGTCGGA AATCCACATAACCTGCCAGG	(Deng et al., 2015)
	ST1B F ST1B R	TTCACCTTTCCTCAGGATG GCACCCGGTACAAGCAGGATT	(Abe et al., 1992)
Dogs	papG F PapG R	CCCAGCTTTGTTATTTTCCTTG TTCTTACCATGGCTGTATGTCG	(Kariyawasam and Nolan, 2011)
Poultry	Efer13-F Efer13- R	GGGCATAAATCTGGTTGGC CGGGCATAACCATAACAATCG	(Simmons et al., 2014)
Cattle E.coli	Cattle F Cattle R	GGGTGTGCATTTTCAGCGAC TGGTATATTCCGGGTGGACG	(Khatib et al., 2002)
PIG E.coli	Pig F Pig R	GCCTATGCATCTACACAATC TGAGAAATGGACAATGTCCG	(Osek, 2001)

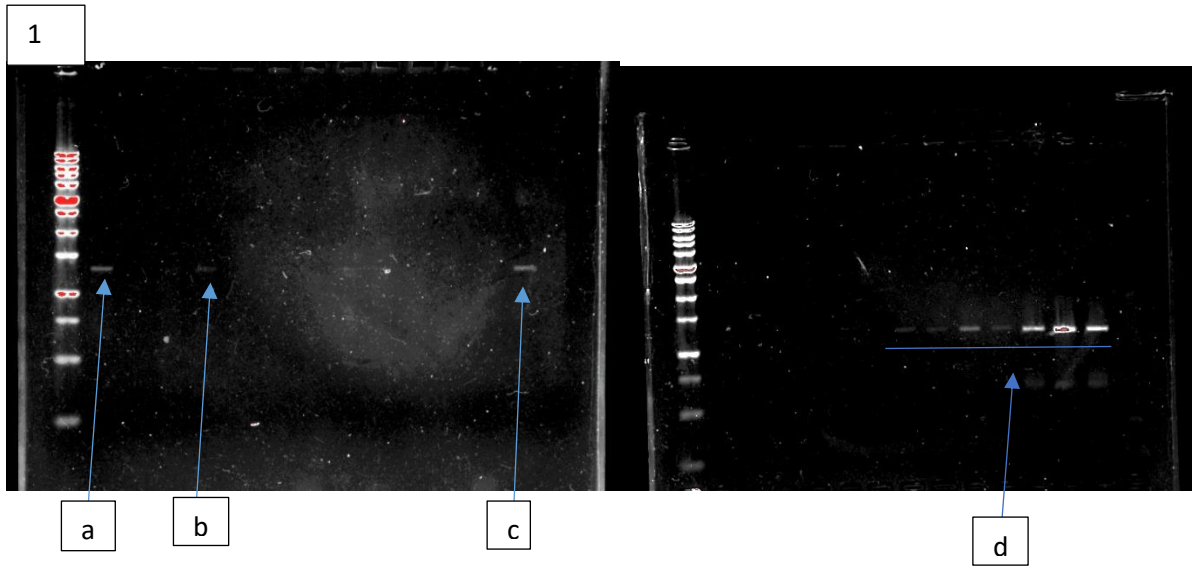


Fig 2: (a) positive sample 1 (b) positive sample 4 (c) positive sample 12 (d) positive sample 20-27

Vedlegg 5

Kart over prøvepunkt

Kart over prøvepunkt

På kartet vises prøvepunktene som vi klarte å koordinatbestemme. Kartet skal illustrere hvordan prøvetakingen ble fordelt i området, Kennedy Road Informal Settlement.



Vedlegg 6

Sekundærdata - Avrenningsvann

Sekundærdata - prøver fra avrenningsvann

Prøve	NO2	NO3	PO4	COD	Koliforme	<i>E.coli</i>	Beskrivelse av prøven
A1	0	11	54	614	0,00E+00	0,00E+00	Liten vannføring, en latrine oppstrøms
A2	2	29	285	1120	2,00E+03	0,00E+00	Stor vannføring, en latrine oppstrøms
A3	7	37	36	712	6,44E+05	2,44E+05	Stor vannføring, etter kryss av vei. Vannførig fra begge sider av veien
A3	0	13	14	1020			
A3	22	20	30	940			
A4	8	16	25	740	6,56E+05	1,45E+05	I vegrøft på venstre side før kryssing av vei
A5	15	36	196	534	2,28E+05	1,13E+05	Øverst (bilde), veldig forurenset. Latrine bekreftet i bruk
A6	19	180	67	1210	1,60E+04	3,00E+03	I grøft/rennestein, med innsig fra latrine
A7	14	161	26	764	8,60E+04	4,00E+03	I grøftrennestein 2 m nedstrøms fra latrine (bilde) med plate
A8	12	27	141	698	1,45E+05	3,10E+04	Nedsig av hovedveien (A3) søppelfylling oppstrøms
A9	123	175	180	1220	5,56E+05	2,24E+05	Ved tappepunkt, rett nedenfor ablutionblock, luker gråvann (bilde)
A10					3,30E+04	2,00E+03	Rennesteinen ved hovedveien (vaskevann fra spyling av ablution block)
A11	20	52	40	625	4,10E+04	0,00E+00	Rett nedenfor tappekran (google bilde med kordinater)
A12	1	34	427	980	2,30E+04	6,00E+03	Mellom husene nederst i feltet (bilde med barn)
A13	8	169	54	718	1,00E+04	0,00E+00	To latriner, stillestående vann (blandprøve)
A14	10	201	46	524	4,10E+04	4,00E+03	Liten bekk rett nedenfor latrine
B1	3	26	45	465	2,41E+05	9,50E+04	
B2	9	31	198	618			
B3	11	19	96	312	1,90E+05	5,50E+04	
B4	7	46	65	940			
B5	23	86	196	896		8,90E+04	
B6	16	68	124	1124			
B7	21	64	242	1812			
B8	20	106	69	536			
B9	14	62	142	2112		1,68E+06	
B10	0	46	98	784	8,84E+05	5,70E+04	

Vedlegg 7

Resultater - Fysiske og kjemiske parametere

Resultat fra hus

Prøvepunkt	Dato	Temp.	pH	Konduktivitet µS/cm	TDS g/l	DO mg O2 /l	Saltinnhold ‰	Lagring	Hentested
A1	12.02.2019	28,55	7,53	299,00	0,20	4,95	0,14		
A2	12.02.2019	28,18	7,48	296,00	0,19	6,06	0,14	Plastbøtte	
A3	12.02.2019	27,26	7,48	299,00	0,19	6,51	0,14		
A4	12.02.2019	28,41	7,56	302,00	0,20	10,32	0,14	Plastbøtte	
A5	12.02.2019	26,51	7,43	308,00	0,20	6,82	0,15		
A6	12.02.2019	27,26	7,59	300,00	0,20	9,62	0,14	Plastbøtte	
A7	12.02.2019	27,86	7,45	296,00	0,19	7,43	0,14	Plastbøtte	
A8	12.02.2019	29,81	7,44	298,00	0,19	5,51	0,14	Plastbøtte	
A9	12.02.2019	27,01	7,56	299,00	0,19	8,74	0,14	Plastbøtte	
A10	12.02.2019	28,34	7,51	295,00	0,19	6,34	0,14	Plastbøtte	
A11	12.02.2019	29,55	7,73	307,00	0,20	11,03	0,14	Plastbøtte	
A12	12.02.2019	28,69	7,56	298,00	0,19	5,24	0,14	Kran	
A13	12.02.2019	29,89	7,59	303,00	0,20	5,90	0,14	Plastbøtte	
A14	12.02.2019	28,86	7,64	298,00	0,19	12,66	0,14	Plastbøtte	
A15	12.02.2019	27,76	7,60	297,00	0,19	6,35	0,14	Plastbøtte	
A16	12.02.2019	27,82	7,60	299,00	0,19	6,80	0,14	Plastbøtte	
A17	12.02.2019	28,43	7,68	296,00	0,19	11,75	0,14	Plastbøtte	
A18	12.02.2019	29,16	7,62	312,00	0,20	5,11	0,15		
A19	12.02.2019	29,75	7,62	309,00	0,20	6,42	0,14		
A20	12.02.2019	29,00	7,69	295,00	0,19	6,34	0,14		
A21	12.02.2019	28,72	7,62	307,00	0,20	7,09	0,14		
A22	12.02.2019	27,18	7,63	312,00	0,20	5,71	0,15		
A23	12.02.2019	29,02	7,63	300,00	0,20	6,53	0,14		
A24	12.02.2019	28,95	7,61	299,00	0,19	7,04	0,14		
A25	12.02.2019	28,25	7,60	306,00	0,20	5,26	0,14		
B1	14.02.2019	26,1	8,52						Tap in house
B2	14.02.2019	26,2	8,07						Tap outside
B3	14.02.2019	26,3	7,92						Tap in house

Prøvepunkt	Dato	Temp.	pH	Konduktivitet		DO		Saltinnhold ‰	Lagring	Hentested
				µS/cm	TDS	g/l	mg O2 /l			
B4	14.02.2019	26,2	7,88							Tap outside
B5	14.02.2019	25,7	7,85							Tap outside
B6	14.02.2019	25,8	7,58							Tap outside
B7	14.02.2019	26,3	7,59							Tap outside
B8	14.02.2019	26,4	7,72							Tap outside
B9	14.02.2019	26,6	7,54							Tap in house
B10	14.02.2019	26,8	7,6							Tap in house
B11	14.02.2019	25,8	7,55							SP1
B12	14.02.2019	25,4	7,6							Tap outside
B13	14.02.2019	27	7,57							Tap in house
B14	14.02.2019	26,2	7,48							SP1
B15	14.02.2019	26,8	7,41							Sp1
B16	14.02.2019	27,2	7,67							SP1
B17	14.02.2019	27,5	7,55							SP1
B18	14.02.2019	27,4	7,54							SP1
B19	14.02.2019	26,8	7,48							Tap outside
B20	14.02.2019	27,2	7,2							Tap in house
C1	20.02.2019	26,2	7,9						Plastbøtte	Tap outside
C2	20.02.2019	26,6	7,73						Plastbøtte	Tap outside
C3	20.02.2019	29,8	7,77						Kran	Tap in house
C4	20.02.2019	27,9	7,56						Kran	Tap in house
C5	20.02.2019	28,1	7,55						Plastbøtte	Tap outside
C6	20.02.2019	26,3	7,72						Plastbøtte	Tap outside
C7	20.02.2019	28,9	7,73						Plastbøtte	Tap outside
C8	20.02.2019	28,4	7,51						Kran	Tap in house
C9	20.02.2019	28,6	7,6						Plastbøtte	Tap outside
C10	20.02.2019	31,4	7,77						Plastbøtte	Tap outside
C11	20.02.2019	28,5	7,62						Plastbøtte	Tap outside
C12	20.02.2019	29,6	7,64						Plastbøtte	Tap outside
C13	20.02.2019	29,1	7,7						Plastbøtte	Tap outside
C14	20.02.2019	27,7	7,33						Plastbøtte	Tap outside

Prøvepunkt	Dato	Temp.	pH	Konduktivitet		DO		Saltinnhold ‰	Lagring	Hentested
				µS/cm	TDS	g/l	mg O2 /l			
C15	20.02.2019	29,6	7,42						Plastbøtte	Tap outside
C16	20.02.2019	37,9	7,58						Kran	Tap outside
C17	20.02.2019	31,4	7,49						Plastbøtte	CAB
C18	20.02.2019	30	7,54						Plastbøtte	CAB
C19	20.02.2019	29,4	7,71						Plastbøtte	CAB
C20	20.02.2019	28,9	7,42							
C21	20.02.2019	29,4	7,54						Plastbøtte	CAB
C22	20.02.2019	30,3	7,66						Plastbøtte	Tap outside
D1	21.02.2019	27,6	7,66						Plastbøtte	Tap in house
D2	21.02.2019	27,3	7,57						Plastbøtte	SP4
D3	21.02.2019	27,6	7,58						Plastbøtte	SP4
D4	21.02.2019	29,5	7,75						Plastbøtte	Tap outside
D5	21.02.2019	28,8	7,62						Plastbøtte	Tap outside
D6	21.02.2019	28,6	7,67						Plastbøtte	CAB
D7	21.02.2019	28,5	7,51						Plastbøtte	Tap outside
D8	21.02.2019	28,4	7,59						Plastbøtte	CAB
D9	21.02.2019	35,3	7,64						Kran	Tap in house
D10	21.02.2019	28,4	7,81						Plastbøtte	CAB
D11	21.02.2019	29	7,51						Plastbøtte	CAB
D12	21.02.2019	28,7	7,63						Plastbøtte	CAB
D13	21.02.2019	28,3	7,52						Plastbøtte	Tap outside
D14	21.02.2019	29	7,44						Plastbøtte	Tap outside
D15	21.02.2019	29	7,62						Plastbøtte	Tap outside
D16	21.02.2019	28,7	7,45						Plastbøtte	Tap outside
D17	21.02.2019	29	7,56						Plastbøtte	CAB
D18	21.02.2019	36,5	7,84						Plastbøtte	Slange
D19	21.02.2019	30,1	7,73						Plastbøtte	SP4
D20	21.02.2019	30,2	7,85						Plastbøtte	SP4
Gj.snitt		28,41862069	7,618505747	301,2000	0,1957	7,2612	0,1412			

Resultat fra Standpipe

Prøvepunkt	Dato	Temp.	pH	Konduktivitet µS/cm	TDS g/l	DO mg O2 /l	Saltinnhold ‰	<i>E.coli</i>	Koliforme
SP1	12.02.2019	27,75	7,63	296	0,193	7,19	0,14	0	0
SP2	12.02.2019	27,11	7,62	298	0,193	6,35	0,14	0	0
SP3	20.02.2019								
SP4	21.02.2019	27,4	7,52					0	0
SP5	21.02.2019								
Gj.snitt		27,4200	7,5900	297,0000	0,1930	6,7700	0,1400	0	0

Resultat fra Community abluton blocks

Prøvepunkt	Dato	Temp.	pH	Konduktivitet µS/cm	TDS	DO g/l mg O2 /l	Saltinnhold ‰	<i>E.coli</i>	Koliforme
CAB A1	12.02.2019	32,6	7,62	303	0,197	5,51	0,14	0	0
CAB B1	14.02.2019	28,2	7,37					0	0
CAB B2	14.02.2019	27,9	7,42					0	0
CAB C1	20.02.2019	29,2	7,5					0	0
CAB C2	20.02.2019	28,5	7,61					0	0
CAB C3	20.02.2019								
CAB C4	20.02.2019								
CAB C5	20.02.2019	29,4	7,66					0	0
CAB C6	20.02.2019	29,5	7,76					0	0
CAB D1	21.02.2019	29,5	7,55					0	0
CAB D2	21.02.2019	28,4	7,63					0	0
Gj. Snitt		29,2444	7,5689	303,0000	0,1970	5,5100	0,1400	0	0

Resultat fra kraner

Prøvepunkt	Dato	Temp.	pH	Konduktivitet μS/cm	TDS	DO g/l mg O2 /l	Saltinnhold ‰	<i>E.coli</i>	Koliforme
Tap A9	12.02.2019	31,2	7,65	298	0,194	9,31	0,14	0	0
Tap A13	12.02.2019	27,75	7,61	299	0,194	6,2	0,14	0	0
Tap A15	12.02.2019	29,05	7,6	299	0,195	7,21	0,14	0	0
Tap A18	12.02.2019	28,2	7,64	298	0,194	6,88	0,14	0	0
Tap B5	14.02.2019	26,3	7,68					0	0
Tap B19	14.02.2019	28,7	7,38					0	0
Tap C1	20.02.2019								
Tap C4	20.02.2019	28,3	7,68					0	0
Tap C7	20.02.2019	28,1	7,74					0	0
Tap C9	20.02.2019	29,4	7,58					0	0
Tap C11	20.02.2019	30	7,64					0	0
Tap 2	20.02.2019	30,5	7,81					0	0
Tap C21	20.02.2019	32,6	7,72					0	0
Tap 3	20.02.2019	29,9	7,69					0	0
Tap D3	21.02.2019	29,1	7,77					0	0
Tap D4	21.02.2019	33,6	7,63					0	0
Tap D13	21.02.2019	28,3	7,51					0	0
Gj.snitt		29,4375	7,6456	298,5000	0,1943	7,4000	0,1400	0	0

Resultat fra studentbolig

Prøvepunkt	Dato	Temp.	pH	<i>E.coli</i>	Koliforme
P1	20.02.2019	29,50	7,53	0	0
P2	20.02.2019	28,40	7,63	0	0
P3	20.02.2019	29,40	7,19	0	0
P4	20.02.2019	29,40	7,20	0	0
P5	20.02.2019	31,50	7,51	0	0
P6	20.02.2019	29,40	7,44	0	0
P7	20.02.2019	28,50	7,39	0	0
P8	20.02.2019	28,40	7,49	0	0
P9	20.02.2019	28,70	7,68	0	0
P10	20.02.2019	29,60	7,61	0	0
P11	20.02.2019	29,60	7,42	0	0
P12	20.02.2019	29,50	7,70	0	0
P13	20.02.2019	28,10	7,53	0	0
P14	20.02.2019	28,70	7,65	0	0
P15	20.02.2019	28,50	7,74	0	0
P16	20.02.2019	28,10	7,72	0	0
P17	20.02.2019	29,10	7,23	0	0
P18	20.02.2019	29,10	7,65	0	0
P19	20.02.2019	30,00	7,44	0	0
P20	20.02.2019	29,50	7,69	0	0
P21	20.02.2019	29,20	7,16	0	0
P22	20.02.2019	28,50	7,67	0	0
P23	20.02.2019	29,10	7,49	0	0
P24	20.02.2019	31,10	7,30	0	0
Gj.snitt		29,20416667	7,5025	0	0

Vedlegg 8

Resultater - Kildesporing

Kilde til kontaminering i hus

Prøvepunkt	<i>E.coli</i> antall/100 µl		Koliforme antall/100 µl		Kilde til kontaminering
	Skål 1	Skål 2	Skål 1	Skål 2	
A1					
A2					
A3			104	44	Menneske
A4			11	13	Annet
A5					
A6	121	113	1844	1912	Menneske
A7					
A8					
A9					
A10					
A11			5	13	Fugler/fjærfe
A12			2		Annet
A13			24	30	Hund
A14			32	28	Fugler/fjærfe
A15	1		5	2	Menneske
A16					
A17					
A18					
A19			22		Annet
A20			3	2	Annet
A21					
A22			17	9	Kveg
A23					
A24					
A25					
B1					
B2					
B3					
B4					
B5					
B6					
B7			24	31	Annet
B8			6	1	Annet
B9					
B10					
B11		1	71	68	Menneske
B12					
B13					
B14	2	2	1116	940	Menneske
B15			1	9	Annet
B16			1		Fugler/fjærfe
B17					

Prøvepunkt	E.coli		Koliforme		Kilde til kontaminering
B18			3	1	Fugler/fjærfe
B19			14	6	Fugler/fjærfe
B20					
C1	6	9	321	257	Menneske
C2			55	17	Menneske
C3					
C4					
C5					
C6				2	Annet
C7					
C8					
C9					
C10					
C11			3	12	Fugler/fjærfe
C12					
C13					
C14			20	20	Annet
C15			92	87	Menneske
C16					
C17			31	7	Kveg
C18	12	9	110	112	Menneske
C19	15		3	104	Hund
C20			1		Annet
C21			62	175	Annet
C22					
D1					
D2					
D3			1	4	Fugler/fjærfe
D4			27	5	Menneske
D5					
D6			167	181	Fugler/fjærfe
D7			1	1	Annet
D8			208	386	Annet
D9					
D10					
D11					
D12					
D13					
D14			80	42	Menneske
D15			1		Menneske
D16			1	4	Hund
D17			53	15	Fugler/fjærfe
D18					
D19					
D20					

Vedlegg 9

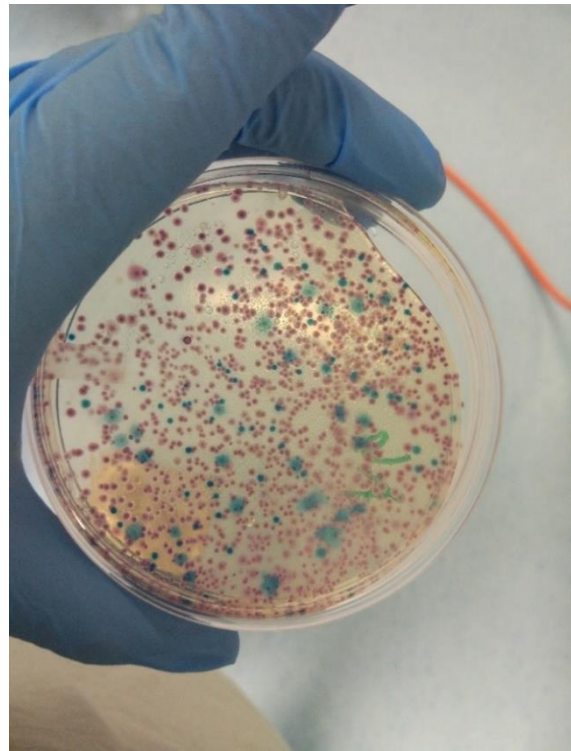
Bilder



Laboratorium



Tillaging av ECC-agar



Positiv prøve med *E. coli* og koliforme

Prøvepunkt og prøvetaking



«Standpipe» med lagringsbeholder og klesvask.



«Standpipe» som er ute av drift.



Prøvetaking fra «standpipe».



Måling av pH og temperatur ved en CAB.



Prøvevann tas fra oppbevaring i hjemmet.



En ulovlig oppsatt vannkran.



Prøvetaking fra en kanne som oppbevares i hjemmet.



Oppbevart vann i bøtte i hjemmet.

Oppbevaringsalternativer



Eksempler på ulike former for beholdere som benyttes til henting og oppbevaring av drikkevann.

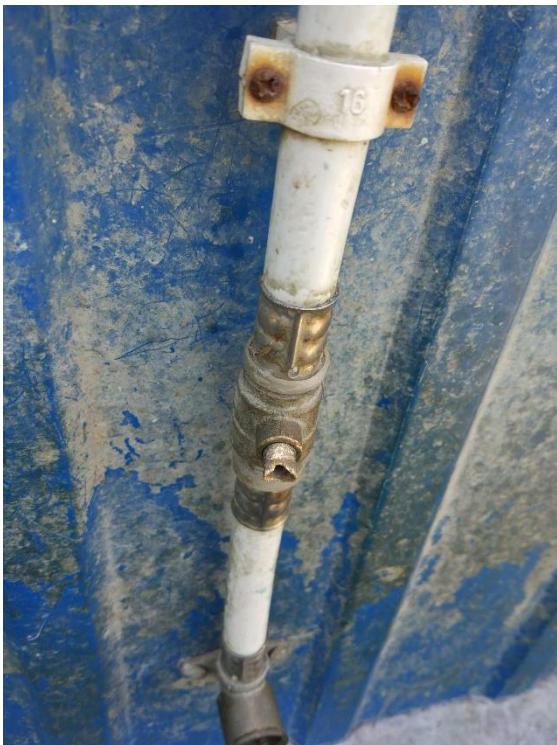
Ledningsnett



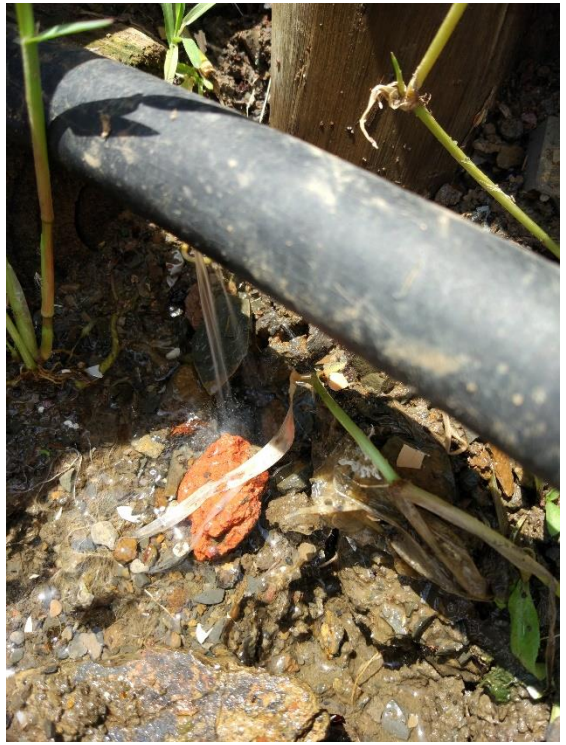
Synlige rørkoblinger i overflaten.



Vannledning plassert i overvannsrenne.



Manglende tappekran ved CAB.



Synlig lekkasje fra det interne ledningsnett i Kennedy Road.

«Community ablution block» (CAB)



En samling av fire CABS.



Anlegg for håndvask inne i CAB.



Vaskekummer og vannkran på utsiden av CAB.



Klesvask som gjøres i vaskekummene utenfor CAB.



Flush-toalett inne i CAB. Merk: ingen toalettpapir tilgjengelig.

Avrenningsvann



Avrenningsvann med preg av algevekst og olje.



Overflateavrenning.



Overflateavrenning blandet med noe avfall.

Avfall



Store mengder avfall som har samlet seg nederst i bosettingen.

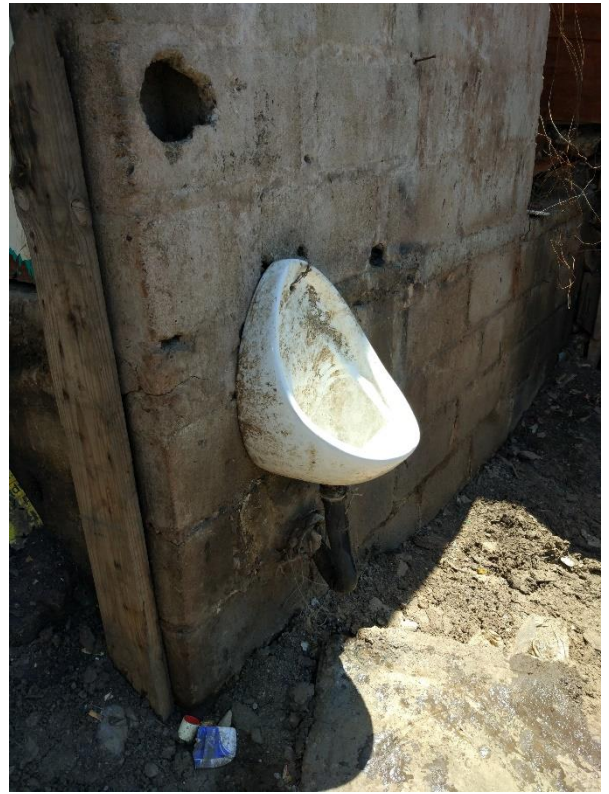


Avfall blant bebyggelsen.

Øvrige sanitære anlegg



Innsiden av en avskaffet latrine.



Urinal på utsiden av en latrine. Merk: vi tømte vann i den og mesteparten av vannet rant rett ut på bakken.



VIP-toalett.



Latrine i svært dårlig stand.

Bebyggelse generelt



Oversigtsbilde over Kennedy Road Informal Settlement



Bebyggelse i Kennedy Road



Bebyggelse.



Det er smale passasjer mellom bebyggelsen.

Vedlegg 10

Framdriftsplan

Prosjektplanlegging

Velg en periode som skal utheves, til høyre. En forklaring beskriver følgende diagram.

Periodeutheving: 20

Planlagt varighet
 Faktisk start
 % fullført
 Faktisk (utover planen)
 % fullført (utover planen)

