



SKUM

EN FORDYPNINGSOPPGAVE OM SKUM OG HVA SOM PÅVIRKER
SKUMMINGSEVNEN TIL ULIKE TENSIDER

JONAS ALEXANDER S. SIMONSEN

OSLO BY STEINERSKOLE
FORDYPNINGSOPPGAVE 2021

INNHold

FORORD	3
INNLEDNING	3
PROBLEMSTILLING	3
TEORETISK DEL	4
HVA ER SKUM?.....	4
SKUM MED ULIKT VÆSKE- OG GASSINNHold	4
VANNETS MOLEKYLÆRE STRUKTUR OG OVERFLATESPENNING	5
VANNMOLEKYLETS STRUKTUR.....	5
VANNETS STRUKTUR OG OVERFLATEHINNE.....	5
OVERFLATESPENNING	6
OVERFLATEAKTIVE STOFFER OG TENSIDER.....	6
TENSIDERS OPPBYGNING OG KJEMISKE EGENSKAPER.....	6
ANIONISKE TENSIDER.....	7
KATIONISKE TENSIDER	7
AMFOTÆRE TENSIDER	7
IKKE-IONISKE TENSIDER.....	8
OVERFLATEAKTIVE STOFFERS EGENSKAPER I EN VÆSKE, OG EVNEN TIL Å DANNE SKUM	8
OVERFLATEAKTIVE STOFFER I VANN.....	8
TENSIDETS KRITISKE KONSENTRASJON (CMC)	9
SKUMMETS MOLEKYLÆRE OPPBYGNING	9
FAKTORER SOM PÅVIRKER SKUMMINGSEVNEN TIL STOFFER.....	10
TEMPERATUR OG TENSIDENES LØSELIGHET	10
TENSIDETS KRITISKE KONSENTRASJON (CMC) OG SKUMMINGSEVNE	10
HARDT VANN OG SALT VANN	11
METODE OG FORSØKSDESIGN	12
SÅPENE SOM SKAL TESTES	12
ROSS-MILES METODEN, EN TESTMETODE FOR SKUMMINGSEVNE.....	12
FORSØK 1: TENSIDKONSENTRASJONEN I EN LØSNING	14
FORSØK 2: TEMPERATUREN TIL LØSNINGEN	15
FORSØK 3: HARDHETEN TIL VANNET I TENSIDLØSNINGEN.....	15
FORSØK 4: TENSIDENES SKUMMINGSEVNE I SALT VANN	17
RESULTATER	18
RESULTATER FORSØK 1: TENSIDKONSENTRASJONEN I EN LØSNING	18

RESULTATER FORSØK 2: TEMPERATUREN TIL LØSNINGEN	19
RESULTATER FORSØK 3: HARDHETEN TIL VANNET I TENSIDLØSNINGEN.	20
RESULTATER FORSØK 4: TENSIDENES SKUMMINGSEVNE I SALTVANN	21
DISKUSJON	22
DISKUSJON FORSØK 1: TENSIDKONSENTRASJONEN I EN LØSNING	22
DISKUSJON FORSØK 2: TEMPERATUREN TIL LØSNINGEN	22
DISKUSJON FORSØK 3: HARDHETEN TIL VANNET I TENSIDLØSNINGEN.....	23
DISKUSJON FORSØK 4: TENSIDENES SKUMMINGSEVNE I SALTVANN	23
FEILKILDER OG ANDRE PÅVIRKNINGSFAKTORER	24
KONKLUSJON.....	25
REFERANSER.....	26

Tusen takk til veileder Jens Hoel for all støtte og de gode samtalene under arbeidsprosessen.

Forsidefoto: Forfatterens eget

FORORD

Jeg har lenge vært fasinert av fenomenet skum og hvordan vi mennesker daglig omgir oss med skummende stoffer og materialer, kanskje egentlig uten å tenke særlig mye over hva fenomenet skyldes. Når jeg pusser tenner og vasker hender og det dannes skum, har jeg ofte stilt meg spørsmålet om hva denne skumdannelsen skyldes og hva skummet består av. Dette er vanlige og dagligdags gjøremål der det oppstår skum, men jeg vet jo ikke egentlig hvorfor det skjer. Interessen min for skum har også blitt vekket av spørsmålet om hva som gjør at såper danner ulike typer skum, og hvordan dette skummet påvirkes i ulike miljøer. Spørsmålene om hva skum egentlig er, hvilke kjemiske egenskaper som gjør at et stoff skummer og hva som påvirker dette skummet er sentrale for denne oppgaven.

INNLEDNING

Ulike skumtyper og skum som fenomen har i løpet av årene blitt godt integrert i hverdagen vår. Ved nærmere ettertanke blir det tydelig at det er vanskelig, om ikke umulig, å ikke møte på skum i en eller annen form i løpet av en dag. I hverdagen oppstår det skum blant annet når vi bruker såper, vaskemidler, tannpasta og under matlaging som for eksempel melkeskum. Skummet kan være uønsket og ikke nødvendigvis ha en nytteverdi i det miljøet det oppstår, men det kan også være nyttig og svært viktig. Et eksempel på dette er brannslukningsskum, som potensielt kan være livreddende. Den karakteristiske skumstrukturen finner vi også i madrassene vi sover på, i polstringen på mange av stolene vi sitter på, i skumsålen til joggeskoene våre og i isolasjonen i husveggene. Skum oppstår ikke bare som følge av menneskeskapte produkter eller kjemikalier, men det er også et naturlig fenomen i visse miljøer. Et eksempel på forekomst av skum i naturen er havskum og skummet som av og til kan observere på elver.

De kanskje mest kjente og dagligdagse produktene som lager skum er ulike såper og vaskemidler. Det finnes utallige typer såper og vaskemidler på markedet. De ulike såpene har ofte hvert sitt bruksområde, og er derfor forskjellige med tanke på vaskeevne og skummingsevne. Såpeskum er bygget opp av og representerer mange av de kjemiske egenskapene og elementene som forårsaker og påvirker skumming, og vil derfor være en viktig del av denne oppgaven.

PROBLEMSTILLING

I denne oppgaven skal fenomenet skum betraktes nærmere, og det skal bygges opp en forståelse for hva fenomenet skyldes og hva som påvirker det. Ulike skumtyper, tensider som gjør at en væske skummer og hva som påvirker dette skummet er blant de tingene som skal studeres nærmere. Det vil også gjennomføres forsøk med ulike såper for å se hvordan skummingsevnen deres varierer og påvirkes av ulike faktorer og ytre forhold.

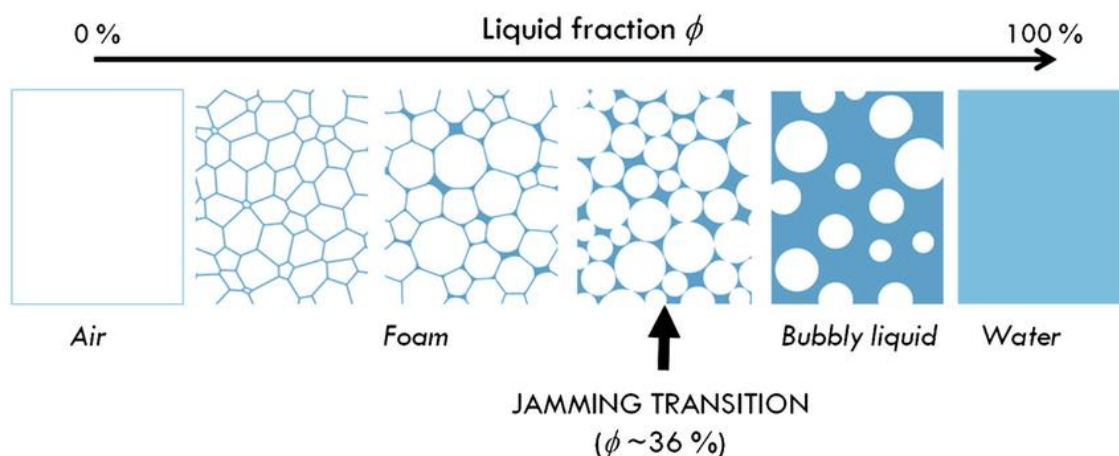
TEORETISK DEL

HVA ER SKUM?

Skum er væske eller fast stoff som inneholder en konsentrert fordeling av bobler med gass (Grøn, 2020). For at det skal dannes skum må det blandes luft eller gass inn i en væske der det er en viss forekomst av overflateaktive stoffer med skummende egenskaper (Pugh, 2016, s. 23). Det finnes flere ulike typer skum som har ulike fysiske og kjemiske egenskaper og trekk. De tre hovedtypene er vått-, tørt- og hardt skum (Pugh, 2016, s. 1). Vått- og tørt skum er de vanligste typene, og vil derfor bli fokusert på i denne oppgaven.

SKUM MED ULIKT VÆSKE- OG GASSINNHOLD

Vått- og tørt skum kategoriseres etter væskeinnhold (ϕ) i forhold til totalvolumet med skum. Det er med andre ord forholdet mellom mengden gass og væske i et skum som avgjør i hvilken grad det kan defineres som et vått- eller tørt skum (Pugh, 2016, s. 9). Dette forholdet er med på å påvirke skummets egenskaper og strukturelle oppbygning. Vått skum er skum som består av alt fra 5 % til 35 % væske og resten gass. Tørt skum består av rundt 1 % væske og 99 % gass (Pugh, 2016, s. 9 til 11). De tynne væskefilmene mellom gassboblene i tørt skum har en tykkelse på < 100 nm (Pugh, 2016, s. 10). Tørt skum har som regel sitt opphav i vått skum, og den lave væskeprosenten er en konsekvens av at væsken i det våte skummet har blitt drenert vekk av tyngdekraften (Pugh, 2016, s. 23). Når et skum består av mere enn 35 % væske kategoriseres det som regel som en boblende væske (Langevin, 2016). Når en boblende væske går over til å bli et skum blir gassboblenes struktur forandret. Boblende væsker har sfæriske gassbobler. Når gassinnholdet i væsken blir større, slik at det blir mindre enn 35 % væske og substansen kan kategoriseres som vått skum, vil gassboblene ta mere plass og presse på hverandre slik at de vil gå ut av sin sfæriske form og bli mere ujevne, som vist på Figur 1 (Langevin, 2016). Skum er bygget opp av en cellelignende struktur der lommer med gass er adskilt av tynne filmer med væske. Størrelsen på gasslommene og tykkelsen på væskefilmene varierer og blir påvirket av flere ulike faktorer. Oppbygningen til vått- og tørt skum, og overgangen til en boblende væske blir vist på Figur 1.



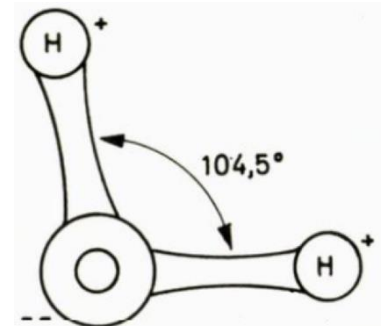
Figur 1: Generelt utseende til skum og boblende væsker med ulikt væskeinnhold (ϕ) i forhold til totalvolumet med skum (Langevin, 2016).

VANNETS MOLEKYLÆRE STRUKTUR OG OVERFLATESPENNING

Skum i vannholdige væsker oppstår når overflateaktive stoffer tilsettes slik at overflatespenningen til væsken reduseres (Grøn, 2020). Det er derfor viktig å se nærmere på hva overflatespenning egentlig er. For å gjøre dette er det viktig å få en forståelse for vannets molekylære oppbygning og hvordan dette er med på å danne en overplatehinne i skillet mellom væske og luft.

VANNMOLEKYLETS STRUKTUR

I hvert vannmolekyl (H_2O) er to hydrogenatomer bundet til et oksygenatom med polare kovalente bindinger (Brandt & Hushovd, 2010, s. 149). Oksygenatomet har seks valenselektroner, to uparede elektroner og to ledige elektronpar. De to uparede elektronene binder hvert sitt hydrogenatom, og vannmolekylet oppstår. Molekylet er bygget opp med en vinkel på $104,5^\circ$ mellom hydrogenatomene med utgangspunkt i oksygenatomet (Pedersen, 2020c).



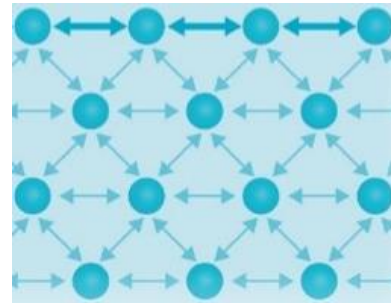
Figur 2: Vannmolekylets oppbygning (Øvestad, 1976, s. 6).

Oksygenatomet er mere elektronegativt enn hydrogenatomet siden det har to ledige elektronpar (Pedersen, 2020c). Forskjellen i elektronegativitet mellom hydrogen og oksygen gjør at vannmolekylet har en negativ pol («oksygensiden») og en positiv pol («hydrogensiden»), og det regnes derfor som en dipol (Brandt & Hushovd, 2010, s. 149). Forskjellen i elektronegativitet mellom oksygen og hydrogen og det at det finnes ledige elektronpar, gjør det mulig for vannmolekylene å danne hydrogenbindinger med andre vannmolekyler (Pedersen, 2020c).

VANNETS STRUKTUR OG OVERFLATEHINNE

Mellom vannmolekylene dannes det relativt sterke hydrogenbindinger, og dette er med på å gi vannet flere spesielle egenskaper. Hvor mange vannmolekyler hvert vannmolekyl binder seg til er det ikke fullstendig enighet om i de vitenskapelige miljøene, men den best kjente teorien er at hvert vannmolekyl binder seg til fire andre (Pugh, 2016, s. 27). Bindingene mellom molekylene oppstår fordi den negativt ladede oksygensiden til et vannmolekyl kobler seg sammen med den positivt ladede hydrogensiden til nabomolekylene. Det dannes da et gitterlignende nettverk av vannmolekyler når vannet er i væskeform (Brandt & Hushovd, 2010, s. 150). Hydrogenbindinger i vann er ikke statiske, men kan betraktes som mere dynamiske bindinger som er i stadig endring ut ifra blant annet miljøet vannet befinner seg i. Når vannet fryser og danner is ordnes vannmolekylene i et regelmessig nettverk med åpen struktur, noe som gjør at is har mindre tetthet enn vann i flytende form (Brandt & Hushovd, 2010, s. 150). Når vann varmes over $4^\circ C$ vil væskens tetthet avta som en følge av vannmolekylene økende bevegelighet, og vannet vil få lavere viskositet (Pedersen, 2020c). Viskositet kan omtales som en væskes seighet, og avgjør blant annet hvor lett en væske flyter (Holtebekk, 2019). Væsker flyter lettere desto lavere viskositet de har (Holtebekk, 2019).

I vannoverflaten er det ulike krefter som virker på vannmolekylene som befinner seg i skillet mellom væske og luft. Vannmolekylene som ikke befinner seg i vannoverflaten er omgitt av andre vannmolekyler, og bindingene med de andre molekylene vil gi en tiltrekningskraft til alle sider. I grenseflaten mellom vann og luft er imidlertid vannmolekylene ikke omgitt av andre vannmolekyler på alle kanter, og de intermolekylære kreftene som virker i væsken vil være asymmetriske, som vist på Figur 3 (Hofstad, 2019). Dette er med på å danne den såkalte overflathinnen, som fungerer som en litt sterkere hinne med tettpakkede vannmolekyler i grenseflaten mellom væske og luft (Ormestad & Pedersen, 2017).



Figur 3: Skjematisk fremstilling av de intermolekylære kreftene og overflathinnen i en væske. Den øverste molekylraden representerer vannets overflate (NanoScience, u.d.).

OVERFLATESPENNING

Overflatespenning er kreftene som sørger for å holde overflathinnen sammen. Det er med andre ord også et størrelsesbegrep på kraften som trengs for å bryte overflathinnen i en væske (Hofstad, 2019). Overflatespenning måles i kraft per lengdeenhet, og blir uttrykket som newton (N) per meter (m). I destillert vann tilsvarende overflatespenningen 72,8 mN/m ved 20 °C (Hofstad, 2019). Sammenlignet med andre stoffer har vann en høy overflatespenning. Eksempelvis har etanol (C_2H_5OH) en overflatespenning på 22,1 mN/m (Hofstad, 2019). Overflatespenning varierer fra væske til væske, og den påvirkes av flere ulike faktorer. Overflatespenning er blant annet med på å danne grunnlaget for skummingsevnen til ulike stoffer, og begrepet er derfor sentralt for denne oppgaven.

OVERFLATEAKTIVE STOFFER OG TENSIDER

Overflateaktive stoffer omtales ofte under samlebetegnelsen tensider (Kjøpke, 2018). Ordet tensid stammer fra det latinske *tensio* som betyr spenning (Øvestad, 1976, s. 9).

Overflateaktive stoffer er stoffer som ved tilsettelse i små konsentrasjoner, kan redusere overflatespenningen til en væske (Pedersen, 2020b). I hvor stor grad et tensid kan gjøre dette er avhengig av flere faktorer, både i forhold til tensidet og væsken det kommer i kontakt med. Flere ulike typer tensider dannes naturlig i naturen, men nye typer har også blitt kjemiske fremstilt i løpet av årene.

TENSIDERS OPPBYGNING OG KJEMISKE EGENSKAPER

Tensider er stoffer som består av en upolar hydrofob (vannavstøtende) ende, og en polar hydrofil (vanntiltrekkende) ende (Tryland & Haraldstad, 1991, s. 2.5). Tensider karakteriseres derfor ofte som asymmetriske molekyler, siden de to endene har ulike kjemiske egenskaper. Den hydrofobe enden består som oftest av en hydrofob hydrokarbonrest. Den hydrofile enden kan bestå av ulike kjemiske forbindelser og stoffer som har en hydrofil egenskap.



Figur 4: Generell struktur til et tensid (Øvestad, 1976, s. 14).

Den kjemiske oppbygningen til tensider gjør at de også har egenskaper som rengjøringsmiddel, og ordet tensid blir også forbundet med ulike såper og vaskemidler. Det finnes fire hovedtyper tensider med ulike kjemiske egenskaper som er kategorisert etter oppbygningen og egenskapen til den hydrofile delen av molekylet. Hovedtypene er anioniske-, kationiske-, amfotære- og ikke-ioniske tensider.

ANIONISKE TENSIDER

Et anionisk tensid har en negativt ladet polar gruppe, og vil derfor binde seg til positivt ladede materialer (Pedersen, 2020a). Den vanligste polare gruppen i anioniske tensider er -COO^- , og er å finne i konvensjonell såpe (Brandt & Hushovd, 2010, s. 178). Anioniske tensider er den vanligste og mest kjente tensidgruppen. De har en god fukteevne og skummingsevne, og anvendes blant annet til vasking (Øvestad, 1976, s. 16). Fukteevnen til et stoff vurderes ut ifra hvor godt det kan fortrenge smuss eller luft fra overflaten til et materiale for så å erstatte det med vann slik at materialet blir fuktet (Øvestad, 1976, s. 28). Sodium lauryl sulfat (SLS) er et av de vanligste anioniske tensidene, og blir blant annet brukt i flere typer tannpasta og kroppssåpe (Emsley, 2015, s. 366).



Figur 5: Generell struktur til et anionisk tensid (Øvestad, 1976, s. 16).

KATIONISKE TENSIDER

Et kationisk tensid har en positivt ladet polar gruppe, og vil derfor binde seg til negativt ladede materialer og overflater (Øvestad, 1976, s. 18). Kationiske tensider har ikke en spesielt god skummingsevne. Dette er blant annet fordi tensidet har en tendens til å feste seg til glass og beholderen det tilsettes i, og derfor ikke legger seg i overflaten til væsken i beholderen (Pugh, 2016, s. 24). Kationiske tensider har i forhold til andre tensider heller ikke spesielt god vaske- eller fukteevne, men blir brukt i flere vaskemidler som mykningsmiddel eller på grunn av tensidets baktericide egenskaper (Øvestad, 1976, s. 17 til 18).

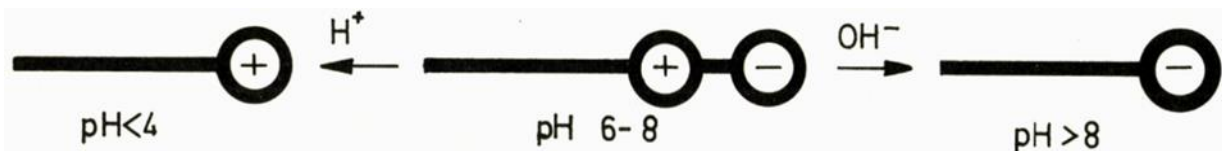


Figur 6: Generell struktur til et kationisk tensid (Øvestad, 1976, s. 17).

AMFOTÆRE TENSIDER

Amfotære tensider kan ha en anionisk, kationisk eller elektronøytral polar gruppe avhengig av pH i miljøet tensidet befinner seg i (Øvestad, 1976, s. 19). De har med andre ord egenskaper som et zwitterion (Pedersen, 2020d). Tensidets ladning vil variere etter pH, som vist på Figur 7. Dette gir tensidet en varierende vaske- og skummingsevne ut ifra miljøet det befinner seg i.

Amfotære tensider er spesielt skånsomme for hud, og brukes blant annet ofte i sjampo (Brandt & Hushovd, 2010, s. 178).



Figur 7: Generell struktur til et amfotært tensid (Øvestad, 1976, s. 20).

IKKE-IONISKE TENSIDER

Ikke-ioniske tensider har en polar gruppe uten ladning. Dette gjør at vaske- og skummingsevnen til tensidet i liten grad påvirkes av løse ioner i miljøet det befinner seg i, siden stoffene har liten påvirkning på den polare gruppen til tensidet (Brandt & Hushovd, 2010, s. 178). Ikke-ioniske tensider brukes blant annet i ulike oppvaskmidler og tøyvaskemidler (Brandt & Hushovd, 2010, s. 178)



Figur 8: Generell struktur til et ikke-ionisk tensid (Øvestad, 1976, s. 17).

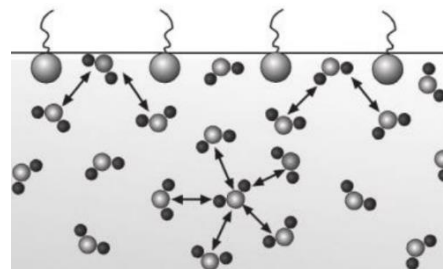
OVERFLATEAKTIVE STOFFERS EGENSKAPER I EN VÆSKE, OG EVNEN TIL Å DANNE SKUM

Som tidligere nevnt er det forekomst av overflateaktive stoffer som reduserer overflatespenningen i en væske og gir væsken evnen til å skumme. En ren væske med lav viskositet, som for eksempel vann, vil ikke danne skum uten at det tilsettes andre stoffer som for eksempel tensider. Et godt tensid kan senke overflatespenningen til vann ved 20 °C fra 72,8 mN/m til 35 mN/m (Pugh, 2016, s. 23). For noen tensider er denne evnen så sterk at konsentrasjoner på kun 0,001 g/L gir merkbar effekt på overflatespenningen (Øvestad, 1976, s. 21).

OVERFLATEAKTIVE STOFFER I VANN

Grunnet de overflateaktive stoffenes oppbygning vil de søke til overflaten og skille mellom væske og luft når de blir tilsatt i vann. Dette er fordi den hydrofobe hydrokarbonhalen til tensidet vil «stikke opp av» vannet slik at den er i kontakt med luften, mens den polare og hydrofile enden av stoffet vil være i kontakt med vannet, som vist på Figur 9 (Øvestad, 1976, s. 26). Den hydrofile enden av det overflateaktive stoffet vil enten danne dipolbindinger eller hydrogenbindinger med

vannmolekylene rundt (Pugh, 2016, s. 27). Etter tilsettelse av et overflateaktivt stoff vil vannmolekylene i overflaten presses ut av sin vanlige struktur, og vannets overflatespenning reduseres (Øvestad, 1976, s. 21). Tensidene som legger seg i grenseskillet mellom vannet og luften vil etter hvert danne en «hinne» bygget opp av ett lag med molekyler. Denne hinnen vil på grunn av de overflateaktive stoffenes polare natur, virke elastisk og stabiliserende på

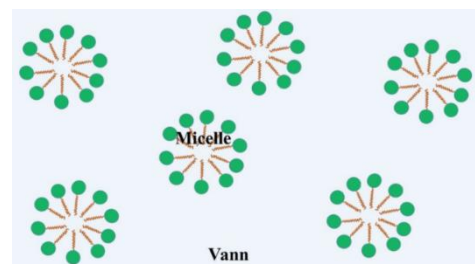


Figur 9: Ordningen av et overflateaktivt stoff i vann (Pugh, 2016, s. 26).

vannoverflaten. Dette er med på å gi væsken skummende egenskaper og beskrives nærmere senere (Pugh, 2016, s. 27).

TENSIDETS KRITISKE KONSENTRASJON (CMC)

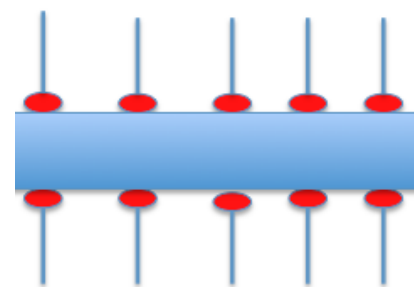
Når en væske får en viss konsentrasjon av overflateaktive stoffer, vil den gå over til å bli en kolloid løsning. En kolloid løsning er en løsning der det er en fordeling av små partikler (Ore & Helseth, 2018). Tensidkonsentrasjonen i denne overgangen kalles ofte tensidets kritiske konsentrasjon, og blir også omtalt som CMC (critical micelle concentration) (Øvestad, 1976, s. 24). Når en væske oppnår denne konsentrasjonen med tensider vil ikke lenger tilsetning av tensider påvirke overflatespenningen i større grad enn det de overflateaktive stoffene allerede har gjort. Den kritiske konsentrasjonen varierer fra tensid til tensid, og påvirkes av ulike faktorer. I overgangen når et tensid når sin CMC vil opphopningen av tensider i overflaten være så stor at tensidene som tilsettes ikke vil ha plass til å legge seg i overflaten, og de vil danne miceller i væsken. Micellene oppstår i form av kuleformede ansamlinger av tensider som har samlet den hydrofobe enden i sentrum og den hydrofile enden ut mot vannet, som vist på Figur 10 (Brandt & Hushovd, 2010). Disse micellene regnes ofte som partikler med en kolloidal størrelse på mellom en nanometer (10^{-9} m) og en mikrometer (10^{-6} m) (Ore & Helseth, 2018). En slik micelle kan være bygget opp av alt fra ti- til over hundre tensidmolekyler (Øvestad, 1976, s. 22).



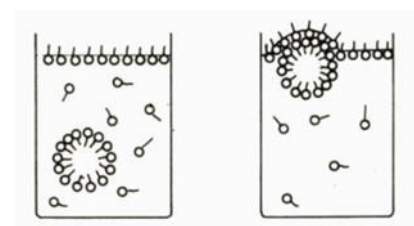
Figur 10: Miceller av tensider i vann (Ore & Helseth, 2018).

SKUMMETS MOLEKYLÆRE OPPBYGNING

Når det er en viss konsentrasjon av overflateaktive stoffer i en væske, vil væsken få en økt evne til å danne skum. Dette oppstår når det blandes luft eller en annen gass i væsken ved hjelp av fysiske prosesser som risting, røring, bobling eller helling, eller ved hjelp av kjemiske prosesser og gassdannelse i væsken. Når det blandes luft i en væske med tensider vil tensidene karakteristiske egenskaper gjøre at den hydrofobe delen vil søke til luftboblen i væske, og den hydrofile delen vil orienteres ut fra luftboblen for å være i kontakt med væsken, som vist på Figur 12. Det vil da dannes en hinne rundt luftboblen som gjør at den holder seg relativt stabil i væsken. Luften i boblen er lettere en selve væsken og vil derfor stige til overflaten. Der vil det dannes et tynt væskelag mellom et dobbeltsjikt av tensidmolekyler. Dette oppstår når de hydrofile endene til tensidene som omgir luftboblen og til tensidene som ligger i væskens overflate, begge trekkes mot vannet. Vannet fordeles i en tynn hinne mellom de to tensidlagene, som vist på Figur 11 (Øvestad, 1976, s. 26). Denne elastiske hinnen gjør at boblen ikke brister når den befinner seg i overflaten til væsken, som vist på Figur 12. Gassbobler med stor oppdrift vil kunne «løse» fra væskens overflate og danne en sfærisk boble som svever i luften, noe som blant annet kan observeres ved blåsing av såpebobler (Øvestad, 1976, s. 26). Det vanligste er imidlertid at boblene



Figur 11: Tensidenes orientering i filmen som omgir gassboblen i skum (Wikipedia, 2020).



Figur 12: Tensidene som omgir gassboblen og danner skum (Øvestad, 1976, s. 26).

blir liggende i overflaten til væsken. Når det dannes flere og flere slike bobler ved at det blir blandet mere luft i den tensidholdige væsken, vil det bygge seg opp et lag med det vi kjenner som skum. Alle skumboblene er bygget opp etter samme prinsipp.

FAKTORER SOM PÅVIRKER SKUMMINGSEVNE TIL STOFFER

TEMPERATUR OG TENSIDENES LØSELIGHET

Temperatur er en viktig faktor som både påvirker skummingsevnen og skumstabiliteten til en væske med tensider (Pugh, 2016, s. 80). Temperaturen i løsningen påvirker både strukturen til molekylene i væsken, og tensidenes evne til å løses i væsken og danne skum (Pugh, 2016, s. 59).

Når temperaturen i en vannholdig væske øker vil overflatespenningen reduseres (Pugh, 2016, s. 80). Dette har tett sammenheng med at hydrogenbindingene mellom vannmolekylene og molekylene samlete struktur påvirkes av temperaturen til væsken, som beskrevet tidligere i kapitlet om vannets struktur og overflathinne. Økt temperatur fører for mange løsninger imidlertid til at skumstabiliteten- og skumets holdbarhet minker. Skumstabilitet er et begrep som omhandler hvor fort et skum kollapser og blir borte. Den minkende skumstabiliteten ved økt temperatur, er en følge av at viskositet i væsken minker ved høyere temperaturer. Den lave viskositeten gjør at væsken lettere dreneres vekk under- og etter skumdannelse. Dette gjør at væskehinnene i skummet forsvinner og skumstrukturen svekkes, for så å briste (Pugh, 2016, s. 81).

Temperaturen i væsken og løsningens skummingsevne har også sammenheng med tensidenes løselighet og den såkalte Krafft temperaturen (Pugh, 2016, s. 59). Krafft temperaturen er den temperaturen hvor et ionisk tensid kan løses i væsken slik at det kan danne miceller, og har tett sammenheng med tensidets CMC (Pugh, 2016, s. 59). Denne temperaturen varierer ut ifra ulike faktorer ved tensidets sammensetning. Når et tensid er i en løsning under Krafft temperaturen vil tensidets evne til å løses svekkes, og det vil ikke løses nok tensid til at det vil dannes miceller i væsken. Tensidet vil derfor ikke påvirke væskens overflatespenning eller skummingsevne slik det har potensial til å gjøre. Tensidet vil da være i en krystallisk form (Pugh, 2016, s. 59). Når temperaturen i løsningen er over Krafft temperaturen vil disse krystallene løses opp og tensidet vil løses i væsken, danne miceller og gi økt skummingsevne (Pugh, 2016, s. 59).

TENSIDETS KRITISKE KONSENTRASJON (CMC) OG SKUMMINGSEVNE

Tensidets CMC har tett sammenheng med skummingsevnen til stoffet. Som tidligere nevnt minker overflatespenningen i en væske ved høyere konsentrasjon av tensid, og dette fører til at skummingsevnen til stoffet øker. Når tensidet når sin CMC vil den maksimale skummingsevnen til stoffet være nådd grunnet de molekylære forholdene som da er i væsken, som beskrevet tidligere i kapitlet om tensidets kritiske konsentrasjon (CMC). Stoffet vil også skumme under CMC, men hinnene med væske og tensider som skiller luftboblene i skummet vil da være svakere og ikke dannes like lett (Pugh, 2016, s. 69). Dette er en følge av lite tensider i løsningen. Faktorer som påvirker tensidenes CMC påvirker derfor løsningenes

skummingsevne (Pugh, 2016, s. 69). Dette kan også være faktorer som avgjør om tensidene oppnår CMC, som for eksempel temperaturen i løsningen og forekomst av kationer i løsningen.

HARDT VANN OG SALTVANN

I hardt vann eller i saltvann vil mange tensider miste sine karakteristiske egenskaper som både skumningsmiddel og vaskemiddel. Hardt vann er vann som inneholder en viss mengde kalsiumioner (Ca^{2+}) eller magnesiumioner (Mg^{2+}), men det kan også være forekomst av begge ionene (Pedersen, 2019). For kalsiumioner (Ca^{2+}) kategoriseres vann med konsentrasjon på 70 mg per liter som hardt vann (Pedersen, 2019). Saltvann inneholder blant annet kationer i form av natriumioner (Na^+) og klorioner (Cl^-), ettersom det er natriumklorid (NaCl) løst i vannet (Brandt & Hushovd, 2010). Havvann inneholder om lag 35 g salt per kg vann (UiO: Institutt for biovitenskap, 2021). Dette er ikke bare i form av natriumklorid, men også andre typer salt og mineraler.

De ulike tensidene blir i ulik grad påvirket av kationene i det harde vannet eller i saltvannet avhengig av den hydrofile delen til tensidet. Anioniske tensider blir på grunn av den negative ladningen til den polare og hydrofile delen, svært lett påvirket av kationene i det harde vannet og i saltvannet (Brandt & Hushovd, 2010, s. 178). Anioniske tensider vil i disse miljøene derfor miste sin skummingsevne og vaskeevne siden tensidene vil reagere med kationene i vannet og felles ut som uløselige salter (Brandt & Hushovd, 2010, s. 177). Denne problematikken er ikke lik for kationiske-, ikke-ioniske- og amfotære tensider i visse miljøer, siden disse har en polar gruppe som ikke påvirkes av kationene i vannet i like stor grad (Brandt & Hushovd, 2010, s. 178). For å forbedre anioniske tensiders skummingsevne i hardt vann kan det blant annet tilsettes ikke-ioniske tensider i løsningen, ettersom disse vil øke de anioniske tensidenes evne til å løse seg i det harde vannet og minske tensidets CMC (Ferlin, et al., 2011). I moderne vaskemidler blir det ofte brukt flere ulike typer tensider. Dette er både fordi mange av tensidene påvirker hverandre slik at de virker bedre sammen, og fordi det i en blanding som oftest vil være minst ett tensid som fungerer uansett hvilket miljø vaskemiddelet blir brukt i.

METODE OG FORSØKSDESIGN

For å undersøke hvilke faktorer som påvirker kjemiske tensiders skummingsevne vil det i den praktiske delen av denne oppgaven gjennomføres fire forsøk for å se hvordan tensidkonsentrasjonen i vann, temperaturen til vann, hardheten til vann og saltinnholdet i vann kan påvirke skummingsevnen til tre ulike såper. Såpene som skal benyttes i disse forsøkene er en egenlaget såpe av kokosfett og kaliumhydroksid (KOH), Sunlight-såpe og Zalo. For å teste skummingsevnen til disse stoffene vil det benyttes en egenlaget etterligning av testoppsettet til Ross-Miles metoden.

SÅPENE SOM SKAL TESTES

Den egenlagete såpen er laget ved hydrolyse av triglyserider med kaliumhydroksid (KOH) som base og vann under en kokingsprosess som gir en forsåpning der det dannes anioniske tensider (Klepp & Helseth, 2020). Såpen er seig, men ikke helt hard.

Sunlight er i form av et såpestykke. Den inneholder $> 30\%$ såpe og $< 5\%$ parfymer, og den består av anioniske tensider (Lilleborg, 2017). Den er laget etter samme prinsipp som den hjemmelagete såpen, men ved bruk av natriumhydroksid (NaOH) som base og et annet fett.



Figur 13: Såpene som ble testet. Foto: forfatterens eget.

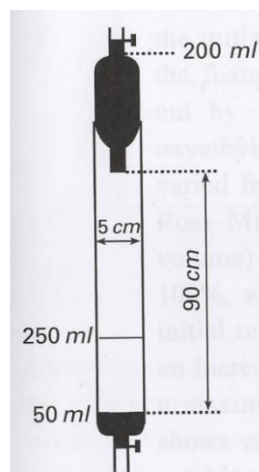
Zalo inneholder $15 - < 30\%$ anioniske tensider, $5 - < 15\%$ amfotære tensider, $5 - < 15\%$ ikke-ioniske tensider og noen parfymer (Lilleborg, 2015b).

ROSS-MILES METODEN, EN TESTMETODE FOR SKUMMINGSEVNE

Det finnes mange ulike testmetoder for å undersøke skummingsevnen til et stoff. Alle testmetodene baseres på en systematisk og gjentagbar metode for å blande gass eller luft inn i en væske med en bestemt mengde overflateaktivt stoff som skal testes. Under forsøkene i denne oppgaven vil alle skummingstestene bli gjennomført med en egenkonstruert etterligning etter Ross-Miles metoden. Det er den ledende testmetoden for skummingsevnen til stoffer innen industrien og moderne labvirksomhet (Pugh, 2016, s. 383).

Ross-Miles-metoden har fått sitt navn etter John Ross og Gilbert D. Miles som kom fram til den standardiserte testen (Küss Scientific, u.d.). Testen blir brukt for å måle skummingsevnen til en tensidløsning, og til å måle holdbarheten til det skummet som blir dannet.

Under testen blir det brukt et utstyrsoppsett etter dimensjonene som vist på Figur 14. Skummingsevnen til en bestemt løsning blir testet ved å slippe 200 mL av løsningen fra en høyde på 90 cm gjennom en trakt og ned i en sylinder der det er 50 mL av den samme



Figur 14: Dimensjonene på utstyret brukt under Ross-Miles metoden (Pugh, 2016, s. 43).



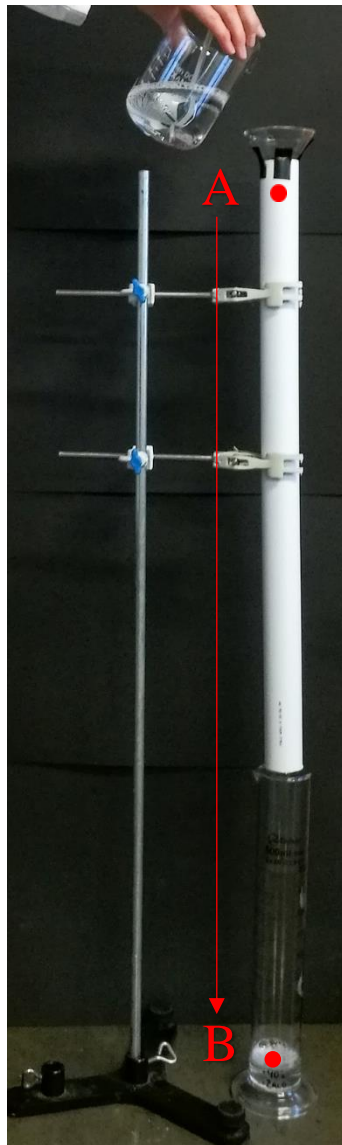
Figur 15: Forsøksoppsettet til Ross-Miles metoden før (venstre) og etter (høyre) blanding av løsningene (Küss Scientific, u.d.).

løsningen, som illustrert på Figur 15. Skummingsevnen til en løsning blir beregnet ut ifra høyden på skumsøylen som dannes i sylindern, som har en indre diameter på 5 cm. Den turbulente miksing av væskene som oppstår når den ene mengden slippes ned i den andre minner på mange måter om naturlige blandingsprosesser som man finner i naturen i blant annet elver, og det viser hvordan væskene skummer uten påvirkning av ulike blanderedskaper eller gassboblingsmetoder som brukes i andre testmetoder.

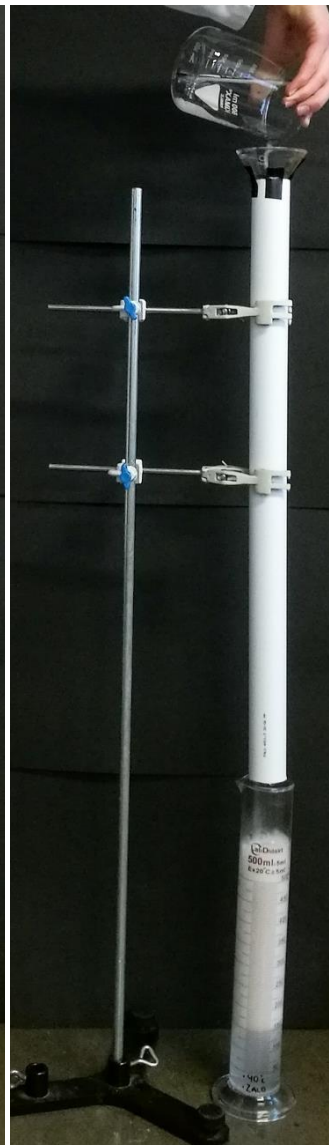
Under forsøkene i denne oppgaven vil forsøksoppsettet og skumtestutstyret som vist på Figur 16 og Figur 17 bli benyttet. Dette er et egenkonstruert oppsett for å etterligne den standardiserte Ross-Miles metoden.

Forsøksoppsettet består av et plastrør der det øverst er montert en liten trakt. Plastrøret er festet til et stativ slik at det holdes over en målesylinder der løsningene blandes under skumtesten. Under testen helles 200 mL av en tensidløsning i trakten slik at den slippes fra punkt A, direkte gjennom plastrøret og ned i målesylindern som har en indre diameter på 5 cm. I målesylindern utgjør punkt B overflaten på de 50 mL med løsning som er i sylindern fra før. Det er 90 cm mellom punktene A og B. Etter løsningene har blandet

seg vil det dannes skum i målesylindern, som vist på Figur 17. Løsningene som testes varmes som standardtemperatur til 40 °C før blanding, siden dette er en temperatur der de fleste tensider løses godt (Pugh, 2016, s. 59). Såpene vil testes i destillert vann (batterivann), slik at testene ikke påvirkes av ulike ukjente stoffer og ioner som eventuelt kan være i springvann. Skummingsevnen til løsningen som blir testet vurderes ut ifra høyden til skummet som dannes i målesylindern. Dette måles fra skillet mellom væske og skum til skillet mellom skum og luft, som vist på Figur 18 som avstanden mellom punktene C og D.



Figur 16: Forsøksoppsettet benyttet under forsøket før gjennomført test (Foto: forfatterens eget).



Figur 17: Forsøksoppsettet benyttet under forsøket etter gjennomført test (Foto: forfatterens eget).



Figur 18: Målepunkter for skumhøyden og skummingsevnen til en løsning (Foto: forfatterens eget).

Mellom hver test skylles alt utstyret grundig og det sendes rent vann uten såpe gjennom trakten og plastrøret i skumtestutstyret. På denne måten vil sjansen for at testene vil påvirkes av urenheter og gjenværende stoffer etter tidligere tester minimeres. Forsøkene gjennomført med det egenkonstruerte forsøksutstyret kan ikke sammenlignes med offisielle tester gjennomført med det eksakte testutstyret til Ross-Miles metoden. Dette er blant annet fordi det testutstyret som benyttes ikke tilsvarer det eksakte apparatet, men er en egenkonstruert etterligning.

FORSØK 1: TENSIDKONSENTRASJONEN I EN LØSNING

HENSIKT:

Hensikt med forsøket er å se sammenhengen mellom mengden såpe i en løsning og skummingsevnen til den aktuelle løsningen. Forsøket vil også vise skummingsevnen til de tre såpene som blir testet i forhold til hverandre.

FØLGENDE SKAL UNDERSØKES:

Følgende konsentrasjoner med såpe skal testes ved 40 °C:

0,125 g per 250 mL

0,25 g per 250 mL

0,5 g per 250 mL

1 g per 250 mL

UTSTYR:

- Milligramsvekt
- Veieskip
- 3 L batterivann i en beholder
- Målesylindere, 250 mL og 100 mL
- Stort begerglass som kan romme 250 mL væske
- Glasstermometer
- Gassbrenner og stativ
- Skumtestutstyret og såpene som beskrevet tidligere

FREMGANGSMÅTE:

1. Sett beholderen med batterivann i vannbad slik at batterivannet holder en temperatur på 40 °C.
2. Bruk milligramsvekten og veieskip og vei opp en porsjon av hver av såpene på 0,125 g, 0,25 g 0,5 g og 1 g.
3. Mål opp 250 mL med batterivann i en målesylinder og overfør vannet til et tilsvarende stort begerglass.
4. Tilsett så én av de oppveide mengdene med såpe og rør rundt med termometeret til såpen er løst opp. Kontrollere løsningens temperatur. Varm løsningen ved hjelp av gassbrenneren dersom den ikke holder 40 °C, eller kjøøl begerglasset under rennende kaldt vann dersom det holder for høy temperatur.
5. Bruk en liten målesylinder og mål opp 50 mL av såpeløsningen for så å forsiktig helle dette ned i målesylinderen som brukes under skumtesten som beskrevet tidligere.
6. Monter skumtestoppsettet og gjennomfør skummingstesten som beskrevet tidligere i kapitlet.
7. Mål høyden til skummet som dannes rett etter testen er gjennomført. Noter skumhøyden til den testede konsentrasjonen med såpe og andre observasjoner gjort under forsøket.
8. Gjenta punkt 3 til 7 med alle de oppmålte mengdene med såpe og noter resultatene.

FORSØK 2: TEMPERATUREN TIL LØSNINGEN

HENSIKT:

Hensikten med forsøket er å se sammenhengen mellom temperaturen på løsninger med de ulike såpene og skummingsevnen til løsningene.

FØLGENDE SKAL UNDERSØKES:

Skummingsevnen til de tre såpene med konsentrasjoner på 0,25 g per 250 mL ved temperaturer på 10 °C, 40 °C og 80 °C.

UTSTYR:

- Milligramsvekt
- Veieskip
- 2,25 L batterivann i en beholder
- Målesylindere, 250 mL og 100 mL
- Stort begerglass som kan romme 250 mL væske
- 1 L begerglass
- Glasstermometer
- Gassbrenner og stativ
- Kjøleskap
- Skumtestutstyret og såpene som beskrevet tidligere

FREMGANGSMÅTE:

1. Mål opp tre beholdere med 750 mL batterivann hver. Sett én beholder i varmt vannbad slik at den holder 40 °C, én i kjøleskap slik at den holder 10 °C eller lavere og bruk gassbrenneren og stativet til å varme den siste porsjonen med batterivann i et begerglass slik at det holder 80 °C.
2. Bruk milligramsvekten og veieskip og vei opp tre porsjoner av hver av såpene på 0,25 g.
3. Mål opp 250 mL med batterivann av en av de gitte temperaturene i en målesylinder og overfør innholdet til et tilsvarende stort begerglass.
4. Tilsett så én av de oppveide mengdene med såpe og rør rundt med termometeret. Rør til såpen er helt oppløst, men maksimalt i 3 minutter. Kontrollerer løsningens temperatur. Dersom det trengs kan løsningen varmes ytterligere med gassbrenner eller kjøles ned ved å sette den i et kaldt vannbad, avhengig av temperaturen på løsningen som skal testes.
5. Bruk en liten målesylinder og mål opp 50 mL av såpeløsningen for så å forsiktig helle dette ned i målesylindere som brukes under skumtesten som beskrevet tidligere.
6. Monter skummingstestoppsettet og gjennomfør skummingstesten som beskrevet tidligere.
7. Mål høyden til skummet som dannes rett etter testen er gjennomført, og 3 minutter etter testen er gjennomført. Noter de to skumhøydene til den testede såpen ved den gitte temperaturen og andre observasjoner under forsøket
8. Gjenta punkt 3 til 7 til de tre såpetypene er testet ved de tre ulike temperaturene.

FORSØK 3: HARDHETEN TIL VANNET I TENSIDLØSNINGEN

HENSIKT:

Hensikten med forsøket er å se hvordan hardhet til vann påvirker skummingsevnen til løsninger med de tre ulike såpene.

FØLGENDE SKAL UNDERSØKES:

Skummingsevnen til de tre såpene med konsentrasjoner på 0,25 g per 250 mL ved temperatur på 40 °C i vann med kalsiumkonsentrasjonene (Ca) som beskrevet under. Disse konsentrasjonene oppnås ved å tilsette kalsiumklorid (CaCl₂) i konsentrasjonene som står under i parentes:

- Bløtt vann: 8,75 mg Ca per 250 mL = 35 mg Ca per 1 L (0,073 g CaCl₂ per 750 mL)
- Hardt vann: 17,5 mg Ca per 250 mL = 70 mg Ca per 1 L (0,145 g CaCl₂ per 750 mL)
- Meget hardt vann: 37,5 mg Ca per 250 mL = 150 mg Ca per 1 L (0,312 g CaCl₂ per 750 mL)

UTSTYR:

- Milligramsvekt
- Veieskip
- Kalsiumklorid (CaCl₂) i pulverform
- 2,25 L batterivann i en beholder
- 3 målekolber, 1 L
- 3 magnetrørere
- Målesylindere, 250 mL og 100 mL
- Stort begerglass som kan romme 250 mL væske
- Begerglass, 1 L
- Glasstermometer
- Gassbrenner og stativ
- Skumtestutstyret og såpene som beskrevet tidligere

FREMGANGSMÅTE:

1. Bruk målesylinderen og tilfør 750 mL batterivann i hver av de tre store målekolber.
2. Bruk milligramsvekten og veieskip og vei opp 0,073 g, 0,145 g og 37,5 mg med kalsiumklorid. Tilsett så disse dosene til hver sin målekolbe og merk de med bløtt, hardt og meget hardt etter stigende mengde kalsiumkloridinnhold. Plasser alle målekolbene på hver sin batterirør slik at kalsiumkloridet løses opp.
3. Bruk milligramsvekten og veieskip og vei tre porsjoner med 0,25 g av hver av de tre såpene.
4. Mål opp 250 mL med batterivann av en av de gitte hardhetene i en målesylinder og overfør innholdet til et tilsvarende stort begerglass. Bruk en gassbrenner og varm opp løsningen til 40 °C.
5. Tilsett én av de oppveide mengdene med såpe og rør rundt med termometeret. Rør til såpen er helt oppløst, maksimalt i 3 minutter. Kontroller løsningsens temperatur. Varm løsningen ytterligere med gassbrenner, eller kjøøl begerglasset under rennende kaldt vann for å regulere temperaturen dersom dette er nødvendig.
6. Bruk en liten målesylinder og mål opp 50 mL av såpeløsningen for så å forsiktig helle dette ned i målesylinderen som brukes under skumtesten som beskrevet tidligere.
7. Monter skumtestoppsettet og gjennomfør skummingstesten som beskrevet tidligere i kapitlet.
8. Mål høyden til skummet som dannes rett etter testen er gjennomført, og 3 minutter etter testen er gjennomført. Noter de to skumhøydene til den testede såpen ved den gitte hardhetsgraden av vann som ble testet.
9. Gjenta punkt 4 til 8 til alle såpene er testet ved de ulike hardhetsgradene av vannet. Gjennomfør også en test med de tre ulike såpene i rent batterivann ved 40 °C.

FORSØK 4: TENSIDENES SKUMMINGSEVNE I SALTUVANN

HENSIKT:

Hensikten med forsøket er å se hvordan saltinnholdet i vann påvirker skummingsevnen til løsninger med de tre ulike såpene.

FØLGENDE SKAL UNDERSØKES:

Skummingsevnen til de tre såpene med konsentrasjoner på 0,25 g per 250 mL ved temperaturer på 40 °C i vann med følgende saltkonsentrasjon (NaCl) skal testes:

- 4,375 g NaCl per 250 mL = 17,5 g NaCl per L (50 % av saltkonsentrasjonen i havvann)
- 8,75 g NaCl per 250 mL = 35 g NaCl per L (saltkonsentrasjonen i havvann)
- 13,125 g NaCl per 250 mL = 52,5 g NaCl per L (150 % av saltkonsentrasjonen i havvann)

UTSTYR:

- Milligramsvekt
- Veieskip
- Natriumklorid (NaCl)
- 2,25 L batterivann i en beholder
- Målesylindere, 250 mL og 100 mL
- Stort begerglass som kan romme 250 mL væske
- Glasstermometer
- Gassbrenner og stativ
- Skumtestutstyret og såpene som beskrevet tidligere

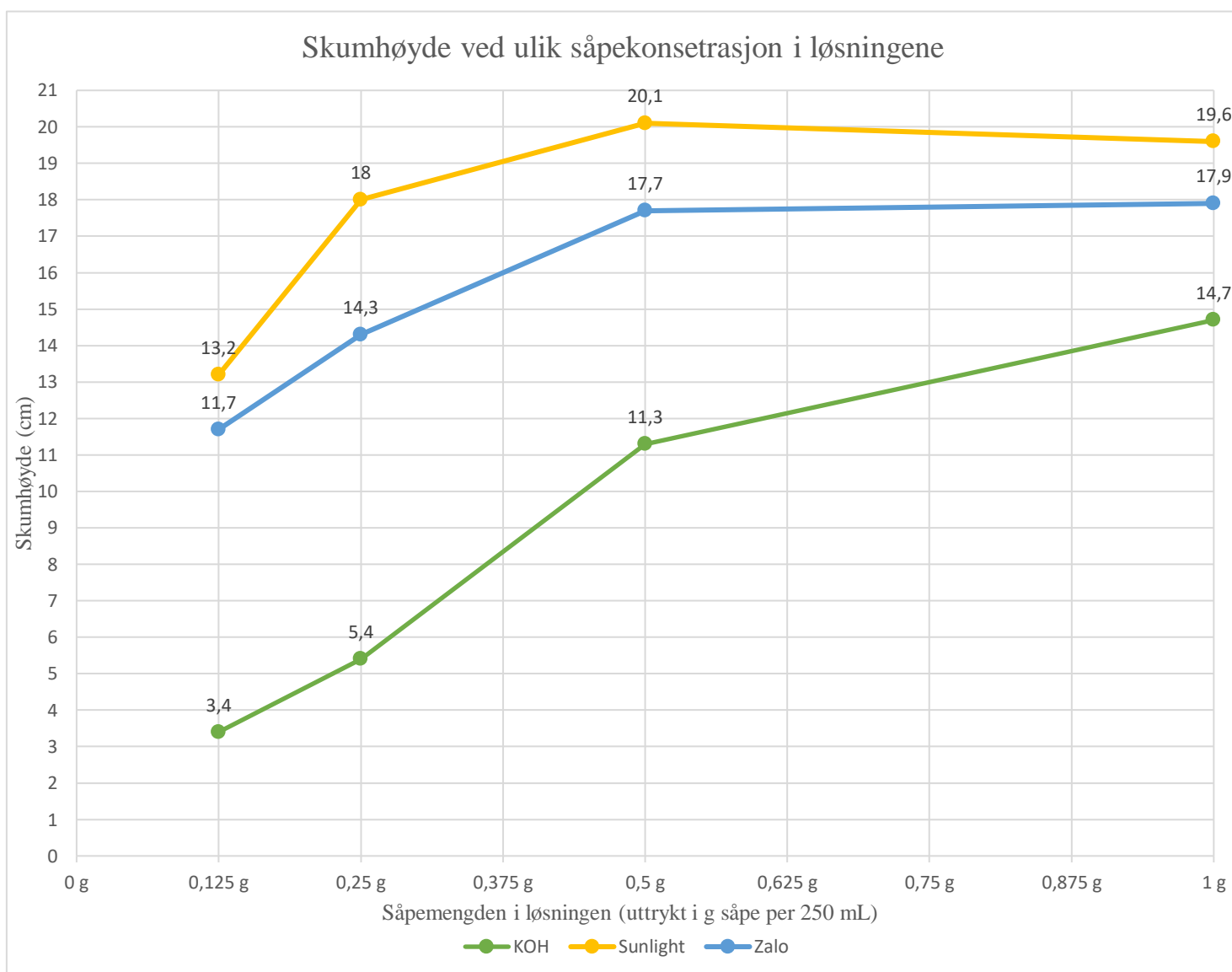
FREMGANGSMÅTE:

1. Sett beholderen med batterivann i vannbad slik at vannet holder en temperatur på 40 °C.
2. Bruk en milligramsvekt og veieskip og vei opp tre porsjoner med 4,375 g, 8,75 g og 13,125 g natriumklorid hver.
3. Bruk milligramsvekten og veieskip og vei tre porsjoner med 0,25 g av hver av de tre såpene.
4. Mål opp 250 mL med batterivann i en målesylinder og overfør innholdet til et tilsvarende stort begerglass. Tilsett så én av de oppmålte porsjonene med natriumklorid og rør rundt med termometeret til saltet er oppløst. Mål temperaturen i løsningen og bruk om nødvendig gassbrenneren til å varme opp vannet i begerglasset ytterligere.
5. Tilsett én av de oppveide veieskipene med såpe og rør rundt med termometeret. Rør til såpen er helt oppløst, maksimalt i 3 minutter.
6. Bruk en liten målesylinder og mål opp 50 mL av såpeløsningen for så å forsiktig helle dette ned i målesylindere som brukes under skumtesten som beskrevet tidligere.
9. Monter skummingstestoppsettet og gjennomfør skummingstesten som beskrevet tidligere i kapitlet.
7. Mål høyden til skummet som dannes rett etter testen er gjennomført, og 3 minutter etter testen er gjennomført. Noter de to skumhøydene til den testede såpen og saltkonsentrasjonen i vannet som ble benyttet. Noter også andre observasjoner under forsøket.
8. Gjenta punkt 4 til 7 til alle såpene er testet ved vannet med ulik saltkonsentrasjon. Gjennomfør også en test med de tre ulike såpene i rent batterivann ved 40 °C.

RESULTATER

RESULTATER FORSØK 1: TENSIDKONSENTRASJONEN I EN LØSNING

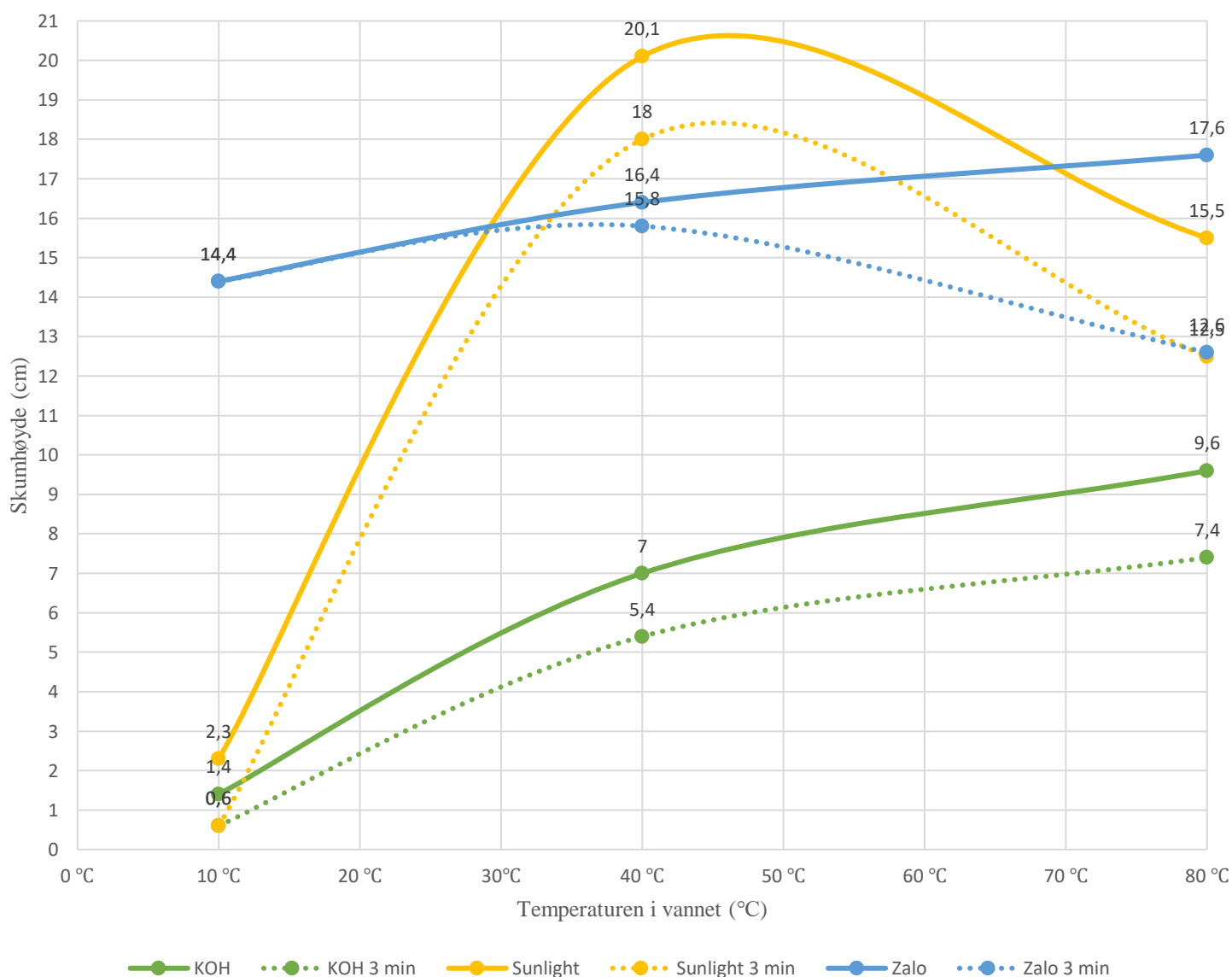
Såpetype	Mengden såpe (g)	Skumhøyde (cm)	Observasjoner
KOH-såpe	0,125 g	3,4 cm	• Såpenes løselighet: Såpene løste seg lett i vannet ved alle testene. • Skummets struktur: Skummet var tydelig vått.
	0,25 g	5,4 cm	
	0,5 g	11,3 cm	
	1 g	14,7 cm	
Sunlight	0,125 g	13,2 cm	
	0,25 g	18 cm	
	0,5 g	20,1 cm	
	1 g	19,6 cm	
Zalo	0,125 g	11,7 cm	
	0,25 g	14,3 cm	
	0,5 g	17,7 cm	
	1 g	17,9 cm	



RESULTATER FORSØK 2: TEMPERATUREN TIL LØSNINGEN

Såpetype	Temperatur i vannet (°C)	Skumhøyde (cm)	Skumhøyde etter 3 min (cm)	Observasjoner
KOH-såpe	10 °C	1,4 cm	0,6 cm	<ul style="list-style-type: none"> • Såpenes løselighet: Ved 10 °C var det tydelig at både KOH-såpen og Sunlight ikke ble fullt oppløst i vannet slik at det var biter av såpe i løsningene under testen. • Skummets struktur: Skummet ble tydelig tørrere mot toppen av skumsøylen til alle såpene da det hadde gått 3 minutter ved temperaturene 40 °C og 80 °C.
	40 °C	7 cm	5,6 cm	
	80 °C	9,6 cm	7,4 cm	
Sunlight	10 °C	2,3 cm	0,6 cm	
	40 °C	20,1 cm	18 cm	
	80 °C	15,5 cm	12,6 cm	
Zalo	10 °C	14,4 cm	14,4 cm	
	40 °C	16,4 cm	15,8 cm	
	80 °C	17,6 cm	12,6 cm	

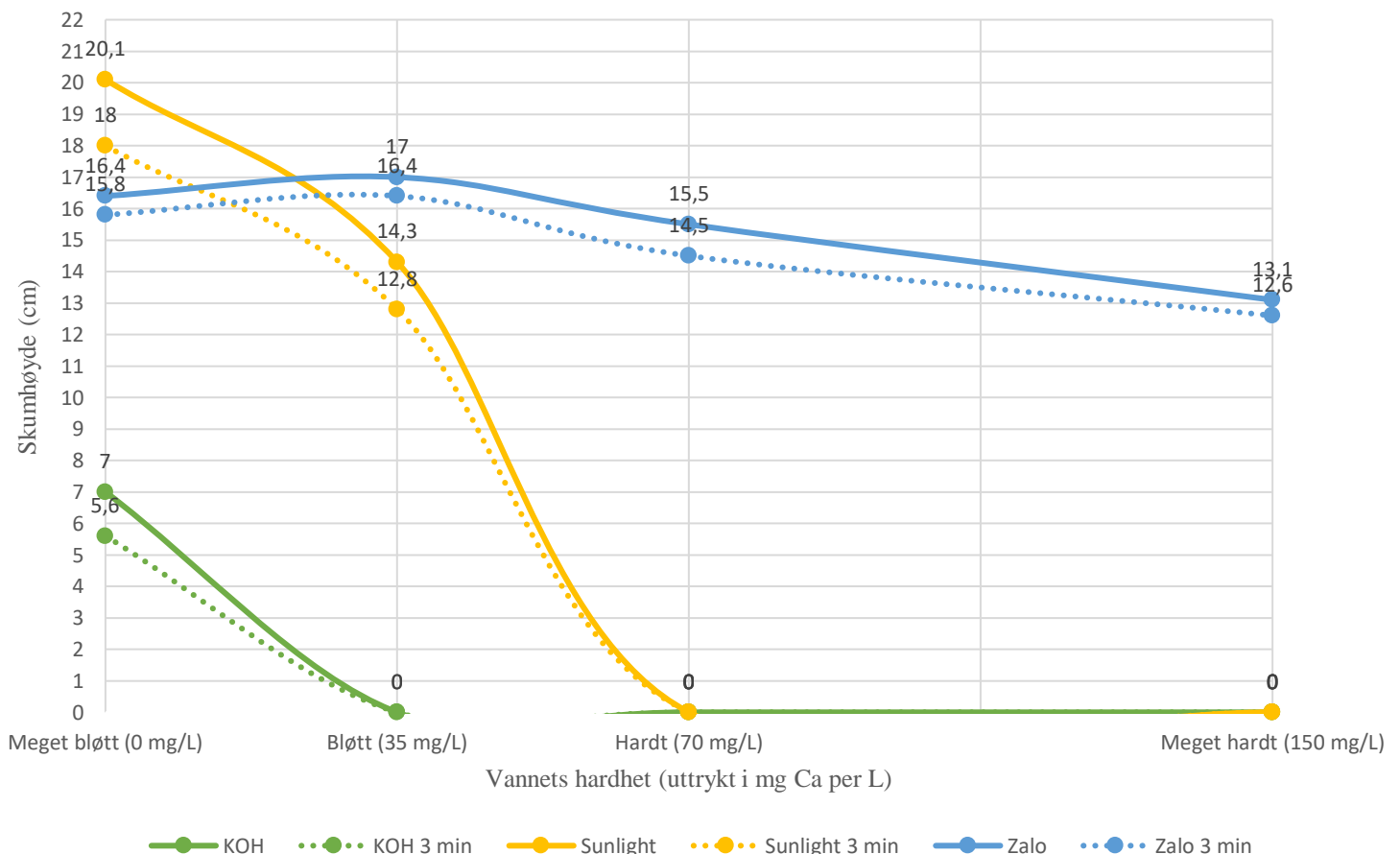
Skumhøyde ved ulik temperatur i løsningene



RESULTATER FORSØK 3: HARDHETEN TIL VANNET I TENSIDLØSNINGEN

Såpetype	Vannets hardhet (mg Ca per L)	Skumhøyde (cm)	Skumhøyde etter 3 min (cm)	Observasjoner
KOH-såpe	Meget bløtt (0 mg/L)	7 cm	5,6 cm	<ul style="list-style-type: none"> • Såpenes løselighet: Alle såpene ble løst i de ulike vanntypene. Løsningen med KOH-såpen ble tydelig mere hvitaktig når hardhetsgraden til vannet økte. I løsningen med Sunlight og hardt- og meget hardt vann ble det dannet en tydelig hinne mot overflaten der det var utfelling av en hvit og myk substans. Løsningen var også her tydelig hvitaktig. Det var ikke noe uvanlig ved løsningene med Zalo. • Skummets struktur: Skummet som ble dannet i de løsningene der det ble dannet skum ble tydelig mere tørt da det hadde gått 3 minutter.
	Bløtt (35 mg/L)	0 cm	0 cm	
	Hardt (70 mg/L)	0 cm	0 cm	
	Meget hardt (150 mg/L)	0 cm	0 cm	
Sunlight	Meget bløtt (0 mg/L)	20,1 cm	18 cm	
	Bløtt (35 mg/L)	14,3 cm	12,8 cm	
	Hardt (70 mg/L)	0 cm	0 cm	
	Meget hardt (150 mg/L)	0 cm	0 cm	
Zalo	Meget bløtt (0 mg/L)	16,4 cm	15,8 cm	
	Bløtt (35 mg/L)	17 cm	16,4 cm	
	Hardt (70 mg/L)	15,5 cm	14,5 cm	
	Meget hardt (150 mg/L)	13,1 cm	12,6 cm	

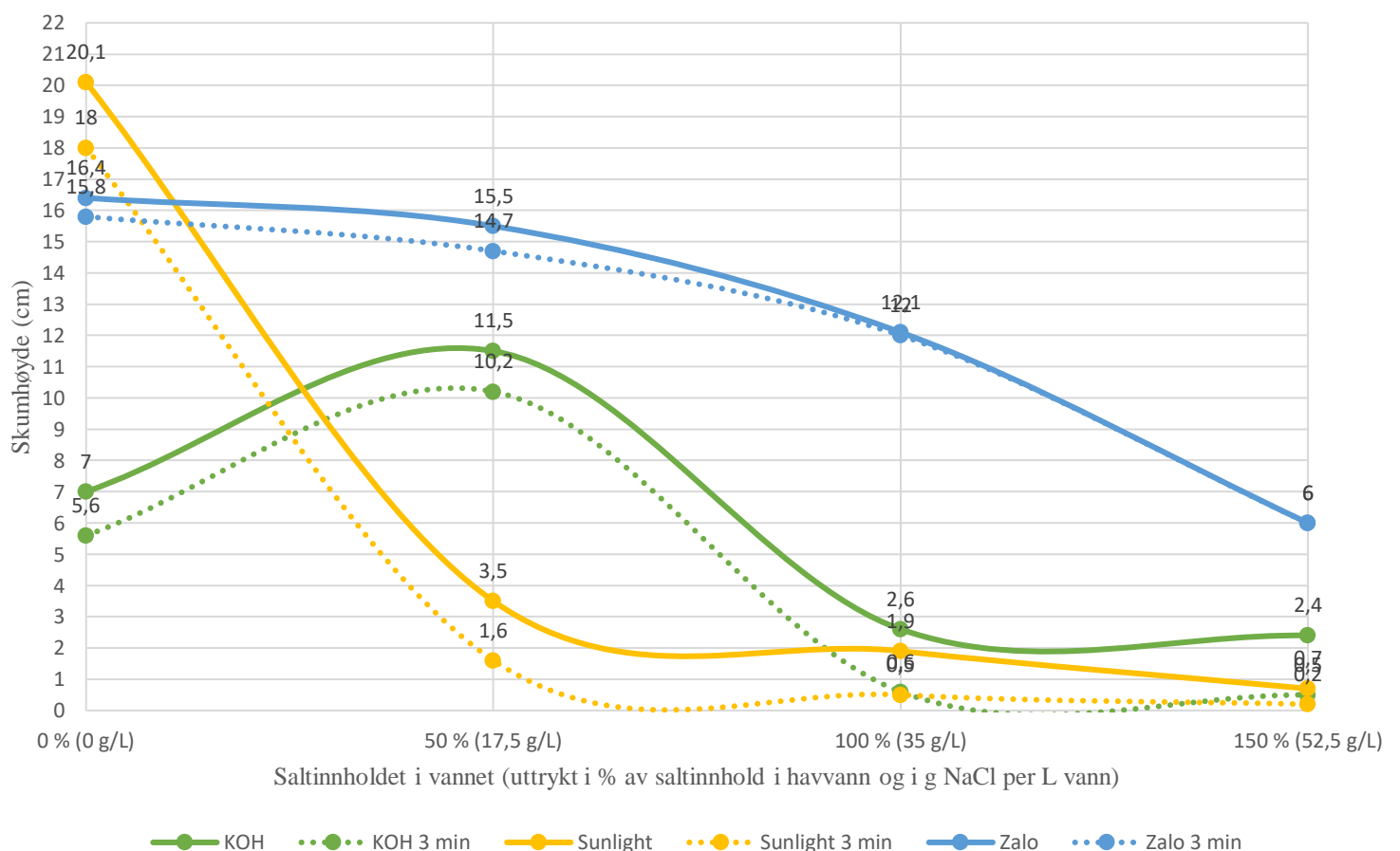
Skumhøyde ved ulik hardhet av vannet i løsningene



RESULTATER FORSØK 4: TENSIDENES SKUMMINGSEVNE I SALTANN

Såpetype	Vannets saltinnhold (% av saltinnholdet i havvann og g NaCl per L vann)	Skumhøyde (cm)	Skumhøyde etter 3 min (cm)	Observasjoner
KOH-såpe	0 % (0 g/L)	7 cm	5,6 cm	<ul style="list-style-type: none"> • Såpenes løselighet: Det ble vanskeligere å løse opp KOH-såpen og Sunlight i løsningene når saltkonsentrasjonen økte. Dette førte til at det var biter av uopløst såpe i løsningene når disse såpene ble testet. • Skummets struktur: Skummet som ble dannet i alle løsningene ble tydelig mere tørt etter 3 minutter. Dette gjaldt spesielt for Zalo, som ga høyest skumsøyle. Det lille skummet som ble dannet i løsningene med KOH-såpe kollapset svært fort.
	50 % (17,5 g/L)	11,5 cm	10,2 cm	
	100 % (35 g/L)	2,6 cm	0,6 cm	
	150 % (52,5 g/L)	2,4 cm	0,5 cm	
Sunlight	0 % (0 g/L)	20,1 cm	18 cm	
	50 % (17,5 g/L)	3,5 cm	1,6 cm	
	100 % (35 g/L)	1,9 cm	0,5 cm	
	150 % (52,5 g/L)	0,7 cm	0,2 cm	
Zalo	0 % (0 g/L)	16,4 cm	15,8 cm	
	50 % (17,5 g/L)	15,5 cm	14,7 cm	
	100 % (35 g/L)	12,1 cm	12 cm	
	150 % (52,5 g/L)	6 cm	6 cm	

Skumhøyde ved ulikt saltinnhold i vannet i løsningene



DISKUSJON

DISKUSJON FORSØK 1: TENSIDKONSENTRASJONEN I EN LØSNING

Resultatene fra forsøket viser tydelig at skummingsevnen til de tre såpene øker når det tilsettes mere såpe i løsningene. KOH-såpen har en svært tydelig, og tilnærmet lineær, økning i skummingsevne i løsningene med økende såpemengde. Sunlight og Zalo har betraktelig bedre skummingsevne enn den hjemmelagete KOH-såpen, og grafene viser at de når sin maksimale skummingsevne ved såpekonsentrasjon på rundt 0,5 g i 250 mL vann. Det at skummingsevnen til såpene ikke økte da det ble tilsatt mere såpe etter dette punktet, kan trolig skyldes at tensidene her har nådd sin CMC. Det vil si at såpen som tilsettes løsningene etter dette punktet ikke påvirker vannets overflatespenning eller skummingsevne i særlig grad. Siden Sunlight har best skummingsevne blir det tydeliggjort at de anioniske tensidene i denne såpen er de med best skummingsevne av de tre såpene som ble testet. Zalo har også en viss andel anioniske tensider, men siden denne andelen er lavere enn i Sunlight er resultatet at de ulike tensidene i Zalo samlet gir en litt dårligere skummingsevne enn Sunlight.

Selv om den hjemmelagete KOH-såpen og Sunlight begge består av anioniske tensider har de gjennomgående gjennom alle forsøkene som ble utført, ikke lik skummingsevne. Det at KOH-såpen har dårligere skummingsevne kan trolig skyldes svakheter i såpekokingsprosessen som ble utført. Det kan blant annet være at forsåpningsprosessen ikke har virket godt nok slik at det er overskudd av fett i såpen. Dette kan føre til at tensidene som har blitt dannet i såpen trekkes mot dette fettene, og mister skummingsevnen. Denne svakheten ved såpen kan gjøre at det i konvensjonelt fremstilt Sunlight er flere tensid-molekyler i en gitt mengde såpe enn i den hjemmelagete KOH-såpen, noe som kan forklare den dårligere skummingsevnen og de ulike resultatene til de to såpene.

DISKUSJON FORSØK 2: TEMPERATUREN TIL LØSNINGEN

Resultatene fra forsøket viser at skummingsevnen til KOH-såpen og Sunlight ble mest påvirket av såpeløsningens temperatur.

Zalo har en relativt jevn skummingsevne ved de tre ulike temperaturene, og dette tydeliggjør noen av styrkene ved at såpen er satt sammen av flere ulike tensider med ulike kjemiske egenskaper. Det blir imidlertid tydelig at skummets holdbarhet minker når temperaturen til såpeløsningen øker. Dette har trolig sammenheng med at temperaturøkningen gir lavere viskositet i vannet i løsningen som da dreneres lettere vekk fra skummet. Dette ble også tydelig ettersom skummet ble merkbart mere tørt. Dette var også tilfellet for KOH-såpen og Sunlight, men ved 80 °C er skummet fra Zalo det minst holdbare. Reduksjonen i skumhøyden til Zalo i testen ved 80 °C etter 3 minutter tilsvarte 28,4 % av den originale skumhøyden som ble målt rett etter testen var gjennomført. For KOH-såpen var reduksjonen av skumhøyden på 22,9 % og for Sunlight 19,4 % av den originale skumhøyden. Det er derfor tydelig at ved 80 °C var Zalo sitt skum det som var minst holdbart. Dette skyldes trolig at sammensetningen med tensider er annerledes i Zalo enn i de to andre såpene.

Sunlight ble tydeligst påvirket av den varierende temperaturen. Ved 10 °C ble både den og KOH-såpen i svært liten grad løst opp i vannet, og de skummet derfor dårlig. Ut ifra dette kan det virke som om 10 °C er under Krafft temperaturen til de anioniske tensidene i de to såpene. Det vil si at såpene ikke løses i væsken og at det ikke legger seg tensider i væskens overflate, noe som forklarer den dårlige skummingsevnen. Ved 40 °C økte skummingsevnen til Sunlight

betraktelig, og det ble tydelig at Sunlight ved denne temperaturen hadde bedre skummingsevne enn Zalo. Dette kan skyldes at de anioniske tensidene i Sunlight har en bedre skummingsevne ved 40 °C enn tensidblandingen som er i Zalo, noe som ble tydelig i forsøk 1. Ved 80 °C minker imidlertid skummingsevnen til Sunlight, og det blir tydelig at de anioniske tensidene her ikke tilpasser seg den høye temperaturen slik som tensidblandingen i Zalo. Denne minkingen kan være på grunn av at den lave viskositeten til det varme vannet gjør at det lettere dreneres vekk under skumdannelse.

Resultatene viser at skummingsevnen til de anioniske tensidene i Sunlight er mere temperaturavhengig enn skummingsevnen til tensidblandingen i Zalo som gir en mere stabil skummingsevne ved de ulike temperaturene. KOH-såpen har relativt dårlig skummingsevne ved alle de ulike temperaturene, trolig på grunn av svakheter ved såpen som beskrevet tidligere.

DISKUSJON FORSØK 3: HARDHETEN TIL VANNET I TENSIDLØSNINGEN

Resultatet fra forsøket viser tydelig at de anioniske tensidene i KOH-såpen og Sunlight blir sterkt påvirket av hardheten til vannløsningen, mens skummingsevnen til Zalo er mere stabil.

Skummingsevnen til Zalo minker svært lite når hardheten til vannløsningen øker. Dette skyldes trolig at såpen består av flere ulike typer tensider som opprettholder sine kjemiske egenskaper selv i hardt vann. Dette forsøket viser tydelig en av fordelene ved vaskemidler som består av flere typer tensider.

De anioniske tensidene i KOH-såpen og Sunlight blir, som forventet, sterkt påvirket av det harde vannet, og det er tydelig at begge såpene mister skummingsevnen ved hardt vann. Utfellingen og det tydelig hvitaktige vannet som ble observert da såpene ble testet i hardt- og meget hardt vann er trolig et produkt av at de anioniske tensidene reagerer med kationene i vannet og felles ut som uløselige salter. Det faktum at KOH-såpen gir dårlig skummingsevne ved alle de ulike hardhetene på vannet skyldes trolig svakheter ved såpen som beskrevet tidligere.

DISKUSJON FORSØK 4: TENSIDENES SKUMMINGSEVNE I SALT VANN

Resultatet fra forsøket viser større variasjon i skummingsevnen til såpene enn observert tidligere. Zalo påvirkes her tydelig av at saltinnholdet i vannet øker, men er fortsatt den av de tre såpene med best skummingsevne.

Sunlight påvirkes klart av det økte saltinnholdet, og det er tydelig at kationene i vannet gjør at de anioniske tensidene mister sine skummende egenskaper. Kationene tiltrekkes de anioniske tensidenes negativt ladede hydrofile ende, noe som blant annet gjør det vanskeligere for tensidene å løses i vannet. Dette ble synlig under forsøket siden det ble vanskelig å løse opp bitene med KOH-såpe og Sunlight i vannet da saltkonsentrasjonen økte. Sammenlignet med det harde vannet blir det klart at alle såpene har høyere toleranse for kationer i saltvannet enn i det harde vannet, siden konsentrasjonene med salt er betraktelig høyere enn kalsiumkonsentrasjonen i forsøket med hardt vann. Dette skyldes trolig at kalsiumionene i det harde vannet har lettere for å forårsake utfelling av uløselige salter med såpen, som ble tydelig da KOH-såpen og Sunlight ble blandet i det harde vannet. Natriumionene i saltvannet forårsaker ikke slik utfelling og hemmer derfor ikke såpenes skummingsevne i like stor grad.

Natriumionene hemmer i stedet såpenes evne til å løse seg i vannet, noe som også ble tydelig da KOH-såpen og Sunlight ble testet i saltvannet.

KOH-såpen påvirkes tydelig av saltinnholdet i vannet, men den økte skummingsevnen ved saltkonsentrasjonen på 50 % av saltkonsentrasjonen i havet var ikke som forventet. Da dette ble nærmere undersøkt viser det seg at tidligere undersøkelser har vist at ved tilsetning av en viss mengde monovalent elektrolytt, som for eksempel saltvann, i en tensidløsning med anioniske tensider, vil tensidenes CMC reduseres (Ferlin, et al., 2011). Dette vil igjen føre til at det er nødvendig med en mindre mengde tensid for at maksimal skummingsevne skal oppnås. Dette kan forklare KOH-såpens økte skummingsevne i vannet med litt tilsatt salt. Grunnen til at det samme ikke kan observeres ved Sunlight er trolig at den i utgangspunktet har bedre skummingsevne enn KOH-såpen, og ut ifra resultatene fra forsøk 1 kan det virke som om såpen med en konsentrasjon på 0,25 g per 250 mL væske tilnærmet har oppnådd sin CMC. En reduksjon av tensidenes CMC vil derfor ikke påvirke såpens skummingsevne, siden denne er relativt stabil og upåvirket etter CMC er oppnådd. Dette er ikke tilfellet for KOH-såpen som tidligere beskrevet trolig har færre tensider i en gitt mengde såpe enn det Sunlight har. En reduksjon av CMC vil derfor føre til at løsningen gir betraktelig bedre skummingsevne enn tidligere. Det faktum at KOH-såpen nærmest mister skummingsevnen når saltinnholdet i vannet øker til å tilsvare saltinnholdet i havvann og høyere, er trolig siden det her blir så store mengder med kationer i vannet som påvirker de anioniske tensidene at de mister sine skummende egenskaper. Dette kan også forklare at KOH-såpen og Sunlight ble vanskeligere å løse da saltinnholdet i vannet økte.

FEILKILDER OG ANDRE PÅVIRKNINGSFAKTORER

Ved forsøk som gjennomført i denne oppgaven er det ulike påvirkningsfaktorer og feilkilder som kan ha påvirket resultatene. Resultatene fra forsøkene er imidlertid som regel forventet, og de resultatene som ikke var som forventet har blitt beskrevet og forklart nærmere i diskusjonen. Det bør nevnes at alle forsøkene har blitt gjennomført i et lokale der blant annet temperatur og andre ytre faktorer kan variere, noe som kan ha påvirket forsøksresultatene. Det er imidlertid slik at alle forsøkene er gjennomført i det samme lokale, og de vil derfor ha blitt påvirket av de samme faktorene. Det er også mulig at mulige målinger under forsøket kan variere noe, ettersom det blant annet er snakk om svært lave vektmaal der små variasjoner kan forekomme. Siden resultatene fra forsøkene var mere eller mindre som forventet er det ikke regnet med at disse påvirkningsfaktorene og feilkildene har hatt særlig stor innvirkning på resultatene.

KONKLUSJON

Problemstillingen til denne oppgaven var å betrakte fenomenet skum nærmere, og med dette bygge opp en forståelse for hva fenomenet skyldes og hva som påvirker det. Den teoretiske og praktiske delen viser at skum kan dannes i væsker der det er forekomst av overflateaktive stoffer som tensider. Disse reduserer overflatespenningen til væsken. I hvilken grad tensidene i løsningen påvirker overflatespenningen til væsken er kritisk med tanke på skummingsevnen til løsningen. Forsøkene i denne oppgaven har vist at tensidenes evne til å øke skummingsevnen til en løsning varierer både ut ifra hvilke tensid det er snakk om og tensidets kjemiske egenskaper. Hvordan tensidet blir påvirket av ytre forhold og miljøet i løsningen, er også med på å påvirke skummingsevnen og holdbarheten til skummet som dannes.

Forsøkene i denne oppgaven viser at en vannløsning der det er flere ulike tensider, som i Zalo, gir en relativt god og stabil skummingsevne som blir lite påvirket av ulike miljøer i løsningen. Løsningen med Zalo viste i utgangspunktet en litt dårligere skummingsevne enn løsningen med bare anioniske tensider i form av Sunlight, men de blandede tensidene ga en mere stabil skummingsevne som ikke ble like lett påvirket av ytre faktorer som de anioniske tensidene. Dette ble tydelig siden skummingsevnen til løsningen med Zalo ble lite påvirket av løsningens temperatur, hardheten til vannet og saltinnholdet i vannet. Forsøkene viste også at løsningene med Zalo skummet godt, selv med lav konsentrasjon av tensid i løsningen. Dette viser at tensidene sammen forsterker de kjemiske egenskapene som gjøre at de skummer, og at de ikke blir særlig påvirket av ytre faktorer.

Forsøkene med anioniske tensider i en løsning, i form av KOH-såpen og Sunlight, viser at de anioniske tensidene i utgangspunktet har en veldig god skummingsevne, men at de blir lett påvirket av ytre forhold og miljøet i løsningen de befinner seg i. Dette ble blant annet tydelig i forsøkene med ulik hardhet og ulikt saltinnhold i løsningene. Det ble klart at de anioniske tensidenes skummende egenskap blir dårligere når det er kationer i løsningen de er blandet i. Forsøket med forskjellig temperatur i tensidløsningen viste at skummingsevnen til de anioniske tensidene varierer mere enn løsningen med flere ulike tensider.

Resultatet av forsøkene i denne oppgaven viser med andre ord at skummingsevnen til løsninger med flere typer tensider, som i Zalo, er mere stabil og blir mindre påvirket av ytre faktorer enn løsninger med kun anioniske tensider, som i KOH-såpen og Sunlight.

REFERANSER

- Ball, P. (2009). *Shapes: Nature's Patterns: A Tapestry in Three Parts*. Oxford: Oxford University Press.
- Bikerman, J. J. (1973). *Foams*. New York: Springer-Verlag New York Inc.
- Brandt, H., & Hushovd, O. T. (2010). *Kjemi 1*. Aschehoug forlag.
- Cantat, I., Cohen-Addad, S., Elias, F., Graner, F., Höhler, R., Pitois, O., . . . Saint-Jalmes, A. (2013). *Foams: Structure and Dynamics*. Oxford: Oxford university press.
- Dunmur, D., & Sluckin, T. (2011). *Soap, science, and flat-screen TVs. A history of liquid crystals*. Oxford: Oxford University Press.
- Emsley, J. (2015). *Chemistry at Home: Exploring the Ingredients in Everyday Products*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Ferlin, N., Grassi, D., Ojeda, C., Castro, M. J., Cirelli, A. F., Kovensky, J., & Grand, E. (2011, November 6). *Calcium Chelating Sugar-Based Surfactants for Hard-Water Detergency*. Hentet Mars 1, 2021 fra ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/257727011_Calcium_Chelating_Sugar-Based_Surfactants_for_Hard-Water_Detergency
- Grøn, Ø. (2020, August 17). *Skum*. Hentet Desember 27, 2020 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/skum>
- Hofstad, K. (2019, August 29). *Overflatespenning - enhet*. Hentet Januar 10, 2021 fra Store norske leksikon: https://snl.no/overflatespenning_-_enhet
- Holtebekk, T. (2019, Juli 29). *Viskositet*. Hentet Februar 1, 2021 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/viskositet>
- Klepp, I. G., & Helseth, L. E. (2020, Oktober 25). *Såpe*. Hentet Februar 14, 2021 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/s%C3%A5pe>
- Küss Scientific. (u.d.). *Ross-Miles method*. Hentet Februar 3, 2021 fra Krüss Scientific: <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/ross-miles-method>
- Køpke, V. (2018, Februar 20). *Tensider*. Hentet Januar 8, 2021 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/tensider>
- Langevin, D. (2016, November). *Aqueous foams and foam films stabilised by surfactants. Gravity-free studies*. Hentet Januar 3, 2021 fra ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/309876002_Aqueous_foams_and_foam_films_stabilised_by_surfactants_Gravity-free_studies
- Lilleborg. (2015a, Desember 1). *Datablad for bestanddeler: Sunlight sepe*. Hentet Februar 24, 2021 fra Lilleborg: <https://www.orkla.no/app/uploads/sites/3/2018/01/Sunlight-Sepe.pdf>
- Lilleborg. (2015b, Mai 28). *Sikkerhetsdatablad Zalo Ultra*. Hentet Februar 14, 2021 fra Lilleborg:

- https://app.ecoonline.com/documents/msds/1002665/20039029_286_fa15a70bb32a13fc8890a193c563128f.pdf
- Lilleborg. (2017, September 25). *Sikkerhetsdatablad Sunlight Husholdningssåpe*. Hentet Februar 24, 2021 fra Lilleborg:
<https://www.orkla.no/app/uploads/sites/3/2020/04/Sunlight-Husholdningss%a5pe-25.09.2017.pdf>
- NanoScience. (u.d.). *Surface and Interfacial Tension*. Hentet Mars 14, 2021 fra NanoScience:
<https://www.nanoscience.com/techniques/tensiometry/surface-interfacial-tension/>
- Ore, S., & Helseth, L. E. (2018, September 30). *Kolloider*. Hentet Januar 26, 2021 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/kolloider>
- Ormestad, H., & Pedersen, B. (2017, September 13). *Overflatehinne*. Hentet Mars 1, 2021 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/overflatehinne>
- Pedersen, B. (2019, September 30). *Hardt vann*. Hentet Mars 1, 2021 fra Store norske leksikon: https://snl.no/hardt_vann
- Pedersen, B. (2020a, Desember 22). *Anion*. Hentet Januar 11, 2021 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/anion>
- Pedersen, B. (2020b, Desember 22). *Overflateaktive stoffer*. Hentet Januar 9, 2021 fra Store norske leksikon: https://snl.no/overflateaktive_stoffer
- Pedersen, B. (2020c, September 30). *Vann - kjemi*. Hentet Januar 17, 2021 fra Store norske leksikon: https://snl.no/vann_-_kjemi
- Pedersen, B. (2020d, Desember 23). *Zwitterion*. Hentet Januar 27, 2021 fra Store norske leksikon: <https://snl.no/zwitterion>
- Pugh, R. J. (2016). *Bubble and Foam Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tryland, Ø., & Haraldstad, Ø. (1991). *Miljøvurdering av tensider og andre komponenter i vaske- og rengjøringsmidler*. SFT. Hentet fra https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2012083108061?page=1
- UiO: Institutt for biovitenskap. (2021, Februar 27). *Saltvann*. Hentet Mars 1, 2021 fra UiO: Institutt for biovitenskap:
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/s/saltvann.html>
- Weaire, D., & Hutzler, S. (1999). *The Physics of Foams*. Oxford: Oxford University Press.
- Wikipedia. (2020, Desember 15). *Foam*. Hentet Desember 27, 2020 fra Wikipedia:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Foam>
- Øvestad, K. R. (1976). *Tensidkjemi. Grensflateaktive stoffers egenskaper og bruk*. Universitetsforlaget.