



UPPSALA  
UNIVERSITET



UPTEC W 20027

Examensarbete 30 hp  
Juni 2020

# Avloppsrening från småskalig processindustri

Wastewater treatment from small-scale process  
industry

---

Julia Dahlström

# REFERAT

## Avloppsrening från småskalig processindustri

*Julia Dahlström*

Småskaliga processindustrier är små industrier som genom ett småskaligt, hantverksmässigt eller lokalt förhållningssätt förädlar råvaror genom olika automatiserade processer. Vid förädlingen uppkommer stora mängder processavloppsvatten med stor organisk belastning som måste tas om hand på ett hållbart, resurseffektivt och miljömässigt sätt för att inte skada människa eller miljö.

I denna studie undersöktes kvaliteten på processavloppsvatten från småskaliga slakterier, mejerier och bryggerier, samt hur hanteringen av processavloppsvattnet från dessa processindustrier ser ut i Sverige idag. Ytterligare utreddes hur reningstekniker för små avlopp kan användas för rening av processavloppsvatten från småskalig processindustri samt hur marknaden för användande av tekniker för små avlopp för rening av processavloppsvatten ser ut. Studien använde ett flertal metoder, litteraturstudie av småskaliga processindustrier och små avlopp, intervjuer och enkätundersökning av småskaliga slakterier, mejerier och bryggerier, samt intervjuer med tillverkare för tekniker för små avlopp.

Resultatet visade att kvaliteten på processavloppsvattnet inte kunde redovisas för majoriteten av processindustrierna från intervjuer och enkätundersökning eftersom kvalitetsanalyser inte alltid verkar ske på processavloppsvattnet, varken före eller efter rening. Litteraturen beskrev vidare att prioriterade parametrar att rena för slakterier, mejerier och bryggerier främst är organiska ämnen (mätt som BOD eller COD), suspenderade ämnen, kväve, fosfor, samt pH. Dessa parametrar varierar mellan de olika typerna av processindustrierna och inom samma typ av processindustri. Variationerna anses utgöra en utmaning att hitta passande reningstekniker som fungerar i alla sammanhang.

Angående vilka reningstekniker och avloppslösningar som används av småskaliga processindustrier visade resultatet att en stor andel av processindustrierna har intern rening, och knappt en tredjedel har anslutning till kommunalt avloppsnät. Processindustrier med intern rening vars processavloppsvatten dimensionerades till mindre än 100 personekvivalenter använder till övervägande del tekniker för rening av små avlopp, men andra avloppslösningar såsom gödselbrunn, reningsverk och biogasanläggning förekom även för större avloppsdimensioner.

Reningstekniker för små avlopp för rening av processavloppsvatten, samt anpassade tekniker för processavloppsvatten, erbjuds till viss grad på dagens marknad men det finns fortfarande utmaningar för att kunna tillhandahålla lösningar för fler typer av processindustrier. Möjlighet att utjämna avloppsflöden och lösningar med större belastningskapacitet är fortfarande något som behöver utvecklas vidare.

**Nyckelord:** Avloppsvattenrening, processavloppsvatten, processindustri, slakteri, mejeri, bryggeri, små avlopp, små avloppsreningstekniker

*Institutionen för energi och teknik; Kretsloppsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Lennart Hjelmns väg 9, Box 7032, SE-750 07, Uppsala*

## ABSTRACT

### **Wastewater treatment from small-scale process industry**

*Julia Dahlström*

Small-scale process industries are small, sometimes locally or artisanal, industries that produce their product through processing raw materials by using automated processes. Large volumes of wastewater effluent are produced by doing this, and this wastewater is characterized by high organic load and nutrients which must be treated in a sustainable way to not be harmful to humans nor the environment.

This study evaluated industrial wastewater treatment from small-scale slaughterhouses, dairies and breweries, including wastewater characteristics of these types of process industries in Sweden today. The study also included an evaluation of decentralized wastewater treatment systems for small-scale industrial wastewater treatment and what the Swedish market can provide regarding small-scale industrial wastewater treatments. Different methods were used to reach this goal; a literature study regarding wastewater characteristics and treatment of industrial wastewater and decentralized wastewater treatment systems, interviews, and surveys of Swedish small-scale process industries, and finally interviews with manufacturers of decentralized wastewater treatment systems.

The result showed that wastewater characteristics was not accessible from most of the Swedish small-scale process industries. They mostly do not analyze their wastewater neither before nor after wastewater treatment. Furthermore, it was described that high-priority wastewater characteristics for treatment according to the literature was BOD, COD, suspended solids, nitrogen, phosphorus, and pH. Variations of these characteristics is common both between different types of process industries and in the same type of industry. These variations are challenging in regard to finding suitable wastewater treatment techniques that is adequate in every situation.

Wastewater treatment systems used today are mostly local at the site, it is around a third that have connection to municipal wastewater facilities. The most common local wastewater treatment for small process industries (less than 100 population equivalents) is decentralized wastewater treatment systems according to the interviews and surveys. Other wastewater treatments such as dung pits, wastewater treatment plants and biogas plants were also used for larger process industries.

Decentralized wastewater treatment systems for industrial wastewater treatment and adapted small-scale industrial wastewater treatments can be found to some extent on the Swedish market today, but there are still some challenges to provide small-scale industrial wastewater treatment for every type of process industry. Solutions to level out intense wastewater flows and capacity to receive high effluent loads need to be further developed.

**Keywords:** Wastewater treatment, process water, industrial wastewater, process industry, slaughterhouse, dairy, brewery, small-scale domestic wastewater treatment

*Department of Energy and Technology, The Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Lennart Hjelm's väg 9, Box 7032, SE-750 07, Uppsala, Sweden*

## FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng och avslutar det femåriga civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala Universitet och Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet genomfördes på RISE Research Institutes of Sweden i Uppsala våren 2020.

Särskilt tack till min handledare Emelie Ljung som guidat mig på rätt väg, varit ett fantastiskt bollplank och ett oslagbart stöd under hela projektet. Tack för alla uppmuntrande ord, snabba svar, roliga möten och stora engagemang. Ett stort tack även till alla på Uppsalakontoret på RISE för fantastiskt omhändertagande och intresse.

Tack även till min ämnesgranskare, Sahar Dalahmeh, för din tid, nya tankesätt och stora kunskap. Tack för alla trevliga konversationer och härliga bemötande.

Slutligen ett tack till Linus och Sasha för sällskap och motivationsstöd under pandemimånaderna, tack för cameos i Teams- och Zoom-möten och tassar på tangentbordet.

*Julia Dahlström  
Uppsala, maj 2020*

Copyright © Julia Dahlström och Institutionen för energi och teknik, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).

UPTEC W 20027, ISSN 1401-5765

Publicerad digitalt vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, Uppsala, 2020.

## POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Småskaliga processindustrier är industrier som förädlar råvaror genom olika, ofta automatiserade, processer. De är småskaliga utifrån storleken på industrin och hur mycket som produceras, men också på grund av hantverksmässiga eller lokala förhållanden. Livsmedelsverksamheter såsom slakterier, mejerier och bryggerier är några exempel på processindustrier. Hur dessa processindustrier tar hand om sitt processavloppsvatten, alltså det avloppsvatten som uppkommer från industrin när råvaror förädlas, är viktigt att undersöka då processavloppsvatten har en hög organisk belastning och näringsämnen samt varierande pH, vilket kan skada både de kommunala reningssverken och miljön om det inte renas.

I denna studie undersöktes vad processavloppsvatten från småskaliga slakterier, mejerier och bryggerier innehåller med avseende på dess kvalitetsinnehåll, såsom organiska ämnen, näringsämnen och pH. Det undersöktes även vilka avloppslösningar som småskaliga processindustrier har för sitt processavloppsvatten i Sverige idag, och om reningstekniker som används för att rena avloppsvatten från enskilda hushåll (små avlopp) kan tillämpas eller kopplas ihop för att rena processavloppsvatten också. Detta gjordes genom en litteraturundersökning av processindustrier och små avlopp, intervjuer och enkätundersökning av slakterier, mejerier och bryggerier, samt intervjuer med tillverkare för produkter för små avlopp.

Resultatet visade att kvaliteten på processavloppsvattnet inte kunde redovisas för majoriteten av processindustrierna från intervjuer och enkätundersökning eftersom processindustrierna inte alltid verkar undersöka kvaliteten på sitt processavloppsvatten, varken innan processavloppsvattnet renas eller efter. För att få en indikation på kvaliteten på processavloppsvattnet från de deltagande processindustrierna gjordes beräkningar på BOD, biokemisk syreförbrukning, som är ett mått på organiska ämnen i avloppsvattnet. Detta gjordes utifrån produktionen och avloppsflödet som var angivet från några av de olika processindustrierna. Resultatet visade då att beräknade BOD-koncentrationer från slakterier, mejerier respektive bryggerier stämmer överens med de värden man kan hitta i litteraturen – ovan nämnda processindustrier har högre koncentrationer av organiskt material och näringsämnen än typiskt hushållspillvatten samt avger mer avloppsvatten än små avlopp. Litteraturen beskrev vidare att prioriterade parametrar att rena för slakterier, mejerier och bryggerier är främst organiska ämnen (mätt som BOD eller COD), suspenderade ämnen (lösta ämnen eller partiklar i avloppsvattnet), kväve, fosfor, samt pH. Dessa parametrar varierar också mellan de olika typerna av processindustrierna och inom samma typ av processindustri. Variationerna anses utgöra en utmaning att hitta passande reningstekniker som även används för små avlopp att fungera i alla sammanhang.

Angående vilka reningstekniker och avloppslösningar som används, visade resultatet att en stor andel av processindustrierna renar sitt avloppsvatten själva och knappt en tredjedel har anslutning till kommunalt avloppsnät. Processindustrier som har egen rening vars processavloppsvatten har ungefär samma mängd organiska ämnen (BOD-innehåll) per dygn som gränsen för vad som räknas som små avlopp, används till övervägande del typiska tekniker för rening av små avlopp. Andra avloppslösningar såsom gödselbrunn och biogasanläggning förekom också för större processindustrier med högre BOD-innehåll per dygn.

Förutom att vanliga reningstekniker för små avlopp redan används av några småskaliga processindustrier, visade även intervjuerna med tillverkare av produkter för små avlopp att de tillhandahåller en del lösningar för småskalig processindustri. Det finns dock en bit kvar innan kompletta avloppslösningar kan erbjudas för alla olika typer av småskaliga processindustrier och mycket beror på utmaningarna i den höga belastningen i kvalitet på processavloppsvattnet samt de stora variationerna av kvaliteten och avloppsvattenflöden. Enligt tillverkare för reningstekniker för små avlopp anger att småskaliga processindustrier också är mer resurskrävande och behöver ofta undersökas noga i varje enskilt fall eftersom processavloppsvattnet och reningsbehovet kan vara väldigt olika från processindustri till processindustri. Små avlopp har generellt samma typ av belastningsproblem och reningsbehov då ett hushålls avloppsvatten inte skiljer sig avsevärt från ett annat hushåll och därför är enklare att tillhandahålla korrekta lösningar.

Lösningar som skulle kunna vara gynnsamma för att småskaliga processindustrier ska kunna använda tekniker för rening av små avlopp går att hitta på flera håll. För att åtgärda utmaningen med höga flöden och stora flödesvariationer av processavloppsvatten skulle buffertsystem kunna vara en lösning. Buffertsystem samlar upp och fördelar jämnt ut flödet över en vecka, om flödet skiljer sig mycket över dygnet eller mellan helg och arbetsvecka. Den höga organiska belastningen skulle kunna åtgärdas genom att ha flera små avloppstekniker efter varandra som delar på reningen, separera och sortera flödena till olika typer av rening eller återanvändning av avloppsvatten till spol- eller kylvatten. Vissa typer av rening såsom biologisk rening, där avloppsvattnet renas genom olika biologiska processer som sker av mikrobiella organismer som finns i vattnet, verkade vara en mycket effektiv och vanlig behandlingsteknik för processindustrier generellt. Vissa minireningsverk specialiserar sig på denna typ av rening vilket skulle kunna vara något att utveckla vidare. Från tillverkarna av produkter för små avlopp skulle det vara gynnsamt om de kunde utveckla en separat arbetsenhet som fokuserar på efterfrågan av lösningar till småskaliga processindustrier.

Det är mycket troligt att reningstekniker för små avlopp kommer att bli allt vanligare för småskaliga processindustriers processavloppsvatten. Tekniklösningarna för hantering av avloppsvatten blir allt fler och mer utvecklade, samtidigt som det sker ett uppsving i småskaliga verksamheter och företag. Kan utmaningarna åtgärdas och avloppslösningar för processavloppsvatten utvecklas, kommer detta att gynna både samhället, individen och miljön.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

REFERAT .....	I
ABSTRACT .....	II
FÖRORD .....	III
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING .....	IV
ORDLISTA .....	VIII
1 INLEDNING .....	1
1.1 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR .....	2
1.2 AVGRÄNSNINGAR .....	2
2 METOD .....	4
2.1 LITTERATURSTUDIE .....	4
2.2 INTERVJUER OCH ENKÄTER .....	5
2.2.1 Småskalig processindustri .....	5
2.2.2 Tillverkare för små avloppsanläggningar .....	8
2.3 BERÄKNINGAR .....	8
3 RESULTAT .....	11
3.1 DEFINITIONER .....	11
3.1.1 Småskalig processindustri .....	11
3.1.2 Små avlopp .....	12
3.2 LAGKRAV OCH RIKTLINJER .....	12
3.2.1 Anslutning till kommunalt avloppsnät .....	12
3.2.2 Utsläpp till recipient .....	13
3.3 KVALITET PÅ PROCESSAVLOPPSVATTEN .....	15
3.3.1 Slakterier .....	15
3.3.2 Mejerier .....	16
3.3.3 Bryggerier .....	17
3.4 RENINGSTEKNIKER FÖR PROCESSAVLOPPSVATTEN .....	18
3.4.1 Förbehandling .....	19
3.4.2 Biologisk rening .....	20
3.4.3 Kemisk-fysikalisk rening .....	21
3.4.4 Processavloppsvatten som resurs .....	22
3.5 RENINGSTEKNIKER FÖR SMÅ AVLOPP .....	23
3.5.1 Förbehandling med slamavskiljare .....	25

3.5.2	Markbaserad rening .....	25
3.5.3	Minireningsverk .....	28
3.5.4	Kompletterande reningstekniker.....	29
3.5.5	Efterbehandlingstekniker.....	29
3.6	INTERVJU- OCH ENKÄTUNDERSÖKNING .....	30
3.6.1	Intervjuer och enkäter från småskaliga processindustrier .....	30
3.6.2	Kvalitet på processavloppsvatten från småskaliga processindustrier.....	31
3.6.3	Avloppslösning för småskaliga processindustriers processavloppsvatten	36
3.6.4	Intervjuer från tillverkare för små avloppstekniker.....	40
4	DISKUSSION.....	42
4.1	AVLOPPSVATTEN FRÅN SMÅSKALIG PROCESSINDUSTRI.....	42
4.2	AVLOPPSLÖSNINGAR FÖR SMÅSKALIGA PROCESSINDUSTRIER ..	43
4.2.1	Intervju- och enkätundersökning.....	43
4.2.2	Litteraturundersökning .....	45
4.3	SMÅ AVLOPPSTEKNIKER FÖR PROCESSAVLOPPSVATTEN .....	45
4.3.1	Utmaningar och lösningar ur ett reningsperspektiv.....	45
4.3.2	Utmaningar och lösningar ur ett marknadsperspektiv .....	47
4.4	VIDARE STUDIER .....	47
5	SLUTSATS.....	49
6	REFERENSER.....	50
6.1	LAGTEXTER, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER.....	50
6.2	PUBLICERAT MATERIAL .....	50
7	APPENDIX.....	53
	BILAGA 1: INTERVJUFRÅGOR SMÅSKALIGA PROCESSINDUSTRIER.....	53
	BILAGA 2: ENKÄTFRÅGOR SMÅSKALIGA PROCESSINDUSTRIER .....	54
	BILAGA 3: INTERVJUFRÅGOR TILLVERKARE .....	56
	BILAGA 4: DATATABELLER.....	57



## ORDLISTA

<b>COD</b>	Chemical Oxygen Demand. Kemisk syreförbrukning, mått för organiskt material, mäter förekomst av organiska föreningar genom oxidation av tillsatt oxidationsmedel, till exempel dikromat för COD <sub>Cr</sub> .
<b>BOD</b>	Biochemical Oxygen Demand. Biokemisk syreförbrukning, mått för organiskt material, beskriver syreförbrukningen då mikroorganismer står för oxidationsprocessen vid nedbrytning av organiskt material i aerobiska förhållanden. BOD <sub>7</sub> är biokemisk syreförbrukning mätt under sju dygn.
<b>Biomassa</b>	Alt. biofilm, bioduk. Mikroorganismer, bakterier och andra mikrobiella organismer som bildar ett aktivt samhälle och bryter ner organiskt material.
<b>Hushållspillvatten</b>	Spillvatten från bostäder och serviceinrättningar, vilket till övervägande del utgörs av toalettvatten eller bad-, disk- och tvättvatten (BDT-vatten).
<b>Kvalitetsparametrar</b>	Kemisk-fysikaliska egenskaper hos avloppsvattnet; exempel som tas upp är BOD, COD, SS, N, P och pH.
<b>Personekvivalent</b>	Mått på föroreningsbelastning. En personekvivalent motsvarar den mängd nedbrytbart organiskt material en person avger per dygn under sju dygn. Personekvivalent förkortas pe, 1 pe = 70 g BOD <sub>7</sub> / person och dygn.
<b>Processavloppsvatten</b>	Avloppsvatten som uppkommer i en processindustri.
<b>Processindustri</b>	Industri inom tillverkningssektorn som förädlar råvaror genom flera, ibland automatiserade, tillverkningsmoment.
<b>Recipient</b>	Mottagare av avloppsvatten. Kan vara vattendrag, sjö eller hav.
<b>Reningsgrad</b>	Hur mycket reducering av en specifik parameter som sker, ofta i procent.
<b>Slamavskiljare</b>	Behållare där avloppsvattnet passerar och avskiljs från fasta partiklar (slam) genom flera sedimenteringssteg.

<b>Suspenderade substanser</b>	Suspenderat fast material, TSS (Total Suspended Solids) och SS (Settleable Solids), mängden suspenderade substanser som sedimenterar från avloppsvattnet. TDS (Total Dissolved Solids), totalt löst fast material, beskriver just mängden upplösta ämnen i avloppsvattnet.
<b>Syreförbrukande ämnen</b>	Organiska ämnen i avloppsvatten som förbrukar syre när de bryts ned.
<b>Totalkväve</b>	TN eller Tot-N beskriver den totala mängden kväve i avloppsvattnet. TKN (Total Kjeldahl Nitrogen), mäter kvävehalten från organiskt kväve och ammoniak som uppstår till följd av nedbrytning av protein och aminosyror.
<b>Totalfosfor</b>	Tot-P eller TP, total fosformängd, inkluderar både partikelbunden och löst fosfor. Fosfor är främst förekommande som organiska och oorganiska fosfater.

# 1 INLEDNING

Hantering av processavloppsvatten från industrin görs ofta i stor omfattning då reningsbehovet för olika typer av processindustrier är stort. Processavloppsvatten från industrier kan innehålla miljöfarliga organiska ämnen, metaller, salter och fett samt ha högre eller lägre pH-värden som skiljer sig från hushållspillvatten. Dessa föroreningar kan antingen skada ledningsnät och reningsprocesser i det anslutna kommunala reningsverket, eller släppas ut till sjöar och vattendrag (Uppsala vatten 2017). Höga krav ställs således för utgående processavloppsvatten till både kommunal avloppsrening och utsläpp till recipient.

Småskaliga processindustrier har ofta inte samma omfattande reningsbehov av sitt avloppsvatten som stora processindustrier. Kvalitetsparametrar såsom BOD, COD, suspenderade substanser, kväve och fosfor kan förekomma i betydligt mindre mängder i kombination med lägre flöden. Småskaliga processindustrier har inte alltid möjlighet till fullständig processavloppsrening i samma utsträckning som stora industrier, då behovet inte är lika stort eller på grund av geografiska förhållanden. Det finns en efterfrågan från småskaliga processindustrier att hitta alternativa lösningar till rening av processavloppsvatten från småskaliga verksamheter.

Små avlopp är avlopp som inte är anslutna till det kommunala avloppsledningsnätet och små avloppsanläggningar är utformade att behandla hushållspillvatten från ett eller flera hushåll upp till 200 pe (Gunnarsson et al. 2019 & 2020). Det finns många olika lösningar, tekniker och anläggningar för att behandla och rena hushållspillvatten och området är något som är under konstant utveckling och förbättring. Lösningarna för små avlopp är ofta anpassade efter reningsbehov och de förutsättningar som finns på platsen. Det finns även prefabricerade lösningar (minireningsverk) och färdigdimensionerade modeller.

Processavloppsvatten från småskaliga processindustrier såsom slakterier, bryggerier och mejerier kan ha en annan kvalitet än hushållspillvatten men kan ändå vara i behov av en liknande typ av rening. Applicering av små avloppsanläggningar för att rena denna typ av processavloppsvatten skulle kunna vara ett alternativ för dessa mindre verksamheter, med något eller några extra reningssteg.

Idag är begreppet småskalig processindustri inte en välutarbetad definition gällande avloppshantering och det finns ett behov av kunskap och utveckling av kompetens inom småskalig processindustri och reningstekniker som kan anpassas och användas inom den industrin. Reningstekniker som används för små avlopp kan vara potentiella tekniker som skulle kunna anpassas till småskalig processindustri, vilket i sin tur skulle skapa en bro mellan områdena småskalig processindustri och små avlopp.

För att undersöka denna möjlighet krävs en omfattande utredning och analys kring behoven av rening för småskaliga processindustrier, kvalitet på processavloppsvatten från dessa samt applicerbara tekniker inom små avlopp. Hur marknaden ser ut och vilka regelverk som gäller är något som behöver sammanfattas för att göra en adekvat analys gällande möjligheten att använda befintliga reningstekniker för små avlopp för rening av processavloppsvatten från småskaliga processindustrier.

## 1.1 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR

Syftet med arbetet är att utreda hur hanteringen av processavloppsvatten från små och mellanstora processindustrier ser ut idag, vilka reningsbehov som finns samt vilken kvalitet processavloppsvattnet har. Undersökningen inkluderar också att utreda om tekniker för rening av små avlopp kan tillämpas, kopplas ihop eller utvecklas för rening av processavloppsvatten från småskaliga processindustrier. Projektet syftar också till att identifiera vilka små avloppsreningstekniker som används idag och vilken möjlighet marknaden har för små avlopp att utvidga till processavloppsvatten.

Följande frågeställningar behandlades:

1. Vilken kvalitet har avloppsvattnet för småskaliga processindustrier såsom slakterier, mejerier och bryggerier idag? Vilka reningsbehov finns? Prioriterade ämnen?
2. Hur tar småskaliga slakterier, mejerier och bryggerier hand om sitt avloppsvatten idag? Vilka tekniker för rening av processavloppsvatten används?
3. Vilka tekniker finns för rening av avloppsvatten från små avlopp? Kan olika tekniker för rening av små avlopp tillämpas, kopplas ihop med flera reningssteg eller utvecklas för att uppnå tillräcklig rening hos småskaliga processindustrier?
4. Hur ser marknaden ut för rening av processavloppsvatten med tekniker anpassade för små avlopp?

## 1.2 AVGRÄNSNINGAR

För att kunna besvara frågeställningarna begränsades rapporten utifrån resursmässiga förhållanden. Sett till mängden och variationer av processindustrier som verkar i det svenska näringslivet, var det nödvändigt att begränsa undersökningen till en viss verksamhetskategori och till ett visst antal för att få en mer kvalitativ slutsats. Val av verksamhetskategori låg mest i grund till det intresse som initialt fanns, vilket var att undersöka livsmedelsverksamheter. Detta val ansågs som en relevant och aktuell kategori och antogs generellt ha många verksamheter i den storlek som skulle undersökas. Vidare i hänsyn till tidsaspekten avgränsades urvalet till att tre olika typer av livsmedelsverksamheter inom processindustrin skulle studeras. Det var av värde att studera fler än en typ av processindustri för att kunna jämföra dessa mellan varandra och även ge större möjlighet att reflektera kring möjligheten till att koppla ihop dem med små avlopp. Samtidigt var det viktigt att inte ha för många olika typer då detta kunde bli för spretigt och svår genomförbart. De tre processindustrierna som valdes ut var slakterier, mejerier och bryggerier.

Avgränsningar gjordes också för litteraturundersökningen för små avlopp. Syftet med att tillhandahålla en kunskapsbas för små avlopp var att undersöka om små avloppstekniker kan användas för rening av procesavloppsvatten. Endast lösningar för blandat hushållspillvatten är här relevant att studera då tekniker med separation av svartvatten (klosettavloppsvatten) inte är aktuella att jämföra då processavloppsvatten också är blandat.

Vidare gjordes intervjuer med tillverkare av reningstekniker för små avlopp vilket begränsades till tre olika tillverkare på grund av tid och möjlighet. Detta antogs ge en tillräckligt bra representation över marknaden från små avlopp.

## 2 METOD

Insamling av relevant information och data krävde tre metodval:

1. **En litteraturstudie** för att sammanställa relevant kunskap kring småskaliga processindustrier och små avlopp som skulle komma att bli stöd i utredningen.
2. **Intervjuer** för att få fram relevant och tillämplig kvalitativ information om småskaliga processindustrier och marknaden för små avloppsreningstekniker.
3. **Enkätundersökning** som kvantitativ metod för att komplettera materialinsamlingen för småskaliga processindustrier då det visade sig att intervjuerna inte kunde ge tillräcklig information.

Dessa beskrivs närmare i följande avsnitt. För att kunna jämföra föroreningsbelastning mellan olika avloppsvatten från olika processindustrier beräknades dess belastning om till antal personekvivalenter, pe utifrån BOD-belastningen i avloppsvattnet. Se vidare i beräkningsavsnittet (2.3) nedan.

### 2.1 LITTERATURSTUDIE

En kunskapssammanställning gjordes genom en litteraturstudie med syfte att kartlägga kringliggande relevanta faktorer som kunde komma bli stöd i utredningen. För småskaliga processindustrier utreddes först definitioner för att ge en tydlig bild vad som syftas med begreppen i rapporten. Därefter sammanställdes relevanta lagkrav, förordningar och riktlinjer kring utsläpp av avloppsvatten från processindustrier och små avlopp. Detta var relevant för senare analys i studien. Vidare ingick även vilka generella tekniker som används i dagens lösningar för rening av processavloppsvatten samt vilka ämnen som är prioriterade att rena utifrån typ av processindustri. Även omvärldsanalys gällande tidigare studier inom avloppsrening från småskalig processindustri togs med för att belysa relevans i denna studie.

Litteraturstudien inkluderade sedan en kunskapssamling kring vilka reningstekniker för små avlopp som används idag. Kunskapen kring dessa var väsentliga då dessa system skulle undersökas gällande applicering på avloppsrening från småskalig processindustri. Studien tog upp vilka typer av små avloppssystem som används idag, vilka processer som ingår samt grad av rening.

Litteraturstudien har till stor del behandlat vetenskapliga artiklar, framförallt gällande information kring processavloppsvatten och olika typer av processindustrier. De databaser som användes för att söka relevanta vetenskapliga artiklar har främst varit Scopus och Google Scholar. Nyckelord som används i sökningen har varit *Wastewater*, *Industrial wastewater*, *Wastewater characterization*, *Wastewater treatment*, *Abattoirs*, *Slaughterhouse*, *Dairy*, *Cheese whey*, *Brewery*, *Population equivalent* i olika kombinationer och även svenska motsvarigheter.

Naturvårdsverkets rapporter, faktablad, broschyrer och vägledningar har använts i stora delar av faktasökningen gällande små avlopp och till viss del småskalig processindustri,

tillsammans med andra statliga dokument från Svensk Vatten, Havs- och vattenmyndigheten och Svenska MiljöEmissionsData. Vidare har en del webbartiklar används i vägledningssyfte och förståelse för processindustrier i Sverige.

Majoriteten av de vetenskapliga artiklarna har publicerats efter år 2013, men det förekommer även några primärkällor mellan 2001 och 2007 som det refereras till i rapporten. Naturvårdsverkets dokumentsamling är det övervägande äldsta informationskällorna med den äldsta från 1991. Många av dessa broschyrer anses dock fortfarande relevanta sett till de övergripande teknikbeskrivningar för bland annat små avlopp som fortfarande relateras till idag.

## 2.2 INTERVJUER OCH ENKÄTER

### 2.2.1 Småskalig processindustri

Intervju med olika processindustrier gällande deras avloppslösningar, föroreningsbelastning och reningsbehov gjordes genom kontakt med olika processindustrier som valdes ut med avseende på tre faktorer: verksamhetsområde, geografiskt område och storlek (som utgick från företagets årliga omsättning), se *Tabell 1*. Kontakten skedde genom telefon eller e-post. Att ha möjlighet att fysiskt ta sig till verksamheten prioriterades, då förhoppningen var att detta ökade chanserna att få mer relevant information om varje verksamhet. Därmed gjordes en första sökning efter företag i Uppsala län. För att hitta rätt storlek (småskaliga) på verksamheterna användes EU-definitionen<sup>1</sup> för små- och medelstora företag som definieras utifrån årlig omsättning och antal anställda. Gränsen för små företag är en årlig omsättning på 10 miljoner euro.

*Tabell 1. Urvalsfaktorer för intervjuer med småskaliga processindustrier, < 100 000 tkr i årlig omsättning motsvarar små företag.*

Verksamhetsområde	Geografiskt område	Omsättning
Slakteri	Uppsala län	< 100 000 tkr
Mejeri	Uppsala län och Dalarnas län	< 100 000 tkr
Bryggeri	Alla län	< 100 000 tkr

Sökningarna gjordes på sökmotorer som google.se och sidor med företagsinformation såsom allabolag.se som oftast kunde ange ovannämnda urvalsfaktorer. Lokalisering av slakterier och mejerier gjordes också efter Livsmedelsverkets lista över EU-godkända anläggningar<sup>2</sup>, sorterade på län. Som angett i *Tabell 1* utökades det geografiska området till Dalarna för mejerier och hela Sverige för bryggerier då endast mikromejerier och mikrobryggerier fanns att tillgå för Uppsala län, vilket riskerade att dessa inte hade tillräcklig information om deras avloppsvatten.

Eftersom en kvalitativ metod valts och studieperiod var begränsad till 20 veckor, valdes tre verksamheter från varje typ av processindustri ut som passade in på urvalsfaktorerna

<sup>1</sup> Kommissionens rekommendation 2003/361/EG av den 6 maj 2003 om definitionen av mikroföretag samt små och medelstora företag

<sup>2</sup> Livsmedelsverket (u.å). *EU-godkända anläggningar*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/livsmedelskontroll/livsmedelsanlaggningar/eu-godkanda-anlaggningar> [Hämtad 2020-02-20].

angivna i *Tabell 1* med möjlighet att ta med flera eller ha reserver. Syftet var att få en liten inblick i variationer både inom och mellan de olika typerna av processindustrier.

Under mars 2020 inleddes kontakten med de utvalda verksamheterna, först via e-post och sedan även telefon för de verksamheter som hade möjlighet. En intervjumall utformades som följdes under intervjun, se intervjufrågor i *Bilaga 1 i Appendix*, för att få konkreta svar och ett bra flyt i konversationen. Intervjumallen konstruerades semi-strukturerat där frågorna var specifika men med utrymme för anpassning efter det enskilda fallet. Detta underlättade att få relevant och korrekt information med mindre risk för missförstånd, otydlighet och feltolkning.

På grund av den annorlunda samhällssituationen som uppstod till följd av Covid-19 blev intervjuerna svår genomförbara. Utvalda verksamheter för intervjuer hade inte längre möjlighet att delta i intervjuer då deras resurser behövdes på annat håll och studiebesök blev inte aktuellt. För att fortsätta studien och insamling av data gjordes därför en enkät. Enkäten ansågs vara mer tillgänglig för verksamheter att delta i och stor vikt lades på att enkäten skulle vara användarvänlig och inte för lång. Enkäten gjorde det även möjligt att ha ett mycket större urval av verksamheter vilket ökade sannolikheten att få fler och varierade svar samt mätdata. Liknande frågor ställdes i enkäten som för intervjun för att få en så konkret datainsamling som möjligt, dock med vetskap om att det var möjligt att alla frågor inte kunde besvaras av alla verksamheter, se enkätfrågor i *Bilaga 2 i Appendix*.

Enkäterna krävde ett urval som var mer konsekvent. Att sammanställa listor genom att sporadiskt söka på generella sökmotorer gav en alltför stor osäkerhet i vilka verksamheter som hittades. Ett krav var att verksamheterna skulle vara småskaliga, vilket inte är en tydlig avgränsning då begreppet småskalig inte är entydigt. Istället valdes att leta fram färdiga listor på företagsnamn som på något sätt indikerade en viss sorts representation som var likvärdig för samtliga verksamheter.

Sådana listor kunde lokaliseras för bryggerier och mejerier. För bryggerier blev den gemensamma nämnaren att samtliga verksamheter ingick i föreningen Sveriges oberoende småbryggerier<sup>3</sup>. Detta var en tydlig indikation på att samtliga verksamheter på den sammanställda listan på något sätt antogs vara småskaliga. För mejerier valdes en lista sammanställd av Sveriges gårdsmejerister<sup>4</sup>, där den gemensamma nämnaren var gårdsmejeri som också indikerade på småskalig verksamhet. Livsmedelsverket har också en lista över EU-godkända anläggningar för obehandlad mjölk och mjölkprodukter, men där var det svårt att avgränsa vilka verksamheter som kunde antas småskaliga.

För slakterier lokaliserades inte en lista med småskalighet filtrerat, däremot fanns ett flertal listor över verksamheter med slakteri som kategori. Livsmedelsverkets listor över godkända EU-anläggningar hade ett antal olika typer för vilket sorts slakt som avsågs, varvid kategorin Kött från tama hovdjur<sup>5</sup> inkluderade 279 verksamheter. Av dessa var

---

<sup>3</sup> Föreningen Sveriges oberoende småbryggerier (u.å.). *Våra medlemsbryggerier*. Tillgänglig: <https://www.sverigessmabryggerier.se/start sida/> [Hämtad 2020-03-20].

<sup>4</sup> Sveriges gårdsmejerister (u.å.). *Var finns det ett gårdsmejeri?* Tillgänglig: <http://sverigesgardsmejerister.se/har-finns-det-ett-gardsmejeri/> [Hämtad 2020-03-20].

<sup>5</sup> Livsmedelsverket (u.å.). *Kött från tama hov- och klövdjur*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel-->



det 106 verksamheter som hade benämningen SH (Slaughterhouse). Jordbruksverket hade vidare en lista för SE-nummer för slakterier. Denna lista verkade stämma överens med Livsmedelverkets lista. Vilka slakterier på listan som var småskaliga kunde dock inte urskiljas. Då fanns att tillgå Jordbruksverkets slaktstatistik för 2019<sup>6</sup> som inkluderade de 20 största anläggningarnas slaktantal för tamdjur. Detta kunde avgränsa tidigare lista på 106 verksamheter till att endast inkludera mindre verksamheter. Detta gav en lista på 97 verksamheter.

Samtliga listor gav endast namnet på verksamheter så kontaktuppgifter lokaliserades manuellt. Detta gav den slutliga urvalsavgränsningen då endast verksamheter med en e-postadress togs med, se *Tabell 2*.

*Tabell 2. Antal verksamheter som undersöktes och antal med tillgänglig e-postadress som kontaktades.*

Verksamhet	Sammanställd lista	Kontaktades via e-post
Slakterier	97	58
Mejerier	61	37
Bryggerier	45	37

Enkäten utformades med samma typ av frågor som intervjun, men anpassad till formulärform och lite mer kortfattad för att öka användarvänligheten, se enkätfrågorna i *Bilaga 2 i Appendix*.

Intervjun och enkäten behandlade följande delar:

- Information om verksamheten
  - Typ av verksamhet
  - Produktion
  - Storlek
- Information om nuvarande avloppslösning
  - Interna eller kommunala lösningar
  - Reningssteg, processer och tekniker
  - Avloppsströmmar
  - Reduktionsförmåga
  - Utsläppsrecipient
- Information om verksamhetens avloppsvatten
  - Kvalitet på avloppsvatten
  - Föroreningsbelastning
  - Prioriterade ämnen för verksamheten
  - Eventuellt reningsbehov
  - Tankar kring utveckling av rening

---

[kontroll/livsmedelskontroll/livsmedelsanlaggningar/eu-godkanda-anlaggningar/sektion-i---kott-fran-tama-hov--och-klovdjur](https://www.livsmedelsverket.se/kontroll/livsmedelskontroll/livsmedelsanlaggningar/eu-godkanda-anlaggningar/sektion-i---kott-fran-tama-hov--och-klovdjur) [Hämtad 2020-03-20].

<sup>6</sup> Jordbruksverket (2020). Slaktstatistik 2020 kvartal 1. Tillgänglig:

<https://djur.jordbruksverket.se/amnesomraden/handelmarknad/kottmjolkochoagg/marknadenforkottmjolkochoagg/slaktadetamdjur.4.781a7ea1572e8ed2496dbed.html> [Hämtad 2020-03-20]

Gällande kvaliteten av avloppsvatten tillfrågades verksamheterna om det fanns analysresultat eller mätningar gjorda på olika parametrar som kunde vara relevant för undersökningen. Intressanta parametrar som efterfrågades var:

- BOD
- COD
- Suspenderat material (SS, TSS, TDS)
- Fett, olja
- Kväve
- Fosfor
- Temperatur
- pH
- Vattenvolym, flöde
- Eventuella smittoämnen

### 2.2.2 Tillverkare för små avloppsanläggningar

Studien inkluderade även att undersöka marknadens potential för reningstekniker för små avlopp att även rena processavloppsvatten. Även här krävdes en djupare förståelse i varje enskilt fall där även åsikter var intressanta, vilket gjorde att en kvalitativ metod i form av intervju med olika tillverkare inom små avlopp utfördes. Intervjuerna gjordes med syfte att koppla ihop reningsbehov för småskalig processindustri med små avlopp och se vilket intresse och produkter som finns på marknaden idag och vilka framtidsutsikter som är troliga.

Intervjuer med olika tillverkare för små avlopp genomfördes under april 2020 med initial kontakt via e-post, där tre företag valdes ut att kontaktas. Förslag på företag samt kontaktuppgifter erhöles internt från RISE.

Intervjufrågor utformades utifrån frågeställningarna till denna studie vilket behandlade huruvida företaget hade lösningar för processindustrier, hur dessa såg ut med avseende på dimensionering, belastning, reningseffektivitet och driftbehov samt vilka faktorer som avgjorde om företaget inte hade avloppslösningar. Även framtidsutsikter och utmaningar efterfrågades gällande processindustrier på avloppsmarknaden. Se samtliga intervjufrågor i *Bilaga 3 i Appendix*.

## 2.3 BERÄKNINGAR

För att kunna jämföra föroreningsbelastning mellan olika avloppsvatten från olika industrier beräknades belastningen om till antal personekvivalenter,  $pe$  utifrån BOD-belastningen i avloppsvattnet.

Antal  $pe$  med avseende på BOD beräknades enligt:

$$PE = \frac{BOD_{tot}}{BOD_{pe}} \quad (1)$$

där  $PE$  är antalet personekvivalenter,  $pe$ ,  $BOD_{tot}$  är totala mängden BOD i avloppsvattnet efter ett dygn i g/d och  $BOD_{pe}$  är mängden BOD för en person under ett dygn vilket motsvarar  $1 pe = 70 \text{ g BOD}_7 / \text{p.d}$  (Naturvårdsverket 2019).

$BOD_{tot}$  kunde vidare bestämmas utifrån BOD-koncentration och vattenflöde enligt:

$$BOD_{tot} = BOD_{konc} \cdot Q \quad (2)$$

där  $BOD_{konc}$  är BOD-koncentrationen i  $\text{g/m}^3$  (eller i  $\text{mg/l}$  då  $1 \text{ g/m}^3 = 1 \text{ mg/l}$ ) och  $Q$  är vattenflödet i  $\text{m}^3/\text{d}$ .

Var BOD-koncentrationen eller vattenflödet okända beräknades  $BOD_{tot}$  utifrån von Sperling och de Lemos Chernicharo (2005) metodförslag och nyckelparametervärden som sammanställdes för olika processindustrier, se *Tabell 3* nedan.

*Tabell 3. Nyckeltal för approximativa kvalitetsparametrar för processavloppsvatten från slakterier, mejerier och bryggerier (von Sperling & de Lemos Chernicharo 2005).*

Typ av industri	Produktionsenhet	BOD-belastning, $BOD^*$ [g/enhet]	
		Intervall	Medel
Slakteri	1 slaktenhet	500 – 5 000	2 750
Mejeri utan osttillverkning	1000 liter mjölk	1 000 – 5 000	3 000
Mejeri med osttillverkning	1000 liter mjölk	5 000 – 40 000	22 500
Bryggeri	1000 liter dryck	8 000 – 20 000	14 000

Utifrån *Tabell 3* kunde BOD-belastningen uppskattas utifrån produktionen från den industri som avsågs. Vidare användes även en uppskattning för beräkning av slaktenheter, se *Tabell 4*, då flertal slaktdjur inkluderades för slakterier.

*Tabell 4. Slaktenhetstabell för några olika djurslag.*

Djurslag	Slaktenheter
Nötkreatur (vuxen)	1,0
Häst (vuxen)	1,0
Nötkreatur (övrig)	0,5
Svin > 100 kg levandevikt	0,2
Svin (övrig)	0,15
Får	0,1
Get	0,1
Spädgris < 15 kg levandevikt	0,05
Lamm < 15 kg levandevikt	0,05
Killing < 15 kg levandevikt	0,05

Från *Tabell 3* och vid behov *Tabell 4* kunde sedan  $BOD_{tot}$  beräknas enligt:

$$BOD_{tot} \approx \frac{BOD^* \cdot n_e}{n_d} \quad (3)$$

Där  $BOD^*$  är ett approximativt värde på mängd BOD per produktionsenhet i g/enhet hämtat från *Tabell 3*, och  $n_e$  är antalet enheter enligt *Tabell 3* och *4* som produceras under ett antal dygn,  $n_d$ .

von Sperling och de Lemos Chernicharo (2005) sammanställde också schablonvärden för uppskattade flöden, pe-värden och BOD-koncentrationer som inte tagits med i detta avsnitt. Då tabellvärdena inte stämmer överens sinsemellan blir det mer konsekvent att använda endast en typ av uppskattat nyckeltal för omberäkning till pe där mätningar saknas, vilket är varför totalt BOD-innehåll valdes då det är närmast knutet till pe.

## 3 RESULTAT

### 3.1 DEFINITIONER

#### 3.1.1 Småskalig processindustri

Begreppet processindustri syftar till en industri där råvaror omvandlas till produkter ofta genom ett flertal automatiserade processer (NE u.å.). Det är dock inte entydigt exakt vilka typer av industrier som kategorin processindustrier inkluderar, men den ses ofta som en gren av tillverkningsindustrin som också definieras som förädling av råvaror på olika sätt. Processindustrin utmärker sig genom att dess produktion är till största del automatiserad, har en hög förädlingsgrad och kräver en hög kunskapsnivå. Stora delar av branschen inkluderar en industri som är kapitalintensiv och kräver mycket energi (Ledarna 2014). Vanligen ingår bland annat stål-, läkemedels-, kemi-, sågverks-, pappers-, massa- och metallindustrin samt livsmedelsindustrin i denna definition, men processindustri som kategori kan avgränsas på andra sätt (Carlgren 2020).

Gällande begreppet småskalig finns där heller inte någon entydig definition. De flesta typer av processindustrier varierar i storlek med avseende på olika parametrar. Ett vanligt sätt att jämföra storlek kan refereras till Kommissionens rekommendation 2003/361/EG av den 6 maj 2003 om definitionen av mikroföretag samt små och medelstora företag. Här definieras små och medelstora företag utifrån personalstyrka och finansiell tröskel. Kategorin SMF inkluderar mikro-, små och medelstora företag vilket definieras som företag med färre än 250 anställda och en maximal omsättning på 50 miljoner euro per år. Vidare definieras små företag som företag med färre än 50 anställda och en årlig omsättning på maximalt tio miljoner euro och mikroföretag som företag med mindre än tio anställda och två miljoner euro i årlig omsättning, se *Tabell 5* nedan.

*Tabell 5. Definition av storlek på företag efter antal anställda och årlig omsättning enligt Kommissionens rekommendation 2003/361/EG av den 6 maj 2003 om definitionen av mikroföretag samt små och medelstora företag, inkluderande ungefärlig motsvarighet i svenska kronor.*

Storlek på företag	Antal anställda	Omsättning per år i miljoner €	Omsättning per år i tusen kr
Medelstora	50-250	10 - 50	≈ 100 000 - 500 000
Små	10-49	2 - 10	≈ 20 000 - 100 000
Mikro	0-9	0 - 2	≈ 0 - 20 000

Definitionen i *Tabell 5* kan dock bli missvisande då processindustrier som har hög automation av olika tillverkningsprocesser också genererar få anställda, vilket gör att processindustrin generellt har väldigt få anställda relativt dess produktion (NE u.å.). I vissa sammanhang används också begreppet småskalig i samband med lokalproducerad och hantverksmässig produktion (Casimir et al. 2018) och Livsmedelsverket (2019) beskriver småskalighet som något som används i samband med livsmedelsförädling och är ett mått på produktionsmängd. Det är tydligt att det är svårt att framställa en entydig och neutral definition för småskaliga processindustrier och att bedömningar görs i det enskilda fallet.

Några typer av livsmedelsverksamheter som är ett typexempel på processindustrier, stämmer in på många av definitionerna för småskaliga processindustrier. Småskalig, hantverksmässig och lokal produktion har ökat på marknaden då efterfrågan ökat. Detta är något som gäller för bland annat småskaliga slakterier, mejerier och bryggerier. Majoriteten av verksamma företag inom respektive område är små, samtidigt som det finns en handfull väldigt stora företag som står för lika stor del av den totala produktionen (Carlgren 2020).

Då begreppet småskalig processindustri inte är entydigt kommer det i rapporten att definieras som processindustrier som, enligt EU:s definition, inte har fler än tio anställda och inte har en omsättning på mer än tio miljoner euro, se Tabell 5 ovan. Vidare kommer det även tas hänsyn till att småskaliga processindustrier har någon typ av hantverksmässig eller lokal produktion och anser sig själva som småskaliga.

### **3.1.2 Små avlopp**

Små avlopp syftar till avlopp som inte är anslutna till det kommunala avloppsledningsnätet utan renar sitt avloppsvatten på annat sätt. De är dimensionerade för mindre än 200 pe, vanligast är 5 till 25 pe (motsvarande 1 till 5 hushåll) när man pratar om små avlopp (Naturvårdsverket 2003 och 2008a). Små avloppsanläggningar är anläggningar utformade för att rena och behandla hushållspillvatten i tillräcklig grad så att avloppsvattnet kan släppas ut till recipient utan att skada människa eller miljö (Gunnarsson et al. 2020).

Hur en avloppsanläggning för små avlopp ser ut varierar bland annat utifrån vilka processer som behövs samt hur de juridiska, ekonomiska och praktiska förutsättningarna ser ut. Generellt kan man beskriva en sådan avloppsanläggning som en avloppsanordning med rörledningar, slamavskiljare, tankar, infiltration och liknande anordningar som ingår i den kompletta avloppsanläggningen (Naturvårdsverket 2008a).

## **3.2 LAGKRAV OCH RIKTLINJER**

### **3.2.1 Anslutning till kommunalt avloppsnät**

Användningen av det kommunala avloppsnätet regleras av Vattentjänstlagen (SFS 2006:412) om allmänna vattentjänster, tillsammans med Allmänna bestämmelser om brukande av den allmänna vatten- och avloppsanläggningen, ABVA. Vattentjänstlagen och ABVA syftar till att skydda ledningsmaterial, reningsprocesser och kvaliteten på avloppsslam och utgående vatten från reningsverket till recipient (Uppsala Vatten, 2017).

Ett kommunalt reningsverk är utformat att behandla det hushållspillvatten som kommer från hushåll och verksamheter som är anslutna till det kommunala avloppsnätet. Olika mekaniska, biologiska och kemiska processer som ingår i reningsverket avser att rena inkommande avloppsvatten genom att avskilja partiklar, bryta ner organiskt material samt reducera fosfor och ibland kväve (Uppsala Vatten, 2017). Inkommer avloppsvatten med olämpliga ämnen till avloppsnät och reningsverk kan detta orsaka skador på ledningar, reningsprocesser, slamkvaliteten, människa och miljö (Svenskt Vatten, 2012). Detta är förbjudet enligt bland annat Vattentjänstlagen (SFS 2006:412 21§) som säger att en verksamhetsutövare inte får släppa ut

avloppsvatten som kan orsaka dessa skador eller andra olägenheter. Processavloppsvatten från industrier kan innehålla miljöfarliga organiska ämnen, metaller, salter och fett samt ha högre eller lägre pH-värden som skiljer sig från hushållspillvatten (Uppsala Vatten, 2017). Därmed är det högst relevant att ha god kontroll över utsläpp av processavloppsvatten till reningsverk och avlopps nät.

VA-huvudmannen kallas den organisation som ansvar för vattenförsörjningen och avloppshantering i kommunen och bedömer enligt Vattentjänstlagen och ABVA till vilken grad ett industriavlopp kan anslutas till det kommunala avloppsledningsnätet. VA-huvudmannen kan besluta att inte ta emot avloppsvatten om det inte är hushållspillvatten eller VA-installationen är bristfällig samt har rätt att stänga av vattenförsörjning om skyldigheter inte uppfylls. Verksamhetsutövaren ska informera om utsläpp till spill- och dagvattennät och VA-huvudmannen har rätt att begära provtagning och analys av avloppsvatten eller avloppsinstallation samt teckna avtal med verksamhetsutövare om inkoppling till det kommunala avloppsledningsnätet.

### **3.2.2 Utsläpp till recipient**

Utsläpp av avloppsvatten till annan recipient än det kommunala avloppsledningsnätet kan vara vattendrag, sjöar, hav, mark eller grundvatten. Utsläpp till dessa recipienter omfattas förutom Vattentjänstlagen (2006:412) även av Miljöbalken (SFS 1998:808), Vattendirektivet (2000/60/EG) och REACH (2006/1907/EG), vilket även kommunala reningsverk måste förhålla sig till när det gäller utsläpp av det renade avloppet (Uppsala Vatten, 2017). Gällande industrier finns det även krav från Industriemissionsdirektivet på en samlad tillståndsprovning av påverkan genom utsläpp till vatten (och luft) från vissa större verksamheter inom industrin, och industrier som har egen avloppsvattenrening regleras genom villkor i tillståndsbeslut enligt Miljöbalken (Naturvårdsverket, 2014).

Miljöbalken (MB) 9 kap. beskriver gällande lagstiftning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, där bland annat utsläpp av avloppsvatten från mark, byggnader eller anläggningar i mark, vattenområden eller grundvatten räknas som miljöfarlig verksamhet. MB 9 kap. 7 § anger att: ”Avloppsvatten ska avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt så att olägenhet för människors hälsa eller miljön inte uppkommer. För detta ändamål ska lämpliga avloppsanordningar eller andra inrättningar utföras”. Till detta hör ett antal förordningar och föreskrifter som också gäller vid hantering av avloppsvatten, se *Tabell 6* nedan.

Miljöprövningsförordningen (2013:251) reglerar anmälnings- och tillståndsplikt för avloppsanläggningar efter dimension av anläggningen. Därefter omfattas avloppshantering även av Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, Förordning (1998:905) om miljökonsekvensbeskrivningar samt Förordning (1998:901) om verksamhetsutövarens egenkontroll. Sedan finns även EG-direktivet Rådets direktiv 91/271/EEG om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (Naturvårdsverket, 2020).

Gällande föreskrifter har Naturvårdsverket författat ett flertal föreskrifter gällande hantering och utsläpp av avloppsvatten med stöd av Miljöbalken och EG-direktiv. Här gäller Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2016:6) om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse, Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2000:15) om

genomförande av mätningar och provtagningar i vissa verksamheter samt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2016:8) om miljörapportering (Naturvårdsverket, 2020). Det finns även en föreskrift som inte längre är gällande men fortfarande används i stor utsträckning (NFS 2006:7) om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten.

*Tabell 6. Regelverk och föreskrifter för avloppsanläggningar med olika avloppsbelastning i pe.*

Belastning i pe	Avloppsanläggningen omfattas av	Regelverk
> 2000	Tillståndsplikt B	SFS (2013:251)
	Rening och kontroll	NFS (2016:6)
	Egenkontroll	SFS (1998:901)
	Miljökonsekvensbeskrivning	SFS (1998:905)
	Miljörapport	NFS (2016:8)
	Provtagning och mätningar	NFS (2000:15)
200 - 2000	Anmälningsplikt C	MPF (2013:251)
	Rening och kontroll	NFS (2016:6)
	Egenkontroll	SFS (1998:901)
	Provtagning och mätningar	NFS (2000:15)
>25 - 200	Nej, Anmälan kommunal miljönämnd	FMH (1998:899)

Vidare beskriver Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2016:6), om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse, begränsningsvärden för verksamheter omfattande en föroreningsmängd på 2000 pe eller mer, se *Tabell 7*. NFS (2016:6) tar delvis upp de EU-rättsliga kraven i Rådets direktiv av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (91/271/EEG), kallat Avloppsdirektivet, men har i vissa fall andra (högre) krav än de som ställs i Avloppsdirektivet då det är ett minidirektiv. I föreskrifterna finns det krav på rening och utsläpp av organiskt material i form av BOD<sub>7</sub> och COD<sub>Cr</sub> samt krav på rening av totalkväve (Naturvårdsverket, 2019).

Kravet på rening av BOD<sub>7</sub> och COD<sub>Cr</sub> gäller för alla utsläpp till sötvatten, inklusive flodmynnningar, från tätbebyggelser med en föroreningsmängd motsvarande 2 000 pe eller mer alternativt alla utsläpp till havs- och kustvattenområden från tätbebyggelser med en föroreningsmängd motsvarande 10 000 pe eller mer. Vidare anger inte NFS (2016:6) några begränsningsvärden för fosfor på grund av att de redan regleras i tillståndsvillkoren, som vidare bestäms för varje verksamhet. Generellt är dessa begränsningsvärden mycket lägre än Avloppsdirektivets begränsningsvärden som också anges i *Tabell 7*, vilket är det absolut högsta begränsningsvärdet för utsläpp av fosfor till specifikt känsliga områden som anges i NFS (2016:6).



Tabell 7. Begränsningsvärden och minsta procentuella reduktionskrav för BOD, COD, totalkväve (NFS 2016:6) samt totalfosfor (91/271/EEG) efter anläggningens belastning.

Parameter	Belastning	Begränsningsvärde		Reduktionskrav per mättillfälle
		Årsmedel	Per mättillfälle	
BOD <sub>7</sub>	≥ 2 000 pe <sup>1</sup> eller ≥ 10 000 pe <sup>2</sup>	15 mg/l	30 mg/l	70 %
COD <sub>Cr</sub>	≥ 2 000 pe <sup>1</sup> eller ≥ 10 000 pe <sup>2</sup>	70 mg/l	125 mg/l	75 %
Tot-N	≥ 10 000 – 100 000 pe	15 mg/l	-	70 %
Tot-N	>100 000 pe	10 mg/l	-	70 %
Tot-P	≥ 10 000 – 100 000 pe	2 mg/l	-	80 %
Tot-P	>100 000 pe	1 mg/l	-	80 %

<sup>1</sup> vid utsläpp till sötvatten eller flodmynnning

<sup>2</sup> vid utsläpp till havs- och kustvattenområde

Gällande verksamheter omfattande en föroreningsmängd på 200 pe eller mindre gäller Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd (HVMFS 2016:17) om små avloppsanordningar för hushållspillvatten, se Tabell 8 nedan (Gunnarsson et al. 2019).

Tabell 8. Reduktionskrav för avloppsanläggningar mindre än 200 pe, inkluderat förväntade halter på inkommande (orenat) och utgående (renat) avloppsvatten (HVMFS 2016:17).

Parameter	Förväntad halt orenat avloppsvatten <sup>1</sup>	Förväntad halt renat avloppsvatten <sup>1</sup>	Reduktionskrav
BOD <sub>7</sub>	150 – 350 mg/l	30 mg/l	90 %
Tot-N	80 mg/l	40 mg/l	50 %
Tot-P	5 – 15 mg/l	1 – 3 mg/l	70 – 90 <sup>2</sup> %

<sup>1</sup> Beräknat under antagande att en person producerar 170 liter spillvatten per dygn.

<sup>2</sup> Beror på recipientens miljöskyddsnivå, normal nivå (70 %) eller hög nivå (90%).

### 3.3 KVALITET PÅ PROCESSAVLOPPSVATTEN

Kvaliteten hos olika processindustriers avloppsvatten varierar mellan typ av industri, vilka processer som sker och vattenanvändning. Litteraturundersökningen för denna studie har visat att det finns en hel del olika studier gällande kvaliteten av avloppsvatten från olika industrier globalt sett. Generellt finns några nyckelparametrar som återkommer för vissa typer av processindustrier.

#### 3.3.1 Slakterier

Inom slakteri- och charkuteriindustrin ingår bland annat produktion av charkuterivaror samt behandling av fågel-, fläsk- eller nötkött i form av slakt, styckning, paketering och konservering (Jönmark & Ullenhag u.å.). Egenskaperna hos avloppsvatten från slakterier varierar beroende på hur processen går till och mängden vatten som används. Generellt finns ofta stor mängd av löst organiskt material och näring i avloppsvattnet till följd av bland annat blod, fett, ben, köttpartiklar, fjädrar, hår, maginnehåll, fekalier, gödsel, urin och slaktrester som uppkommer vid ett slakteri, samt rengöring av anläggningarna. Detta ger höga koncentrationer av biokemisk- och kemisk syreförbrukning i vattnet, suspenderade substans, kväve och fosfor i avloppsvattnet (Bustillo-Lecompte et al. 2016, Mittal 2004).

Enligt Benfalk et al. (2007) är BOD-mängden i avloppsvattnet från ett slakteri i Sverige motsvarande ungefär 90 – 130 hushåll (450 – 650 pe) om de slaktar 1 000 djurenheter per år. Mängden avloppsvatten är däremot ungefär 650 – 850 m<sup>3</sup> vatten per 1000 slaktade djurenheter vilket motsvarar ungefär 35 – 55 pe. Alltså krävs en avloppslösning som klarar hög organisk belastning. I *Tabell 9* nedan visas några ytterligare exempel på kvalitetsinnehållet i avloppsvatten från slakterier.

*Tabell 9. Exempel på kvalitetsparametrar hos avloppsvatten från slakterier (Bustillo-Lecompte et al. 2016, Azaz et al. 2019).*

Parameter	Enhet	Canada 2016		Indien 2019
		Intervall	Medel	Intervall
BOD	mg/l	610 – 4 635	1209	600 – 3 900
COD	mg/l	1250 – 15 900	4221	1 100 – 15 000
TOC	mg/l	100 – 1 200	546	
TN	mg/l	50 – 841	427	50 – 840
TKN	mg/l			40 – 700
TP	mg/l	25 – 200	50	15 – 200
TSS	mg/l	300 – 2 800	1164	220 – 6 400
Olja och fett	mg/l			40 – 1 385
pH		4,90 – 8,10	6,95	5 – 7,8

### 3.3.2 Mejerier

Mejeriindustrin förädlar mjölk som råvara till olika mejeriprodukter såsom ost, smör, yoghurt vilken görs genom olika processer som pastörisering, filtrering, koagulering, centrifugering och kylning (Rivas, et al. 2010). Processerna nyttjar stora mängder färskvatten som framförallt går åt till kylning, rengöring och sköljning av utrustningen samt överskottsvatten från produktionen (Lampi & Korsström 2001). Innehållet av mejeriers processavloppsvatten består därmed bland annat av utspädda mjölkprodukter från produktionen, tvättvatten innehållande kemikalier från rengöringsmedel och rengöring av förpackningar, utrustning, verktyg, tankar och pumpar (Carvalho et al. 2013).

Liksom andra processindustrier som behandlar livsmedel varierar kvaliteten av avloppsvattnet från mejerier. Mejeriers avloppsvatten har generellt särskilt hög organisk belastning från mjölkrester, pH- fluktuationer från basiska och sura rengöringsmedel, höga kväve och fosforinnehåll samt temperaturfluktuationer (Lampi & Korsström 2001). Tillsättning av salt i produktionen kan ge indirekt tillsättning av salt i avloppsvattnet som kan orsaka höga natrium- och kloridnivåer. Avloppsvatten från osttillverkning har också till exempel generellt högre koncentrationer av organiskt och suspenderat material än mejerier med blandat processavloppsvatten, se *Tabell 10*. Variationerna kan bero på olika faktorer såsom vattenanvändning, anläggningsstorlek, val av process och vilken produkt som produceras (Rivas et al. 2010).

För mejerier krävs en avloppsrening som klarar stora fluktuationer och flöden såväl av avloppsvattnet, samtidigt som det bör kunna ta hand om höga koncentrationer av organiskt material, suspenderat material och fett.

Tabell 10. Exempel på egenskaper hos avloppsvatten från mjölkindustri respektive osttillverkning från två studier inkluderande landet där mätdata erhöles samt årtal för studien (Sirianuntapiboona et al 2005, Rivas et al. 2010).

Parameter	Enhet	Thailand, 2005		Portugal, 2010	
		Intervall	Medel ± SD	Intervall	Medel ± SD
BOD <sub>5</sub>	mg/l	5 000 – 10 000	7 500±324	8 840 – 25 600	13 500±4270
COD	mg/l	3 000 – 5 000	4 000±59	2 350 – 8 400	6 340±2350
TS	mg/l	3 000 – 7 000	5 000±46	7 016 – 8 350	7 910±613
Olja och fett	mg/l	70 – 500	200±7,3	1 830 – 3 760	2 490±711
TKN	mg/l	50 – 150	120±2,8	310 – 356	324±18,4
TP	mg/l	50 – 70	60±0,41		
P				6,6 – 7,2	6,9±0,3
pH		4,0–7,0	6±0,62	4,01–4,55	4,23±0,11
Temp	°C	34 – 35	34,5±0,47	10 – 15	12±1

### 3.3.3 Bryggerier

Bryggerier syftar på anläggningar som producerar alkoholhaltiga och alkoholfria drycker som öl, cider, läsk och vatten. Processerna ser olika ut beroende på vilken av dessa produkter bryggerierna producerar men gemensamt är att samtliga använder stora mängder vatten. Dels är vattnet en huvudingrediens och råmaterial för produkten, dels används mycket vatten i brygningsprocessen i form av ångning, kylning och rengöring (Enitan et al. 2015). Rengöringsmedel som används för utrustning, golv, flaskor och backar ger både ett surt och ett basiskt avloppsvatten och kan tillföra en högre halt metaller från ledningsmaterial och utrustning i kombination med högt vattenflöde (Svenskt Vatten 2012).

I ciderprocessen tillverkas cider genom jäsnings, tillsatämnen och filtrering. Jäsning kan ske naturligt eller genom att jäst tillsätts (Sveriges Byggerier u.å. a). Läsk och vatten tillverkas på liknande sätt, vatten används som råvara och olika tillsatser som aromämnen och kolsyra ger produkten sitt signum (Sveriges Byggerier u.å. b). I ölproduktion ingår mältning, mäsning, vörtkokning, jäsning, filtrering och pastörisering i brygningsprocessen (Nordlöf u.å.). Här blandas och fermenteras råvaror som korn (malt), humle och jäst och restprodukterna som uppstår från dessa ingredienser innehåller höga koncentrationer av organiskt material och i kombination med övrigt avloppsvatten från anläggningen genereras stora volymer av förorenat vatten. Den biokemiska syreförbrukningen (BOD) är därmed mycket hög för detta vatten och har också hög kemisk syreförbrukning (COD) på grund av de organiska komponenterna från sockerarter, löst stärkelse, etanol, glycerol och flyktiga fettsyror (Simate et al. 2011), se *Tabell 11*. De höga COD-värdena för bryggeriers processavloppsvatten ger ett stort värde på relationen mellan COD och BOD. Kväve och fosforhalterna som uppkommer från jäst och råvaruhantering är också bidragande näringsämnen i processavloppsvattnet.

Organiskt material suspenderade ämnen, pH och flöde är främst de parametrar som är prioriterade att åtgärda för bryggerier, om processavloppsvattnet ämnas släppas ut till avloppsnät. pH-värdet bör justeras och flödet utjämnas (Svenskt Vatten 2012).

Tabell 11. Exempel på egenskaper hos avloppsvatten från bryggerier (Gangagni et al. 2007, Enitan et al. 2015).

Parameter	Enhet	Indien, 2007	Sydafrika 2015
		Intervall	Intervall
BOD <sub>5</sub>	mg/l	1 200 – 3 600	1 609 – 3 980
COD	mg/l	2 000 – 6 000	1 096 – 8 926
TS	mg/l	5 100 – 8 750	1 289 – 12 248
TSS	mg/l	2 901 – 3 000	530 – 3 728
TKN	mg/l	25 – 80	
TN	mg/l		0 – 5,36
PO <sub>4</sub>	mg/l	10 – 50	
pH		3 – 12	4,6 – 7,3
Temp	°C	18 – 40	24 – 30,5

### 3.4 RENINGSTEKNIKER FÖR PROCESSAVLOPPSVATTEN

Det finns stora likheter i behandlingen av processavloppsvatten från slakterier, mejerier och bryggerier. Litteraturen nämner liknande typer av reningstekniker som används för behandling och rening för olika typer av processavloppsvatten. I följande delavsnitt beskrivs de generella reningsprocesserna och några exempel på tekniker som används för rening av slakteriers, mejeriers och bryggeriers processavloppsvatten. I Sverige finns det även många industrier som är anslutna till kommunalt avloppsnät och kommunala avloppsreningsverk har liknande processer som kommer att tas upp i följande avsnitt. Reningsgraden för de reningsmetoder som används på avloppsreningsverk i Sverige samt motsvarande dimensionsstorlek för samtliga tillståndspliktiga avloppsreningsverk redovisas i Tabell 12 nedan.

Tabell 12. Reningsgrader, generella reningsmetoder och storleksdimensioner för avloppsreningsverk i Sverige 2016 (Naturvårdsverket 2018).

Reningsmetod/ Storleksdimension	Antal avloppsreningsverk	Reningsgrad (%)		
		BOD7	Kväve	Fosfor
Biologisk rening	3	93	30	97
Kemisk rening	37	90	18	94
Biologisk-kemisk rening	247	95	34	95
Kompletterande rening	18	97	39	96
Kväverening	111	98	74	96
2 001 – 10 000 pe	237	94	37	95
10 001 – 100 000 pe	158	97	55	96
> 100 000 pe	21	97	72	96

Vidare finns det förväntade reningsgrader som visas i Tabell 13 nedan för olika tekniker för avloppsanläggningar för dimensionering mellan 200 – 2000 pe, som delvis beskrivs i följande avsnitt. Samtliga tekniker går även att läsa mer om i Naturvårdsverkets (2007) faktablad om avloppsreningsverk 200 – 2000 pe. Reningsgrader för anläggningar mindre än 200 pe redovisas i Tabell 17 i avsnitt 3.5 Reningstekniker för små avlopp.

Tabell 13. Reningsgrader för några olika tekniker för avloppsanläggningar 200 - 2000 pe (Naturvårdsverket, 2007).

Reningssteknik	Reningsgrad (%)				
	BOD	SS	Tot-N	Tot-P	Patogener
Mekanisk rening	5	10 – 20	5	5	
Aktiv slam	>90	70 – 90	20 – 30 <sup>1</sup>	20 – 30	53 – 99,99
Biobädd	80 – 90	70 – 80	10 – 20	20 – 30	66 – 99,9
Kemisk, direktfällning	60 – 80	80 – 90	15	90	93 – 99,9
Kemisk, för- eller simultanfällning, aktivt slam	>90	>90	20 – 30 <sup>1</sup>	>90	93 – 99,99
Filter, i komb. m. biologisk och kemisk rening	>95	>95	20 – 30 <sup>1</sup>	>95	95 – 99,99
Infiltration	90 – 99	70 – 80	20 – 40	50 – 90	95 – 99
Damm, aerob sommar	90	65 – 90	70 – 80	50 – 70	60 – 99,99
Damm, fällningsdamm	70 – 90	70 – 80	25 – 40	85 – 95	60 – 90
Våtmark			20 – 70	30 – 90	

<sup>1</sup> 50- 70 % med biologisk kväverening

### 3.4.1 Förbehandling

Oavsett om en industri är ansluten till ett kommunalt avloppsnät för rening i ett kommunalt reningsverk eller behandlar sitt avloppsvatten internt, brukar någon sorts förbehandling av avloppsvattnet vara nödvändig. Kommunal rening kräver ofta att industrin genomför en förbehandling på grund av de krav, riktlinjer och lagar som måste efterföljas gällande kvaliteten på avloppsvattnet för att reningsverket ska kunna garantera en viss kvalitet på utgående vatten, se avsnitt 3.2. På samma sätt finns det regelverk som industrins anläggningar måste upprätthålla för utsläpp av avloppsvattnet vid intern rening, vilket i sin tur kan motsvara ett krav på förbehandling till den huvudsakliga reningen (Simate et al. 2011).

Syftet med förbehandling är att med fysiska, kemiska och ibland även biologiska processer, ändra avloppsvatteninnehållet. Ofta handlar det om reducering av olika ämnen för att underlätta efterföljande, huvudsaklig rening som annars kan bli överbelastad och få sämre reduktion (Simate et al. 2011). Förbehandlingen bör komplettera huvudreningen, flera förbehandlingssteg kan krävas beroende på efterföljande teknik och dess effektivitet.

Avskiljning från partiklar i avloppsvattnet är en vanlig förbehandling för bland annat slakterier. Suspenderat material och partiklar separeras från avloppsvattnet genom siktning och silning och avlägsnas och behandlas därefter separat som fast avfall. Förbehandlingen kan även inkludera flotation, sedimentering och homogenisering. (Bustillo-Lecompte & Mehvar 2015). pH-justering är ett exempel på en kemisk förbehandling som är vanlig för bryggerier. Justeringen kan antingen höja eller sänka avloppsvattnets pH beroende på alkalinitet eller aciditet och en neutralisering till ett pH-värde mellan 6 och 9 är önskvärt för att skydda vattenlevande organismer. Fettavskiljare är ännu en förbehandling som är ett krav för de flesta livsmedelsverksamheter där fett måste avskiljas för att inte sätta igen och orsaka skador på efterföljande rening (Svenskt Vatten 2012).

### 3.4.2 Biologisk rening

Syftet med biologisk rening är att bryta ner organiska ämnen och även smittoämnen genom mikrobiella processer från mikroorganismer. Biologisk rening för behandling av processavloppsvatten kan delas in i anaerobisk- och aerobisk nedbrytning och kan användas enskilt eller kombinerat beroende på reningsbehovet.

I anaerobisk nedbrytning bryts organiska föreningar ner vid syrefria förhållanden och omvandlas till koldioxid och metan. Processen är effektiv på att reducera COD och har låg slamproduktion samt kräver mindre energi än aeroba processer. Några exempel på reningstekniker är Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Anaerobfilter (AF), Fluidised bed reactor (FBR), Sequencing Batch Reactor (SBR), Upflow Anaerobic Filter (UFAF), Upflow Anaerobic Sludge Blanket digestion (UASB), se *Tabell 14* nedan. ABR är en som en slamavskiljare med olika sektioner där kontakttiden med biomassan (mikroorganismerna) är hög vilket ger en hög biodegradering av organiskt material. Anaerobfilter har istället filtreringskammare i en biologisk reaktor där den biomassan är på själva filtret (Bustillo-Lecompte & Mehvar 2015). För mejerier är anaerobisk nedbrytning en högt användbar reningsprocess på grund av det höga innehållet av organiskt material (Carvahlo 2013).

*Tabell 14. Reduktion av BOD och COD för några olika anaeroba tekniker och olika processindustrier (Aziz et al. 2019, Kushwaha et al. 2011, Enitan et al 2011).*

Processindustri	Anaerob reningsteknik	% BOD-reduktion	% COD-reduktion
Slakteri	FBR		75 (SCOD)
Slakteri	Baffled reactor		71-90
Slakteri	Fixed bed reactor		30-85
Slakteri	Granulärt slam-SBR (expanderad)		47-91
Slakteri	Membrane bioreactor		62-97 (SCOD)
Slakteri	Anaerobisk rötning		81-57
Slakteri	UASB	95	80-85
Slakteri	UASB		64-99
Slakteri	HUASB	60-84	80
Slakteri	HUASB	93	86
Mejeri (ost)	UASB		90
Mejeri (ost)	Multi-chamber bioreactor		83
Mejeri (ost)	UASB (2 parallella)		90
Mejeri (glass)	AF		85
Mejeri (glass)	UFAF		75
Mejeri (glass)	Anaerobisk SBR	75	62
Mejeri	Anaerobisk SBR		> 80
Mejeri	Anaerobisk reservoar	99,6	>75
Bryggeri	Quenched plasma		98
Bryggeri	UASB		73-91
Bryggeri	Kombinerad bioreaktor		98
Bryggeri	Membran bioreaktor		96

I aerobisk nedbrytning styr syreberoende bakterier nedbrytningen av organiskt material, där behandlingstiden och behovet av syre är korrelerat med reningsbehovet för processavloppsvattnet. Den kan användas som efterföljande rening till fysikalisk-kemiska processer eller anaerobisk rening. Några aerobiska tekniker visas i *Tabell 15* nedan. Aktiv slamprocess är en typisk aerobisk behandling som används av för processavloppsvatten från slakterier, mejerier och bryggerier. I aktiv slamprocess kommer avloppsvattnet i kontakt med luft vilket möjliggör aerob biologisk nedbrytning i form av adsorption och oxidation med hjälp av bakterier och mikroorganismer i det aktiva slammet. Organismerna bildar flockar som sjunker ner och avskiljs sedan från vattnet i en sedimenteringsbassäng. Sequencing batch reactor (SBR, Satsvis biologisk rening) är också en aktiv slamprocess där reningen sker satsvis istället för kontinuerligt (Naturvårdverket 2007). Vidare finns även Membrane Sequencing Batch Reactor (MSBR) samt Membrane bioreactor (MBBR) som några ytterligare exempel (Kushwaha et al. 2011).

*Tabell 15. Reduktion för BOD, COD och kväve för några aeroba tekniker för olika industrier (Kushwaha et al. 2011, Enitan et al 2011).*

Processindustri	Aerob reningsteknik	% BOD-reduktion	% COD-reduktion	% Kväve-reduktion
Mejeri	MSBR	97-98		96 <sup>1</sup>
Mejeri (ost)	SBR		99,5	95 <sup>1</sup>
Mejeri (ost)	MBBR		> 80	
Mejeri	Granulärt slam-SBR		90	80 <sup>2</sup>
Mejeri	SBR		80,2	75 <sup>1</sup>
Mejeri	Aktivt slam-reaktor	99		91 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Total Kjeldahl-kvävereduktion, TKN

<sup>2</sup> Totalkvävereduktion, TN

### 3.4.3 Kemisk-fysikalisk rening

Kemisk-fysikalisk rening inkluderar separation av suspenderat material och kan göras genom olika behandlingar, se några tekniker i *Tabell 16* nedan. En behandling för att reducera BOD, fett och suspenderade partiklar som används för processavloppsvatten från slakterier är upplöst luftflotation (dissolved air flotation), som separerar partiklar genom luft från botten av tanken. Lätta partiklar transporteras till ytan där det skrapas av. Ökad effektivitet kan ske genom pH-reglering, flockning av partikulärt material kan uppnås genom tillsättning av polymerer och andra flockningsmedel (Bustillo-Lecompte & Mehvar 2015).

Separering av partiklar kan även ske genom både koagulation och flockning där koaguleringsmedel och flockningsmedel tillsätts till en reaktortank där biofilmen (mikrobiella aktiviteten) är anpassad för den typen av rening. Elektrokoagulation är en annan typ av koagulation som använder elektrisk ström som separationsmetod, utan användning av kemikalier. För slakteriers avloppsvatten har denna teknik visat sig effektiv för reducering av organiska ämnen, näringsämnen, tungmetaller och smittoämnen. Här används bland annat järn och aluminium som elektroder (Bustillo-Lecompte & Mehvar 2015).

En ytterligare kemisk-fysikalisk reningsbehandling för processavloppsvatten är membranfiltrering. Olika processer som omvänd osmos, micro-, nano- och ultrafiltrering kan avlägsna partiklar och partikulärt material, kolloider, makromolekyler, bakterier, mikroorganismer och organiskt material, se *Tabell 16*.

*Tabell 16. Reduktion för BOD, COD och kväve för några kemisk-fysikaliska tekniker för olika industrier (Simate 2011, Lecompte et al. 2015).*

Processindustri	Kemisk-fysikalisk reningsteknik	% BOD-reduktion	% COD-reduktion	% Totalkväve-reduktion
Slakteri	Kemisk koagulation	35 – 68	32 – 63	
Slakteri	Elektrisk koagulation	66 – 97	60 – 93	56 – 84
Slakteri	Konstruerad våtmark	99,9	97	78
Slakteri	Konstruerad våtmark	9 – 71	28 – 75	5 – 25
Slakteri	Ultrafiltrering		83 – 97	27 – 44
Slakteri	Mikrofiltrering		91	45
Bryggeri	Elektrokemisk metod		97	
Bryggeri	Microbial fuel cells		94	
Bryggeri	Nanofiltrering		96	
Bryggeri	Omvänd osmos		100	

### 3.4.4 Processavloppsvatten som resurs

Många industrier ser sitt processavloppsvatten som resurs eftersom återanvändning av processavloppsvatten kan vara mer ekonomiskt fördelaktigt än att anlägga en reningsanläggning för utsläpp till recipient. Restströmmarna från ett avloppsvatten kan till exempel återanvändas och omvandlas till biogas som i sin tur kan användas som bränsle för energi och värme.

Ett annat kostnadseffektivt alternativ är att föra avloppsvattnet till en gödselbrunn, som antingen lagras separat eller med annan flytgödsel, för att sedan sprida det på åkermark. Det förutsätter dock att innehållet av önskade ämnen är lågt. Åkermarkens areal för utspridning beror på kväve- och fosforinnehållet i processavloppsvattnet. Detta kan vara ett bra alternativ för ett gårdsslakteri (Benfalk et al. 2007). Processavloppsvatten som är rikt på biologiskt nedbrytbart material kan ge näring till odlingsjorden när det placeras på åkermarken (Bustillo-Lecompte & Mehvar 2015).

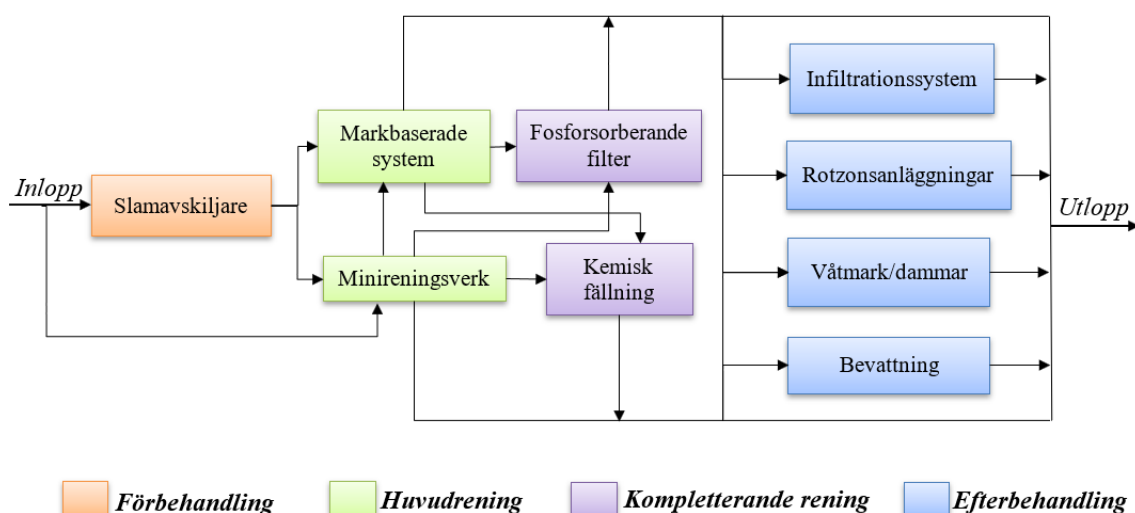
Återanvändning av avloppsvattnet till åkermark kan bidra till bättre markegenskaper, fungera som gödsel och ge användning för avloppsrester men det medför också en del utmaningar (ibid.). Högt saltinnehåll och suspenderat material som kan finnas i avloppsvattnet från mejerier medför en risk för ekologiskt känsliga områden där markens fysiska och kemiska egenskaper kan påverkas vilket vidare kan orsaka förorening av grundvattnet (Carvahlo et al. 2013). Beroende på avloppsinnehållet kan återföring till åkermark även öka risk för patogenspridning. Återanvändning av avloppsvatten till åkermark är inte heller genomförbart för platser mer frusen mark under vissa delar av året. Avloppsvattnet måste då lagras tills det kan användas vilket medför att det måste finnas lösningar för transport och lagring utöver återförande till åkermark. Vidare finns en del utmaningar gällande utseende och lukt (Bustillo-Lecompte & Mehvar 2015). För små och medelstora ostmejerier som inte kan anslutas till kommunalt reningsverk kan återförande av avloppsvatten till åkermark vara det enda



genomförbara alternativet som avloppslösning. Konstruerade våtmarker är en annan teknik som använder växter och mikrobiell aktivitet i rotszonen för att avlägsna olika organiska och oorganiska föroreningar.

### 3.5 RENINGSTEKNIKER FÖR SMÅ AVLOPP

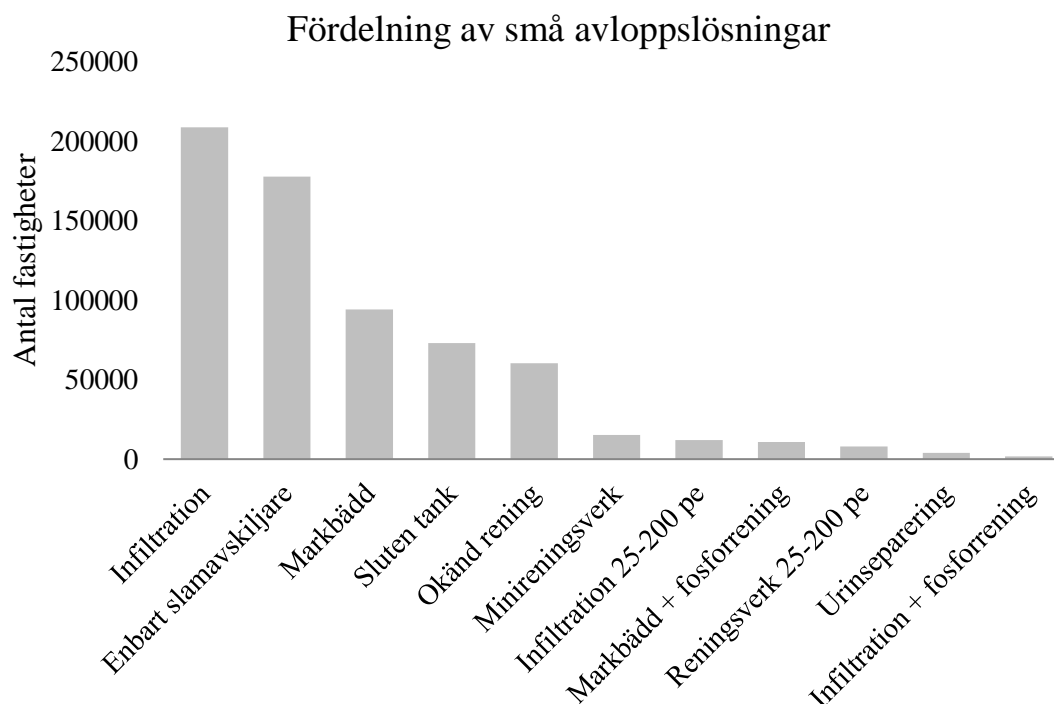
Avloppslösningar för blandat avloppsvatten från små avlopp består ofta av flera reningssteg. För optimal rening krävs ett förbehandlingssteg i form av slamavskiljare som antingen placeras separat innan huvudreningssteget, eller är interagerad i minireningsverket, se *Figur 1* nedan. Vidare kan reningen kompletteras med någon kompletterande reningsteknik om det finns ytterligare behov att reducera näringsämnen såsom kväve och fosfor. Slutligen kan avloppsvattnet genomgå efterbehandling om vidare rening krävs.



*Figur 1. Processteg för reningsbehandling för blandat avloppsvatten från små avlopp, med några exempel på de vanligaste behandlingsteknikerna.*

Det är de specifika förutsättningarna i varje enskilt fall som avgör vilken avloppsreningsteknik som bör användas. Utifrån juridiska förhållanden såsom regelverk, hälsoskydd och miljöskydd bör utsläpp, avloppsvattenflöden samt föroreningsinnehåll i avloppsvattnet utredas för att hitta en passande avloppslösning. Platsens och recipientens känslighet gällande smittskydd, organiskt material/syreförbrukande ämnen, näringsämnen som kväve och fosforföreningar är också viktigt att väga in i val av lösning. Praktiskt och ekonomiskt sett behöver markegenskaper, topografi, tillgång till yta och vilka avloppslösningar som redan finns kontrolleras. Det kan även finnas lokala förhållanden och regler för miljöskydd samt personliga önskemål från brukaren (Naturvårdsverket 2008b).

SvenskaMiljöEmissionsData (SMED) sammanställde 2018 en rapport kring hur teknikläget och fördelningen av avloppslösningar för små avlopp såg ut år 2017, vars resultat återspeglas i *Figur 2* nedan. De mest frekventa lösningarna som användes för små avlopp var infiltration, enbart slamavskiljare, markbäddar, sluten tank och minireningsverk (Olshammar 2018).



Figur 2. Fördelning av avloppslösningar för små avlopp år 2017 enligt SvenskaMiljöEmissionsData (SMED). Data: (Olshammar 2018)

I Figur 2 anges sluten tank som en ganska vanlig avloppslösning, detta är dock inte en reningsteknik. Uppsamlat klosettavloppsvatten i en sluten tank, septitank eller septiktank syftar på uppsamling av avloppsvatten till en tank i väntan på tömning och transport till vidare rening. När denna lösning används för sorterat klosettavloppsvatten krävs en annan lösning för rening av bad- disk- och tvättvatten (BDT-vatten).

De vanligaste reningsteknikerna för små avlopp beskrivs i avsnitten (3.4.13.5.1 – 3.5.5) nedan. I Tabell 17 redovisas schablonvärden för reningsgrad för dessa tekniker.

Tabell 17. Schablonvärden för avskiljning i procent av föroreningsbelastning i blandat hushållsspillvatten för olika anläggningar/behandlingskombinationer för små avlopp upp till 200 pe (Olshammar 2018).

Reningstekniker	Reningsgrad %			
	BOD <sub>7</sub>	COD <sub>Cr</sub>	N-tot	P-tot
Slamavskiljare	30±20	20±10	10±5	15±10
Slamavskiljare + infiltration	85±10	90±5	30±10	50±30
Slamavskiljare + infiltration + fosforfällning	90±5	90±5	30±10	85±10
Slamavskiljare + markbädd	85±10	90±5	25±10	40±20
Slamavskiljare + markbädd + fosforfällning	90±5	90±5	30±10	85±10
Minireningsverk	85±5	90±10	40±20	85±10

Förutom de vanligaste reningsteknikerna finns det andra lösningar för behandling av blandat avloppsvatten. Det finns ett flertal lösningar som börjar etablera sig allt mer på marknaden som alternativ eller komplement till det mer konventionella lösningarna för

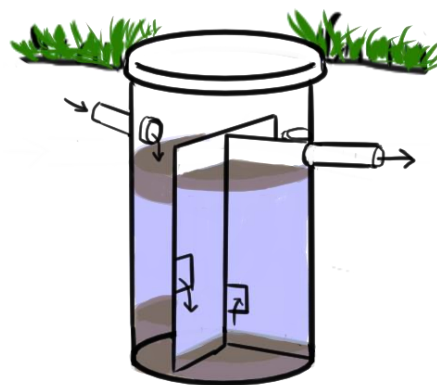
en effektivare rening och högre reducering av förorenande ämnen (Naturvårdsverket 2006c).

### 3.5.1 Förbehandling med slamavskiljare

Slamavskiljning är en förbehandlingsmetod med mekanisk rening av avloppsvatten med syfte att avlägsna partiklar som är svårnedbrytbara såsom syntet, plast eller mineralpartiklar (Palm et al. 2002). I slamavskiljning separeras suspenderat material i vattnet efter partikeldensitet. Tyngre partiklar sedimenterar till botten och lättare partiklar flyter upp till ytan på grund av flotation som sker då de lätta partiklarna fäster sig vid eller runt gasbubblor i vattnet (Svenskt vatten, 2007). Så småningom bildas ett slamlager vid botten (bottenslam) och vid ytan bildas ett flytslam. Processen sker långsamt då partikeldensiteten och vattnets egna specifika vikt inte skiljer sig avsevärt från varandra (Naturvårdsverket, 2008b).

Syftet med att ha en slamavskiljare eller annan förbehandlingsmetod är att underlätta efterföljande behandlingssteg. Det är endast avskiljning och inte någon direkt rening av vattnet som sker, vilket är varför det räknas som en förbehandling och inte som en faktisk reningsteknik (Naturvårdsverket 2006a). Inkommande avloppsvatten från hushåll kan ofta innehålla svårnedbrytbara partiklar som riskerar att sätta igen efterföljande anläggning och är svårt att åtgärda, särskilt för täckta anläggningar. Därför förbättras reningen om någon typ av förbehandling används som avlägsnar dessa partiklar samt utjämnar inkommande flöde. Ofta är slamavskiljning en nödvändighet när andra behandlingstekniker ska tillämpas.

Beroende på avloppet kan en slamavskiljare se olika ut, ha olika funktioner och dimension. Trekammarbrunn (*Figur 3*), är den vanligaste typen av slamavskiljare för blandat hushållspillvatten, där vattnet leds genom tre kammare för separation av partiklarna. För enbart BDT-vatten som kräver en mindre typ av slamavskiljare finns tvåkammerbrunn med endast två kammare. För mindre anläggningar upp till en föroreningsbelastning på 200 pe används ofta slamavskiljare där lagring av slammet ingår. För större anläggningar används kontinuerligt slamuttag till separat slamlager (Naturvårdsverket 1991). Det finns även andra förbehandlingstekniker med kombinerat mekanisk, biologisk och/eller kemisk rening (Palm et al. 2002).



*Figur 3. Överskådlig skiss av en trekammarbrunn, en vanlig typ av slamavskiljare.*

### 3.5.2 Markbaserad rening

Markbaserad rening är ett samlingsnamn för de vanligaste reningsteknikerna för rening av hushållspillvatten från små avlopp, infiltration eller markbädd. Infiltration är den teknik som är den föredragna lösningen, men markbädd förekommer också när förutsättningarna för infiltration inte kan uppnås.

Principen bakom en infiltrationsbädd är att inkommande vatten infiltrerar ner genom de olika befintliga naturliga jordlagren i markprofilen där det utsätts för fysikaliska, kemiska och biologiska processer. Rening ska i huvudsak ske i den översta markhorisonten under icke vattenmättade förhållanden där partiklar och smittoämnen avskiljs genom att vattnet rinner i omättad strömning (genom de mindre porssystemen) vilket möjliggör utveckling av mikroorganismer som får tillgång till luft från de stora (luftfyllda) porerna (Naturvårdsverket 2008b). Denna utveckling bildar en hinna av bakterier, kallad biofilm, biohud eller igenslamningsskikt, på infiltrationsdikets botten. Biofilmen består av tunna skikt av fasta partiklar och mikroorganismer som bildas genom biologisk påväxt från spillvattnet och dess utveckling är beroende på jordpartiklarnas kornstorlek, spillvattnets sammansättning och belastningens kontinuitet. Tjockleken på filmen varierar med typ av jordart, där fina jordar ger en smalare film från cirka 1 cm till cirka 10 cm för sandjordar, vilket också påverkar infiltrationskapaciteten för spillvattnet som blir 10 till 1000 gånger mindre än rent vatten (Naturvårdsverket, 2003). Biofilmen utgör en biologiskt aktiv zon där biologisk rening sker genom att syreförbrukande ämnen i vattnet reduceras och oxideras samt organiskt material bryts ner. Reduktion av organiska ämnen (BOD, COD) och suspenderad substans (SS) är mycket hög och råder icke vattenmättade förhållanden kan reducering av organiskt material ske med en total reduktion på 90 – 95 % mätt som BOD, 80 – 90 % mätt som COD och 75 – 90 % organiskt kol (*Tabell 17*). Allt organiskt material har oftast reducerats helt vid en meters djup under infiltrationsytan (Naturvårdsverket, 2003).

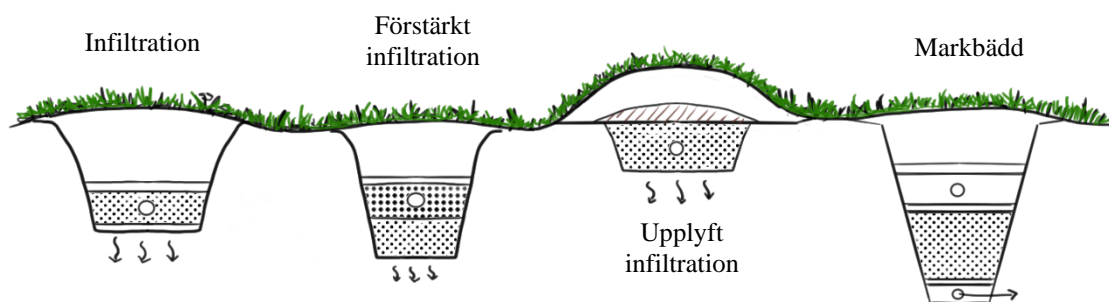
Inbindning av mineraliserad fosfor sker i den omättade zonen genom sorption under eller utanför de biologiskt aktiva områdena och kapaciteten för inbindning beror av jordens kemiska och fysikaliska sammansättning samt jorddjup (Naturvårdsverket 2008b). Cirka 60 – 80 % av fosfor avskiljs ovan grundvattennivån och räknar man in den transport som sker av fosfor i mättad zon är reduktionen nästan fullständig (Naturvårdsverket, 2003). Reducering av kväve sker vid omvandling av ammonium till nitrat genom nitrifikation samt bioupptag av ammonium och reduktion kan ske mellan 20 – 40 %. I den omättade zonen sker även reduktion av bakterier, upp till 99 %. Nedbrytningen förbättras med utvecklingen av biofilmen under infiltrationsytan.

De krav som markprofilen måste uppfylla för en vanlig infiltrationsbädd är rätt kornstorleksfördelning, tillräcklig mäktighet på jordlagret, tillräckligt vertikalt avstånd till grundvattenyta, tillräckligt horisontellt avstånd till vattentäkter och tillräcklig kapacitet hos jordlagret att transportera bort tillfört vatten. Uppfylls inte alla krav kan det finnas andra infiltrationstekniker att använda innan markbädd blir ett alternativ.

Förutom vanlig infiltration finns även förstärkt infiltration, grund infiltration, upplyft infiltration och infiltrationsbrunn, se några exempel i *Figur 4*. Förstärkt infiltration används när kravet för kornstorleksfördelningen inte är uppfyllt, till exempel om det naturliga jordmaterialet är för finkornigt eller grovkornigt (Naturvårdsverket, 2003). Till finkorniga material tillförs ett skikt av grövre material för att öka den hydrauliska kapaciteten då genomsläppligheten är dålig och för grova jordar tillförs ett mer finkornigt material för att hindra att vattnet transporteras vidare för fort och därmed förbättra reningsförmågan. Grund infiltration används när det naturliga jordlagret är tunt eller när kravet på avstånd till grundvattenytan inte uppfylls. Anläggningen liknar en vanlig infiltrationsanläggning men byggs grundare och utnyttjare därmed de övre jordlagren för bättre rening. Oftast tilläggs någon typ av isolering som kan behövas på

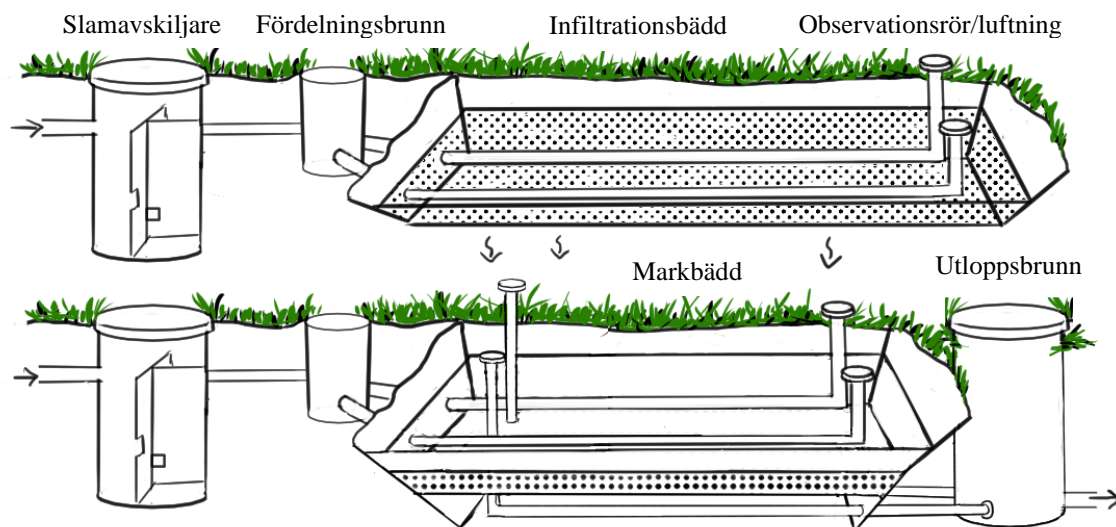
grund av den grunda utformningen. Upplyft infiltration är en annan teknik med samma förutsättningar som för grund infiltration samt när jordarten är mer finkornig. Då höjs infiltrationsanläggningen upp helt eller delvis över marknivån vars jord behandlas genom plöjning av matjorden. Avloppsvattnet pumpas sedan upp och fördelas över en filterbädd med markbäddssand och sipprar sedan ner i jorden (Naturvårdsverket, 2003).

Markbädd är en annan markbaserad lösning som tillämpas när en infiltrationsanläggning inte kan uppföras på platsen på grund av lokala förhållanden och markegenskaper på platsen. Markbädd och infiltration är egentligen ganska lika, se *Figur 4*, men skiljer sig på några avseenden. Istället för att vattnet renas genom att sippra ner genom det befintliga jordlagret använder markbädd ett tillsatt filtreringsmaterial, markbäddssand som ersätter den naturliga markprofilen. Markbäddssand är en grusig sand med en kornstorlek på högst 8 mm och läggs som ett minst 80 cm tjockt lager i bädden. Sandlagret ligger också mellan ett spridningslager och ett dräneringslager som båda består av ett stenmaterial (makadam eller singel) med kornstorlekar mellan 12 till 24 mm eller 16 till 32 mm för spridningslagret och 8 till 16 mm eller 12 till 24 mm för dräneringslagret. Reningen sker sedan på liknande sätt som infiltration, i biofilmen som bildas från den biologiska tillväxten från spillvattnet i den översta markhorisonten av det konstruerade sandmaterialet. Det renade vattnet transporteras sedan helt eller delvis ut genom en utloppsledning istället för att vidare rinna till grundvattnet som det gör i en infiltrationsbädd, se *Figur 4*. Markbädd som lösning medför en begränsad reningsvolym till skillnad från infiltration och reduktion av kväve är närmast obefintlig. I markbäddssanden sker en del fosforreducering, men effektiviteten degraderar med tiden (Naturvårdsverket 2006c).



*Figur 4. Överskådliga skisser för infiltration, förstärkt infiltration, upplyft infiltration och markbädd.*

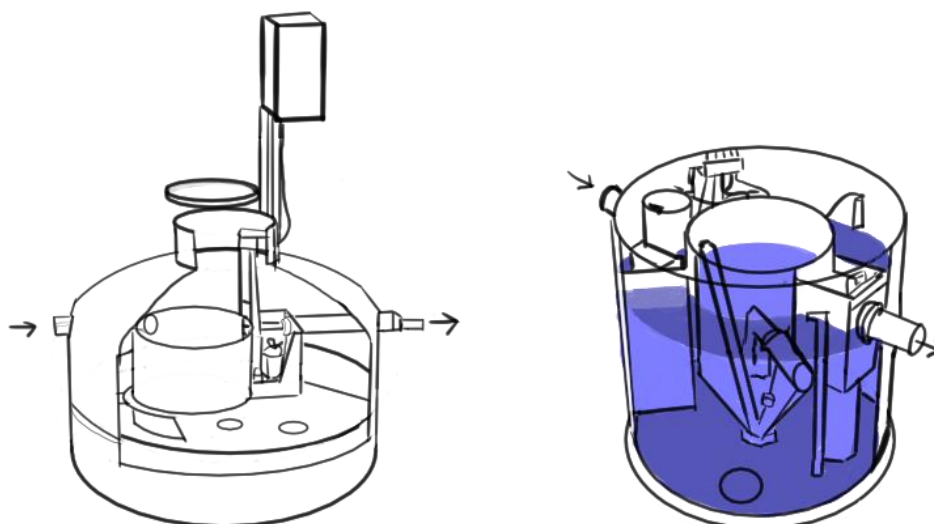
I en komplett infiltrations- eller markbäddsanläggning krävs förbehandling i form av slamavskiljare (se avsnitt 3.5.1 ovan) för att anläggning ska fungera korrekt. För att få en bra behandling krävs också en bra spridning av vattnet på ytan av bädden, se *Figur 5*. Trycksatta infiltrationssystem som använder sig av pumpning kan underlätta spridningen, men en vanlig infiltrationsmetod är självfall som är svårkontrollerad gällande spridning och kompletteras gärna med lösningar för bättre spridning. Spridningsledningar är en metod som uppnår relativ jämn fördelning av spillvattnet med rätt dimensionering. Finns det mer än en spridningsledning anläggs även en fördelningsbrunn. Denna dämpar inkommande vatten och tappas av och fördelas jämt till spridningsledningarna via en fördelningsanordning. Det går även att komplettera en infiltrationsanläggning med artificiella filtermedia eller kompaktfiler för bättre spridning, detta är dock svårare om spridningsledning och fördelningsbrunn redan är anlagt.



Figur 5. Överskådlig skiss hur en infiltrationsanläggning (övre) respektive markbäddsanläggning (nedre) med slamavskiljare, fördelningsbrunn samt två spridningsledningar kan se ut. Markbäddsanläggningen har även två dräneringsledningar med tillhörande utloppsbrunn och utloppsledning.

### 3.5.3 Minireningsverk

Minireningsverk eller prefabricerade avloppsreningstekniker är färdiga små avloppsreningssystem eller teknislösningar som är bruksklara efter installation och har ofta många automatiserade processer för fällning, pumpning och luftning för biologisk och kemisk rening, se Figur 6. Avloppsvattnet behandlas med liknande processer som finns i kommunala reningsverk, men är anpassade för endast en eller några få hushåll beroende på typ och storlek. Den vanligaste typen är både kemisk och biologisk rening, men det finns varianter som enbart har kemisk eller biologisk rening. Processerna reducerar framförallt fosfor och organiskt material, men även kväve kan reduceras i ett minireningsverk. Partikelavskiljning sker genom sedimentering, organiskt material och kväve reduceras genom bakterier eller andra aktiva mikroorganismer i aktivt slam eller biofilm på bärmaterial (Naturvårdsverket, 2008b). Processen bygger på att man skapar lämpliga fasta ytor för mikroorganismerna att växa på i avloppsvattnet som antingen är mobila som passerar genom avloppsvatten (aktivt slamprocess) eller stationära som avloppsvattnet passerar över i mättad eller omättad strömning (biofilm) (Palm et al. 2002). Denna biologiska behandling kan antingen ske kontinuerligt eller satsvis med en bestämd volym i taget, så kallad SBR-teknik (Sequenced Batch Reactor). Utfällning av fosfor och små partiklar kan ske genom kemisk fällning eller biologisk fosforering. (Naturvårdsverket, 2008b)



Figur 6. Exempel på olika minireningsverk, skisserna är baserade på produkterna BAGA Easy Minireningsverk<sup>7</sup> (vänster) respektive 4evergreen Biocleaner Minireningsverk<sup>8</sup> (höger).

Ett minireningsverk kan kompletteras med ytterligare kväverening och slamavskiljning om detta saknas för anläggningen och efterbehandling för ytterligare rening av smittämnen. Särskilt mindre minireningsverk kan vara i behov att detta då det är större risk för variationer i flöden, organiskt material, smittämnen och växtnäring. Skötselbehovet för ett minireningsverk kan också ses som lite större än övriga lösningar vilket är något att ta i hänsyn till vid val av system. (Naturvårdsverket, 2008b)

### 3.5.4 Kompletterande reningstekniker

Är reningen inte tillräckligt tillfredsställande, kan en kompletterande reningsteknik anslutas till anläggningen. Vilken reningsteknik som ansluts beror på vilka ämnen som ytterligare behöver reduceras. Kemisk fällning är en teknik som förutom i minireningsverk kan användas separat som ett komplement till andra reningstekniker. Genom antingen fällningsdammar eller direktdosering av flockningsmedel sker kemisk fällning där flockarna sedan samlas upp i fällningskammare eller slamavskiljare. Fosforsorberande filter är en annan kompletterande rening som använder filtermaterial med fosforsorberande egenskaper som antingen blandas med infiltrationsmaterialen i en infiltrations- eller markbäddsanläggning eller anläggs som ett separat efterbehandlingssteg (Palm et al. 2002).

### 3.5.5 Efterbehandlingstekniker

Avloppsvattnet kan vid behov även genomgå någon typ av efterbehandling för att uppfylla reningskraven. Detta kan vara markbaserade tekniker som redan nämnts samt resorptionsdike, biofilterdike eller översilning som behandlar vattnet med växtupptag och infiltration. Vidare finns det rotzonsanläggningar som liknar bevuxna markbäddar

<sup>7</sup> BAGA (u.å.) BAGA Easy - Smarta svenska patent för din och miljöns skull. Tillgänglig: <https://www.baga.se/baga-easy/>

<sup>8</sup> AB Evergreen Solutions (u.å.) 4evergreen Minireningsverk BC UV. Tillgänglig: <https://www.4evergreen.se/wp-content/uploads/2019/04/4evergreen-minireningsverk-BC-UV.pdf>



som är byggda svagt sluttande och kan ha ett vertikalt, omättat flöde eller horisontellt, mättat flöde av avloppsvatten som renas i bädden. Även här sker reningen i en rotzonsanläggning mer effektivt efter en biologisk behandling av avloppsvattnet (Palm et al. 2002). Våtmarker eller bevuxen damm är ytterligare en reningsteknik som framförallt används som en kompletterande efterbehandling men kan vid tillräcklig stor dimensionering användas som fullständig behandling. I våtmarker bidrar växterna till tillväxten av alger, bakterier och mikrobiell aktivitet som i sin tur bryter ner organiskt material och tar upp närsalter (Avloppsguiden u.å.).

### 3.6 INTERVJU- OCH ENKÄTUNDERSÖKNING

#### 3.6.1 Intervjuer och enkäter från småskaliga processindustrier

Totalt intervjuades sju av de verksamheter som kontaktades, se *Tabell 18*, och de hade olika mycket information att delge. Anledningen var antingen att de inte hade vetskap om den efterfrågade informationen eller att de inte hade möjlighet att dela den typen av information. Liknande gällde för enkäterna.

*Tabell 18* nedan redovisar antal intervjuade samt svarsfrekvens på enkäterna, där flest mejerier svarade i undersökningen och därmed hade högst svarsfrekvens. Sammanlagt från enkäter och med intervjuerna samlades information från 38 småskaliga processindustrier. Mer specifik storlek på processindustrierna hittas i *Tabell 21* i nästa avsnitt (3.6.2).

*Tabell 18. Antal kontaktade verksamheter genom antingen intervju eller enkät. Inkluderad är även svarsfrekvens på enkäterna utifrån antalet utskick via e-post.*

Verksamhet	Antal intervjuade	Antal enkätutskick	Antal enkätsvar	Svarsfrekvens enkäter
Slakteri	1	58	8	13,7 %
Mejeri	3	37	15	40,5 %
Bryggeri	3	37	8	21,6 %
<b>Samtliga</b>	<b>7</b>	<b>132</b>	<b>31</b>	<b>23,5 %</b>

*Figur 7* visar en ungefärlig geografisk representation av de verksamheter som intervjuades eller deltog i enkätundersökningen. Endast småskaliga mejerier representerar verksamheter i norra Sverige.



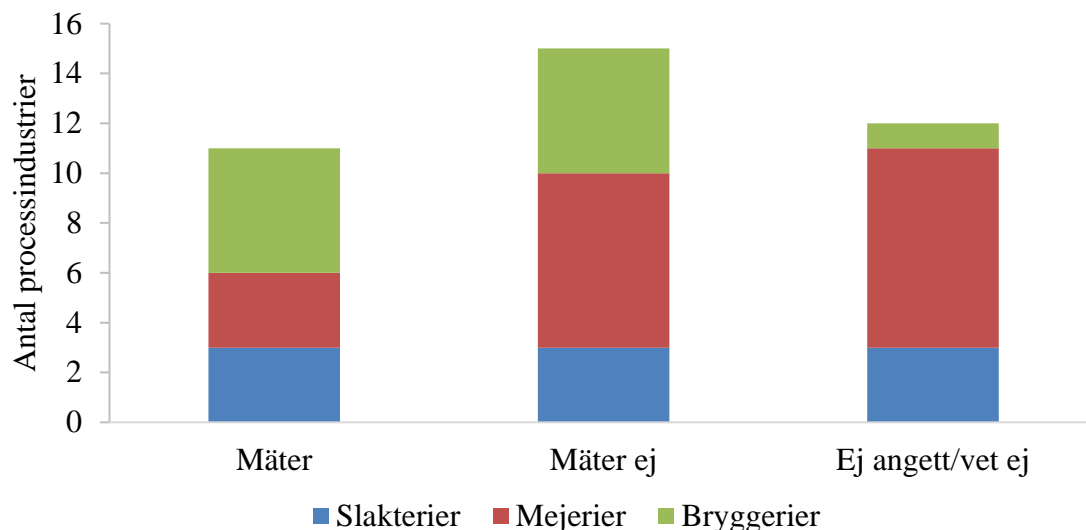


Figur 7. Geografisk fördelning för slakterier, mejerier och bryggerier som intervjuades eller deltog i enkätundersökningen. Röd är slakterier, gul är mejerier och blå är bryggerier. Konstruerad med Google My Maps.

### 3.6.2 Kvalitet på processavloppsvatten från småskaliga processindustrier

Gällande kvaliteten på processavloppsvattnet, tillfrågades industrierna om det hade gjorts analyser på kvalitetsparametrar i det orenade och renad processavloppsvattnet, vilka parametrar analyserna avsåg och vilka resultat de hade fått. Det tillfrågades även om de hade krav på rening av processavloppsvattnet, vilka parametrar det gällde och vilka halter som avsågs för kraven, se intervju- och enkätfrågorna i *Bilaga 1* och *2 i Appendix*.

Svaren från intervjuerna och enkäterna varierade mellan de olika processindustrierna – både inom och mellan de olika typerna av verksamheter. En del angav inget svar alls, antingen på grund av att de inte visste, inte hade möjlighet att delge sådan information, eller inte hade genomfört några analyser/inte hade några krav på processavloppsvattnets kvalitet.



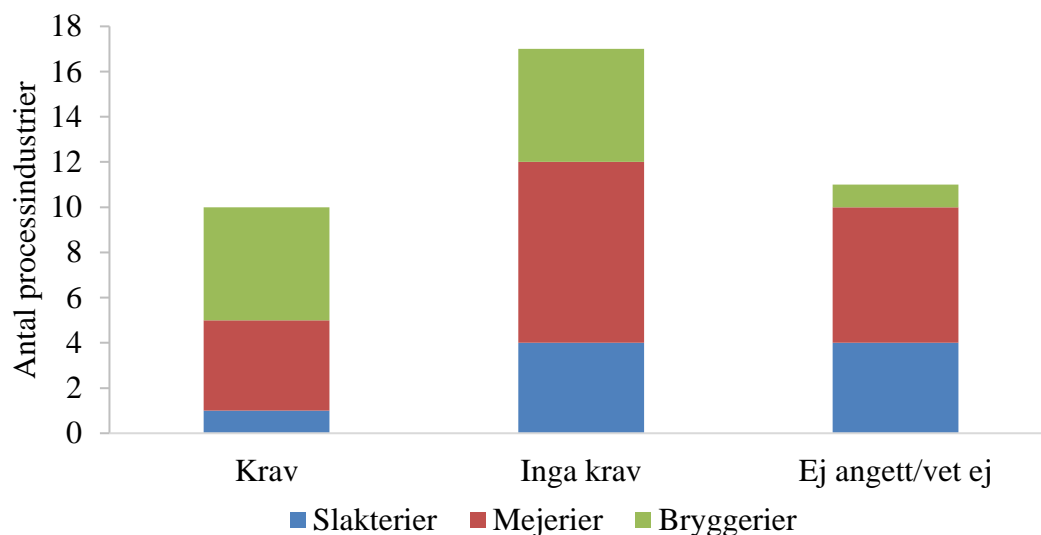
Figur 8. Fördelning över antalet processindustrier (totalt 38) som angett att provtagning av processavloppsvattnets kvalitet sker/har skett, inte skedde eller valt att inte ange/inte visste kvaliteten.

En stor andel av samtliga processindustrier angav att de inte analyserar kvaliteten på sitt avloppsvatten, varken på orenat eller utgående renat avloppsvatten, eller hade tidigare analyserat kvaliteten, se Figur 8. Det var också många som inte angav något angående provtagning eller inte visste om analyser gjorts. Av de som angett att de analyserat kvaliteten var det endast ett fåtal som kunde ange vilka ämnen eller parametrar som avsågs, se Tabell 19 nedan.

Tabell 19. Kvalitetsparametrar som processindustrierna angav att de analyserar.

Processindustri	Kvalitetsparametrar som analyseras av processindustrin
Slakterier	BOD och/eller andra ej specificerade parametrar
Mejerier	BOD, COD, fosfor, pH och/eller andra ej specificerade parametrar <sup>1</sup>
Bryggerier	BOD, COD, SS, Tot-N, Tot-P och/eller pH

<sup>1</sup> Processindustrierna har angett att analys på processavloppsvattnet sker men utan att specificera vilka kvalitetsparametrar som analyseras.



Figur 9. Fördelning gällande vilka typer av processindustrier som angett att de har krav på processavloppsvattenkvalitet eller krav på provtagningskontroll på processavloppsvattnets kvalitet, som inte hade krav eller valde att ej ange/visste ej.

Som syns i Figur 9 var det vanligaste svaret att det inte fanns några specifika krav på processindustrin vad gäller kvalitet eller krav på kontroll av kvalitet eller så var det inte angivet. I Tabell 20 nedan visas vilka krav som angavs för de verksamheter som hade något typ av krav.

Tabell 20. Krav som fanns hos de 10 processindustrier som angett att de har krav på processavloppsvattenkvalitet eller krav på provtagningskontroll på processavloppsvattnets kvalitet.

Processindustri	Typ av krav
Slakterier	Provtagningskrav 2 ggr/år, ej specificerade parametrar <sup>1</sup>
Mejerier	Provtagningskrav på BOD och ej specificerade parametrar <sup>1</sup> Användning av KRAV-godkända rengöringsmedel Gränsvärde på BOD i avloppsvattnet
Bryggerier	Gränsvärde på BOD i avloppsvattnet Gränsvärde på COD i avloppsvattnet Gränsvärde på fosfor i avloppsvattnet Gränsvärde på avloppsvattnets pH

<sup>1</sup> Processindustrierna har angett att provtagning krävs men utan att specificera vilka kvalitetsparametrar kraven gäller.

Då mätdata på avloppsvattnets innehåll saknades, beräknades ett ungefärligt BOD-innehåll i processavloppsvattnet för de processindustrier som medverkade i intervju och enkätundersökning. Beräkningarna gjordes enligt ekvationerna i beräkningsavsnittet (2.3 Beräkningar). Tabell 21 nedan beskriver samtliga beräknade BOD-värden för alla processindustrier som angett sin produktion.

Tabell 21. Beräknade BOD-värden från produktionen, inkluderat omberäkning till pe och storlek på verksamheten.

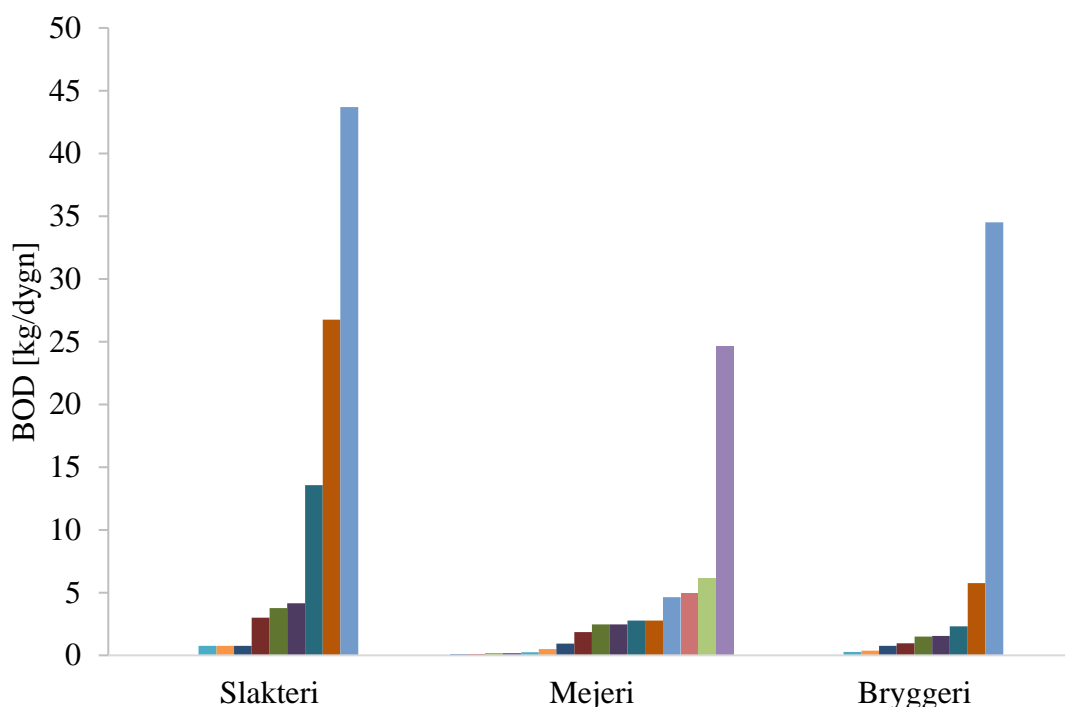
Datanamn	Beräknat BOD i kg/år			Beräknat pe, avrundat			Storlek
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	
Slakteri 1	1512,5	275	2750	59	11	108	Mikro <sup>2</sup>
Slakteri 2	275	50	500	11	2	20	Mikro <sup>1</sup>
Slakteri 3	4950	900	9000	194	35	352	Mikro <sup>2</sup>
Slakteri 4	275	50	500	11	2	20	Mikro <sup>1</sup>
Slakteri 5	9762,5	1775	17 750	382	69	695	Liten <sup>1</sup>
Slakteri 6	1375	250	2500	54	10	98	Mikro <sup>2</sup>
Slakteri 7	1100	200	2000	43	8	78	Mikro <sup>2</sup>
Slakteri 8	275	50	500	11	2	20	Mikro <sup>1</sup>
Slakteri 9	15 950	2900	29 000	624	114	1135	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 1	67,5	15	120	3	1	5	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 2	180	40	320	7	2	13	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 3	1012,5	225	1800	40	9	70	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 4	1800	400	3200	70	16	125	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 5	90	20	160	4	1	6	Mikro <sup>2</sup>
Mejeri 6	337,5	75	600	13	3	23	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 7	9000	2000	16 000	352	78	626	Liten <sup>1</sup>
Mejeri 8	22,5	5	40	1	0	2	Mikro <sup>2</sup>
Mejeri 9	22,5	5	40	1	0	2	Mikro <sup>2</sup>
Mejeri 10	900	200	1600	35	8	63	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 11	2250	500	4000	88	20	157	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 12	1012,5	225	1800	40	9	70	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 13	1687,5	375	3000	66	15	117	Mikro <sup>2</sup>
Mejeri 14	675	150	1200	26	6	47	Mikro <sup>2</sup>
Mejeri 15	56,25	12,5	100	2	0	4	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 16	2 025 000	450 000	3 600 000	79 256	17 613	140 900	Mellan <sup>2</sup>
Mejeri 17	900	200	1600	35	8	63	Mikro <sup>1</sup>
Mejeri 18	okänd	okänd	okänd	okänd	okänd	okänd	Mikro <sup>2</sup>
Bryggeri 1	560	320	800	22	13	31	Mikro <sup>1</sup>
Bryggeri 2	12 600	7200	18 000	493	282	705	Liten <sup>1</sup>
Bryggeri 3	840	480	1200	33	19	47	Mikro <sup>1</sup>
Bryggeri 4	30 800	17 600	44 000	1205	689	1722	Liten <sup>1</sup>
Bryggeri 5	2100	1200	3000	82	47	117	Mikro <sup>1</sup>
Bryggeri 6	350	200	500	14	8	20	Mikro <sup>2</sup>
Bryggeri 7	98	56	140	4	2	5	Mikro <sup>1</sup>
Bryggeri 8	280	160	400	11	6	16	Mikro <sup>1</sup>
Bryggeri 9	546	312	780	21	12	31	Mikro <sup>1</sup>
Brygg. 10	okänd	okänd	okänd	okänd	okänd	okänd	Mellan <sup>1</sup>
Brygg. 11	140	80	200	5	3	8	Mikro <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Enligt EU-definition

<sup>2</sup> Eget antagande

Redovisat i *Tabell 21* är även motsvarande pe-värden för att ge en indikation på dimensionerna av processindustriernas avlopp. Storleken för verksamheten är angiven utifrån EU-definitionen (Kommissionens rekommendation 2003/361/EG av den 6 maj 2003 om definitionen av mikroföretag samt små och medelstora företag) med hjälp av företagsinformation erhållen från allabolag.se eller eget antagande. *Tabell 21* visar att majoriteten av processindustrierna var mikro, några små och två processindustrier klassades som mellanstora.

En visuell representation av medelvärdena i *Tabell 21* ovan visas nedan i *Figur 10*, där siffrorna BOD kg/år har beräknats om till BOD kg/dygn för bättre visualisering och sorterats efter processindustrikategori.



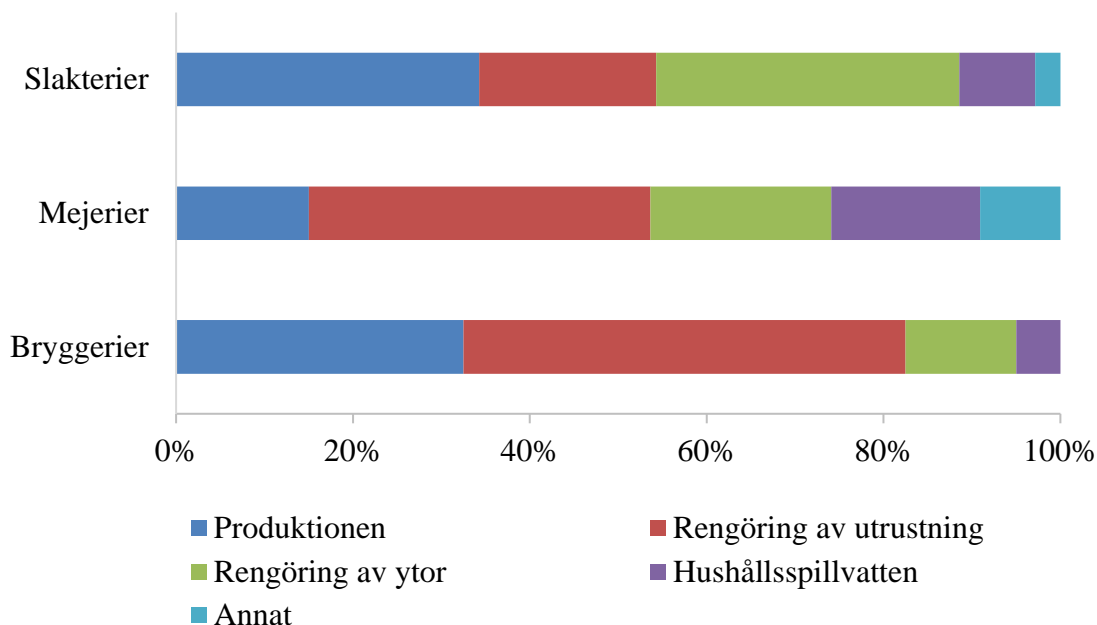
*Figur 10. Beräknat BOD-innehåll i kg/dygn för de olika processindustrierna. Två datapunkter saknas och två outliers (Mejeri: 5548 kg/dygn och Bryggeri: 84 kg/dygn) är inte medtagna i diagrammet.*

Elva av de i studien deltagande processindustrierna hade även angivit den volym av avloppsvatten som uppkom i deras anläggning. Detta jämfördes med motsvarande beräknat BOD-innehåll för dessa processindustrier (*Tabell 21*). Med BOD-mängd och flödesdata kunde motsvarande BOD-koncentrationer beräknas, se *Tabell 22* nedan. Beräkningen gjordes utifrån ekvation (2) i avsnitt 2.3 *Beräkningar*.

*Tabell 22. Flödesintervall för de olika processindustrierna (angivet från 11 processindustrier), samt intervall för BOD-innehåll (38 processindustrier) och beräknat intervall för BOD-koncentration (för de 11 processindustrierna).*

Processindustri	Flöde, m <sup>3</sup> /dygn	BOD-innehåll, g/dygn	BOD-koncentration, mg/l
Slakterier	1,3 – 2	62 – 25 000	370 – 8 000
Mejerier	0,16 – 14	750 – 44 000	150 – 17 000
Bryggerier	0,10 – 16	270 – 35 000	2 100 – 7 000

En ytterligare fråga angående uppkomsten av avloppsvattnet ställdes för att få mer information kring avloppsvattnets innehåll, där processindustrierna fick ange hur stor andel av processavloppsvattnet som uppskattades komma från produktion, rengöring av utrustning, rengöring av ytor, hushållspillvatten respektive annat, se *Figur 11* nedan.



*Figur 11. Ungefärlig fördelning angiven i procent över uppkomstkällorna till processavloppsvattnet från småskaliga processindustrier, sammanställt från 25 processindustriers enkätsvar.*

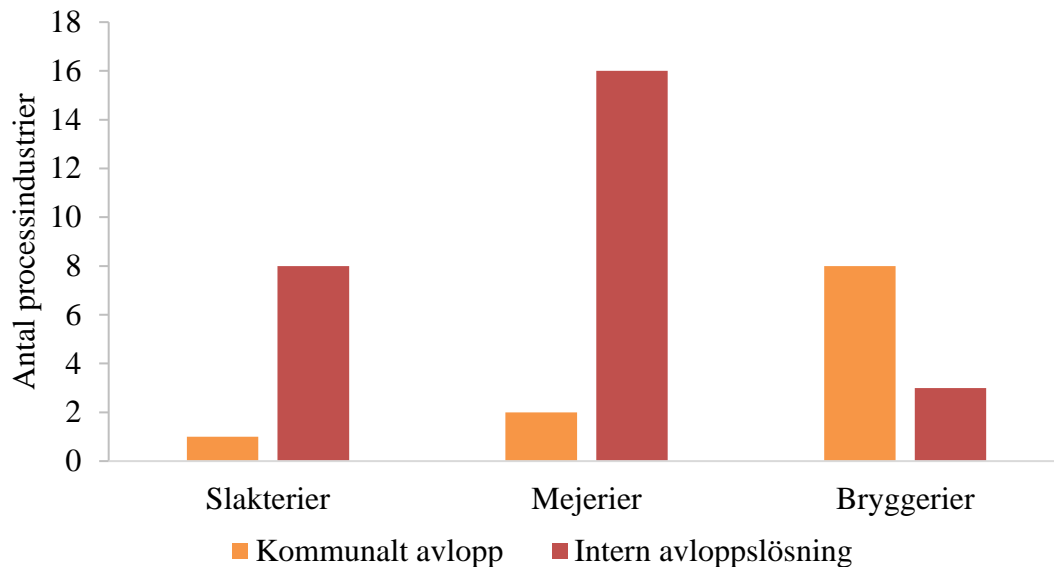
Från *Figur 11* framgår att slakteriernas avloppsvatten främst ansågs uppkomma från själva produktionen och rengöring av ytor och mindre från rengöring av utrustning och det var få som angav att något avloppsvatten var från hushållspillvatten.

Mejerierna angav däremot att mest avloppsvatten uppkom från rengöring och sköljning av utrustning och mindre från rengöring av ytor, själva produktionen och övrigt hushållspillvatten. Många mejerier var även tydliga att de inte släpper ut vassle eller mjölk i sitt avlopp förutom de rester som kan finnas kvar på utrustning.

Bryggerierna var eniga om att avloppsvattnet främst uppkom från rengöring av utrustning och en liten andel från produktionen. Rengöring av ytor stod för en mycket liten andel av bidraget till avloppsvatten och samtliga bryggerier menade att andel hushållspillvatten i avloppsvattnet var förhållandevis obefintlig.

### **3.6.3 Avloppslösning för småskaliga processindustriers processavloppsvatten**

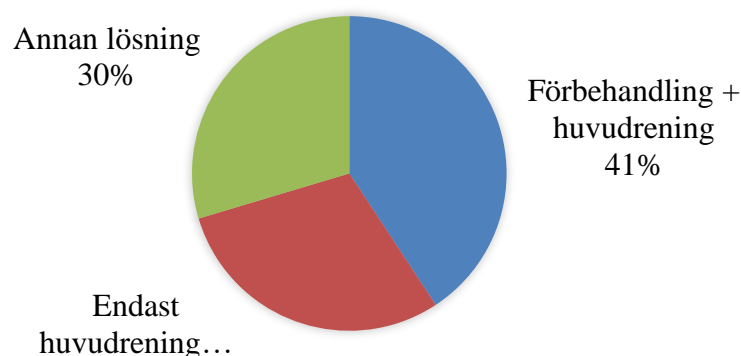
I detta avsnitt redovisas insamlad information om avloppslösningar för slakterier, mejerier och bryggerier från både intervjuer och enkäter. Fullständig tabell för samtliga datapunkter redovisas i Bilaga 4 i Appendix.



Figur 12. Fördelning av avloppslösning för slakterier, mejerier och bryggerier, där Kommunalt avlopp innebär anslutning till kommunalt avloppsledningsnät och Intern avloppslösning innebär någon avloppslösning som inte är anslutning till kommunalt avloppsledningsnät.

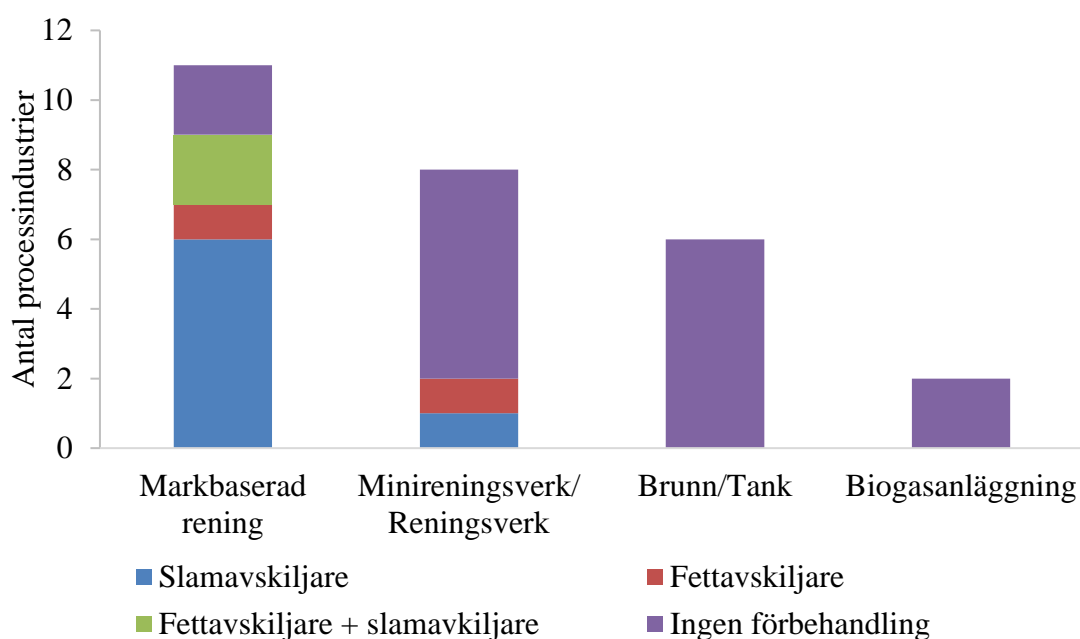
Som visas i Figur 12, var intern lösning den vanligaste avloppslösningen för slakterier och mejerier, medan majoriteten av bryggerierna hade anslutning till kommunalt avloppsledningsnät. Tre av de verksamheter som hade anslutning till kommunalt avloppsledningsnät hade också någon typ av förbehandling. Detta gällde ett mejeri och två bryggerier, där förbehandlingen var fettavskiljare, pH-utjämning respektive fettavskiljare och pH-utjämning kombinerat.

Vidare fanns en annan fördelning av de processindustrier som hade interna avloppslösningar, vilket var totalt 29 processindustrier (Figur 12). Figur 13 beskriver hur stor andel av processindustrierna med intern avloppslösning som hade endast en typ av reningssteg, både förbehandling och någon typ av huvudrening, alternativt en helt annan avloppslösning som inte var rening av avloppsvattnet.



Figur 13. Fördelning av olika typer av avloppslösning av de totalt 29 processindustrierna med interna avloppslösningar. Annan lösning innebär att processindustrierna inte hade direkt rening på plats vid verksamheten.

Av de interna avloppslösningarna som presenteras i *Figur 14* fanns det både avloppslösningar för faktisk rening av processavloppsvattnet på plats med eller utan förbehandling såsom infiltration, markbädd, minireningsverk eller ospecificerade reningsverk (internt reningsverk eller minireningsverk, detta specificerades ej i enkäten), alternativt så användes andra avloppslösningar där avloppsvattnet hanterades på annat sätt än genom någon specifik reningsteknik. Dessa övriga avloppslösningar inkluderade transport eller bortledning av avloppsvattnet innan det behandlas på olika sätt. Brunn/tank inkluderar urin- eller gödselbrunn för utspridning på åkermark samt sluten tank eller vassletank vars innehåll hämtas av myndighet. Biogasanläggning var ytterligare en kategori som innebar uppsamling av processavloppsvattnet i tank eller damm, som sedan hämtades av biogasanläggningen där det används för energiproduktion genom rötning.



*Figur 14. Fördelning av samtliga interna avloppslösningar och reningstekniker, markerade med eller utan olika typer av förbehandling. Brunn/Tank och Biogasanläggning motsvarar "Annan lösning" i Figur 13 och innebär transport eller bortledning av avloppsvattnet till en annan plats (reningen sker ej på verksamhetens område).*

Gällande faktiska reningstekniker som visas i *Figur 14* var infiltration den dominerande huvudreningen och infiltration fanns antingen som ensamstående lösning eller med någon typ av förbehandling. Slamavskiljare i form av trekammarbrunn var den vanligaste förekommande förbehandlingen för den markbaserade reningen (infiltration och markbädd). För infiltration förekom det även en tvåkammarbrunn som typ av slamavskiljare med ytterligare kompletterande sedimenteringsbrunn som förbehandling. Fettavskiljare var ytterligare en förbehandling som förekom även i den interna reningen, antingen som enda förbehandlingsteknik eller i kombination med trekammarbrunn.

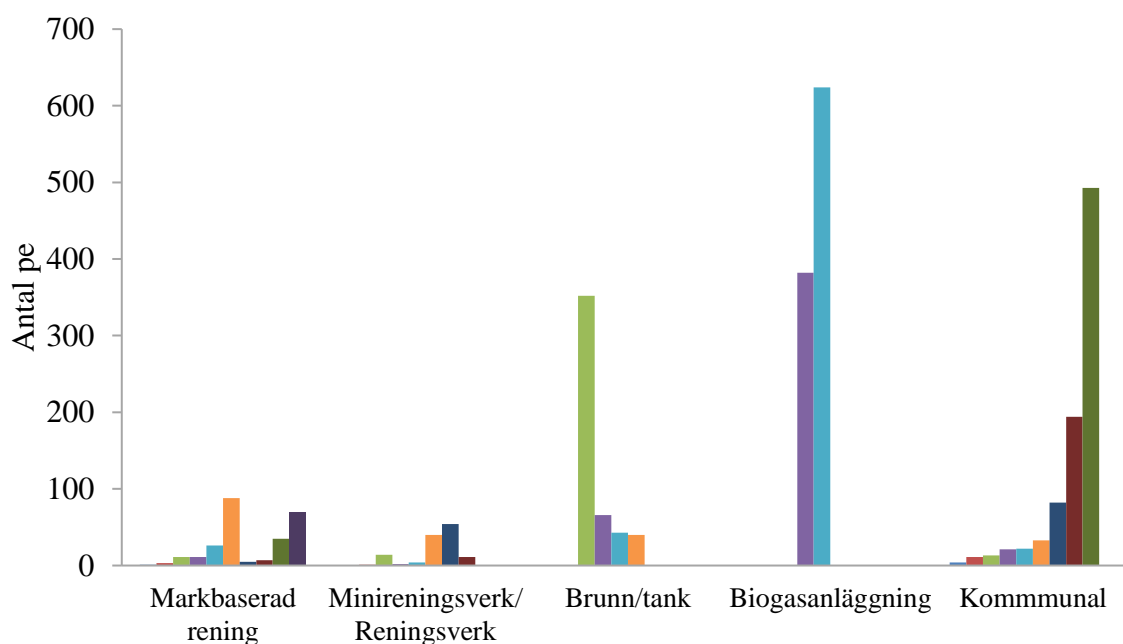
Vidare användes även minireningsverk av olika typer (med fosforrening och sandfilter, utjämnings tank, processtank och efterpoleringsbädd eller ospecificerad rening) och andra reningsverk som också föll in på huvudrening i *Figur 13*. Annat reningsverk (*Figur 14*) syftade till reningsverk som inte angavs som minireningsverk då de antingen



var bioreningsverk eller större reningsverk med kemisk rening, biologisk rening, membranfiltrering samt avvattning av slam.

Slutligen fanns en hel del andra lösningar som inte räknades som huvudrening eller reningsteknik av processavloppsvattnet då lösningen innebar någon form av uppsamling, lagring och sedan transport av avloppsvattnet till en annan plats. Biogasanläggning, Gödsel/Urinbrunn (med utspridning på åkermark) samt Uppsamlingstank räknas som "Annan lösning" i *Figur 13*. Antingen användes det uppsamlade avloppsvattnet till produktion av biogas, blandades med gödsel och spreds ut på åkermark, eller omhändertogs av myndighet eller kommun. Sistnämnda räknades trots kommunala tjänster som intern lösning då kommunalt avlopp räknades till att hela avloppet var anslutet till det kommunala avloppsledningsnätet.

Hur teknikerna och avloppslösningarna är fördelade utifrån industrins uppskattade avloppsdimension i pe presenteras nedan i *Figur 15*. Diagrammet visar antalet personekvivalenter som beräknats från uppskattat BOD-innehåll i processavloppsvattnet utifrån varje industris produktion, se *Tabell 21* i ovanstående avsnitt (3.6.2) och beräkningsavsnittet (2.3) för de ekvationer som använts. För samtliga angivna avloppslösningar för varje processindustri, se *Tabell 23* i Bilaga 4 i Appendix.



*Figur 15. Beräknade antal personekvivalenter och motsvarande intern avloppslösning (34 datapunkter). 2 värden saknas och 2 outliers med värde 1205 pe (reningsverk) och 79256 pe (kommunal lösning) togs inte med i detta diagram.*

I *Figur 15* är det tydligt att den markbaserade reningen inte överstiger verksamheter uppskattade till 100 pe. Liknande gäller för minireningsverk, bortsett från outliern på 1205 pe som tillhör reningsverk som reningsteknik. Övriga lösningar varierar kraftigt i dimension förutom de två verksamheterna som har specifikt biogasanläggning som lösning, där båda anläggningar är mellan 350 och 650 pe. Kommunal rening varierar från 1 pe till strax under 500 pe, om inte outliern på 79 256 pe räknas med.

### 3.6.4 Intervjuer från tillverkare för små avloppstekniker

Tre representanter från tre olika tillverkare av utrustning för små avlopp intervjuades, två via e-post och en deltog i en direkt intervju. Tillverkningsföretagen var Tranås Cementvarufabrik, BAGA Water Technology AB och Uponor.

Tranås och BAGA angav att de till viss del har avloppslösningar eller delar av avloppslösningar för vissa små processindustrier, men har inte lösningar för alla typer av processindustrier. Uponor har inte i dagsläget några speciella lösningar anpassade för småskaliga processindustrier över huvud taget.

Lösningar och produkter som angavs anpassade för småskaliga processindustrier var:

- BAGA Marin, för rening av tvättvatten från båtbottnentvättar som bestod av slamavskiljning, flockning och kolfilter. Metoden beskrevs ge god reduktion för tungmetaller vilket även är applicerbart för andra industriella verksamheter med detta behov av rening. Det specificerades inte vilken avloppsdimension denna lösning passade bäst för.
- pH-justeringar till mejerier (som förbehandling, ej huvudrening)
- WSB Clean (50 PE och 20 PE) för gårdsbryggerier. Fullbiologiskt/kemiskt reningsverk som använder Moving bed biofilm reactor (MBBR).
- WSB Clean (MBBR) för reducering av organiskt material. Dimensionering möjlig mellan 5 och 5000 pe.
- Buffersystem som en dellösning för flödesutjämning. Intressant för mindre verksamheter där en större sluten tank lagrar processavloppsvatten som uppkommer under de dagar som verksamheten är i drift. Sedan portioneras processavloppsvattnet ut det över hela veckan för optimal drift i ett mindre dimensionerat reningsverk än vad som skulle krävts om man endast dimensionerat reningsverket efter dygnsflöden från när verksamheten var i drift.
- Tvätthallar, mekanisk bearbetning.
- Minireningsverk, olika typer och dimensioner, skulle troligen fungera för småskaliga processindustrier och fungera för varierande avloppsbelastning.
- Olje- och fettavskiljare för småskaliga livsmedelsverksamheter, maxkapacitet beror på modell.

Gällande vilka typer av processindustrier och dimension av processavloppet som avloppslösningarna eller teknikerna gällde för angavs det att det varierade. Det kunde variera allt ifrån högtryckstvättar till mejerier med stora processavloppsvattenflöden. Till exempel var pH-justering något som levererats just till mejerier. En tillverkare angav att avloppsvatten från gårdsslakterier, -mejerier och -bryggerier samtliga borde vara tillämpliga för de tekniker som angivits ovan, framförallt på grund av det höga BOD-innehållet som samtliga processindustrier har gemensamt. Lösningarna kan dimensioneras alltifrån 5 till 5000 pe.

Tillverkarna angav också orsakerna och utmaningarna till varför de inte kunde erbjuda avloppslösningar för olika processindustriers processavlopp:

- Prioritet på rening av hushållspillvatten, som har ett ”hyfsat” känt kvalitetsinnehåll (som inte påverkar reningsprocessen nämnvärt) med avseende på
  - BOD-, fosfor- och kvävekoncentration
  - pH, alkalinitet och hårdhet
- Resursprioritering. Industrianläggningar är väldigt resurskrävande på grund av att
  - Förutsättningar nog måste utvärderas då de varierar mycket
  - Lösningen måste anpassas för varje enskilt fall
  - Industriprojekt medför en större risk i förhållande till vinst, ekonomiskt och resursmässigt
  - Svårt att bemanna det området då industriprojekt inte är jämnt inkommande

Gällande utvidgning av verksamheten att börja erbjuda avloppslösningar för processavloppsvatten angavs att:

- Intresse finns
- Leverera en del av en anläggning som till exempel en avskiljare, kan minska resursåtgång och risk. Man får dock inte lika stor inkomst som när man kan leverera en fullständig lösning.
- Skulle krävas en ny organisation för processindustriområdet
- Beror på applikation och den arbetsinsats som krävs.

Kring framtidsutsikterna för att tekniklösningar för små avlopp ska kunna användas för rening av processavloppsvatten angavs att det främst är småskaliga slakterier, mejerier och bryggerier som kommer att kunna använda tekniken om avloppsinnehållet är mer känt. Det är även viktigt att poängtera att ingen teknik egentligen är specifik för små avlopp. Oftast handlar det om att teknikerna för små avlopp innebär enklare och billigare lösningar med mindre övervakning, jämfört med större avloppsreningsverk. Vissa processavlopp går att rena med liknande tekniker som för små avlopp, dock ofta med annan dimensionering, medan andra kräver helt andra lösningar som inte är vanliga för små avloppsanläggningar. Det är egentligen inte mycket som hindrar att ha små avloppslösningar till rening av processavloppsvatten. Det som avgör är vilka resurser som finns. Sammanfattningsvis kan man säga att så länge det finns en bra förbehandling så borde det vara möjligt att använda befintliga reningstekniker för små avlopp även för processindustrin, samt att tillverkarna ser att det finns möjlighet att utveckla befintliga tekniker till att fungera för flera typer av processindustrier och att det kommer att bli vanligare.

## 4 DISKUSSION

### 4.1 AVLOPPSVATTEN FRÅN SMÅSKALIG PROCESSINDUSTRI

Ett stort fokus i projektet var att undersöka kvaliteten på processavloppsvatten för respektive småskalig processindustri; småskaliga slakterier, mejerier och bryggerier. Att avgöra kvaliteten på processavloppsvattnet har syftats till att redovisa processavloppsvattnets fysikalisk-kemiska egenskaper för olika processindustrier med avseende på de parametrar som är prioriterade att rena för den typen av processindustri. Nästa steg var att undersöka om det finns någon teknik för små avlopp som skulle kunna tillämpas för rening av processavloppsvattnet.

Litteratur, lagkrav och riktlinjer samt tillverkare av tekniker för små avlopp anger alla samma typ av parametrar som är typiskt prioriterade att rena för slakterier, mejerier och bryggerier. Organiska föreningar som mäts som BOD och COD är något som måste prioriteras när det gäller avloppsrening från småskalig processindustri. Slakterier, mejerier och bryggerier är alla livsmedelsverksamheter och gemensamt för dessa industrier är högt innehåll av organiskt material och suspenderande ämnen. För bryggerier är även pH en viktig faktor att kontrollera, samt kväve och fosfor för slakterier och mejerier.

Av de processindustrier som deltog i undersökningen var det endast ett fåtal, elva av totalt 38 stycken, som angav att de kontrollerar sitt processavloppsvatten genom provtagning. Vidare var det endast tre bryggerier som kunde delge mätresultat. Detta är inte tillräckligt för att kunna dra någon konkret slutsats kring processavloppsvattnets kvalitet från de olika processindustrierna generellt. De uppskattade dimensionerna på de 38 processindustriernas processavloppsvatten är alla under 200 pe, många under 25 pe och några under 5 pe (Figur 15). Enligt lag har avloppsanläggningar dimensionerade större än 200 pe krav på provtagning av COD<sub>Cr</sub>, BOD<sub>7</sub>, N-tot och P-tot (Palmér Rivera 2006) medan små avloppsanläggningar mindre än 200 pe endast har hänsynsregler att förhålla sig till om de inte är anslutna till kommunalt avloppsnät och har krav från huvudmannen. Därför är det inte förvånande att provtagning på processavloppsvattnet inte görs, då de inte omfattas av lagen utan endast av hänsynsregler.

Brist på data kan även ha påverkats av hur enkäten var utformad. Många frågor var inte obligatoriska att svara på och formuleringen av frågan gällande avloppsinnehåll kan ha uppfattats som otydlig, se Bilaga 2 i Appendix. Det kan ha varit en av anledningarna till att många processindustrier angav *att* det skedde provtagningar men utelämnade vilka kvalitetsparametrar som avsågs eller mätresultat över dessa. Vidare kunde även utelämnning av svar bero på känsligheten av datainformation som med stor sannolikhet inte fick delas utanför företaget. Större möjlighet till intervjuer och studiebesök, som dessvärre begränsades till följd av rådande samhällssituation, hade troligen underlättat att erhålla denna information.

Uppskattning på processavloppsvattnets innehåll gjordes istället genom beräkningar utifrån schablonvärden för varje typ av industri och industrins produktionsmängder. Detta gav dock endast värden för BOD-belastning och inga andra belastningsparametrar då det inte fanns schablonvärden för dessa i samma litteraturkälla. Eftersom BOD är ett mått för innehåll av organiskt material och denna parameter återkom som en prioriterad

parameter att rena för både slakterier, mejerier och bryggerier ansågs BOD som en tillräcklig intressant parameter att redovisa.

Viktigt att notera i beräkningarna för BOD-belastningen i avloppsvattnet är att det gjordes ett flertal antaganden. För slakterier fick uppskattningar göras för de olika typer av slaktdjur som inte fanns med i livsmedelsverkets lista (*Tabell 4*), där okända slaktdjur tilldelades vad som ansågs vara en lämplig motsvarighet i slaktenheter. För mejerier togs det också endast hänsyn till om de olika mejerierna hade någon typ av ostproduktion över huvud taget och angavs därefter motsvarande BOD-uppskattning för generell ostproduktion. Detta är egentligen ingen optimal avrundning då BOD-belastning beror på vilken typ av ost som produceras samt hur mycket av den totala produktionen som motsvarar ost. I en intervju med ett mejeri vars främsta produktion är mozzarella, angavs det att det är väldigt orimligt att titta på en industris produktion för att få en uppfattning av kvaliteten på avloppsvattnet, då det går åt betydligt mer vatten att producera mozzarella än hårdost, vilket är viktigt att ta i hänsyn till generellt.

Beräkningsresultaten ska därmed ses som grova uppskattningar och är redovisade för att ge en grov och generell bild. Eftersom schablonvärdena också är hämtade från samma referens anses de vara adekvata för jämförelse mellan slakterier, mejerier och bryggerier. Det som skulle krävts för att få en adekvat indikation på den faktiska kvaliteten skulle vara att mäta det genom provtagning.

Givet osäkerheterna ger resultatet från beräkningarna för uppskattning av BOD-innehåll och BOD-koncentration, *Tabell 21*, ändå en indikation på generell BOD-belastning. Där kan det noteras att intervallen för BOD-koncentration är relativt överensstämmande med litteraturen, se litteraturvärden i *Tabell 9–11*. Intervallen för de undersökta industrierna verkar generellt vara större jämfört med litteraturen. Den egentliga slutsats som kan dras utifrån detta är främst att BOD-koncentrationerna varierar kraftigt inom varje kategori av småskalig processindustri (inom slakterier, mejerier respektive bryggerier) då intervallen är stora, samt att det även varierar relativt mycket mellan olika typer av småskaliga processindustrier.

## **4.2 AVLOPPSLÖSNINGAR FÖR SMÅSKALIGA PROCESSINDUSTRIER**

### **4.2.1 Intervju- och enkätundersökning**

Intervju- och enkätundersökningen gav en bra representation av vilka avloppslösningar som används av slakterier, mejerier och bryggerier då samtliga verksamheter som ingick i undersökningen svarade i någon form vilken typ av avloppslösning som de använder.

Nästan tre fjärdedelar (27 av totalt 38) av undersökta verksamheterna angav att de har någon typ av intern avloppslösning. Av de interna avloppslösningarna består majoriteten (70 %) av någon slags reningsteknik på plats i form av reningsverk, minireningsverk eller markbaserad avloppsreningsteknik (med eller utan förbehandling). Gemensamt för dessa lösningar var att uppskattade dimensioner för processavloppet inte översteg 100 pe (förutom outliern 1205 pe) vilket är under gränsen för små avlopp på 200 pe. Outliern 1205 pe motsvarar dessutom ett reningsverk, vilket inte nödvändigtvis innebär en liten avloppslösning. I diagrammet valdes minireningsverk och reningsverk att slås ihop till samma kategori då reningen involverar samma sorts processer och vad som inkluderas i begreppet minireningsverk

inte är helt tydligt. Reningstekniker för små avlopp verkar alltså redan användas för processindustrier vars processavlopp är dimensionerade för under 100 pe.

Övriga avloppslösningar (11 av totalt 38) inkluderar transport eller bortledning av avloppsvattnet innan det behandlas på olika sätt, och motsvarande processindustrier har varierande dimensionering i pe. Brunn/tank som är en kategori inkluderande gödselbrunn för utspridning på åkermark och sluten tank vars innehåll hämtas av myndighet, har både dimensioneringar under 100 pe (gödsel/urinbrunn och sluten tank) och över 300 pe (gödselbrunn). Denna lösning kräver en hög kännedom av kvaliteten på avloppsvattnet.

Slutligen angav två slakterier att deras interna avloppslösning inkluderade transport till biogasanläggning. Båda dessa slakterier beräknades ha en större pe-dimensionering än övriga med intern avloppslösning vilket troligen är anledningen till biogasanläggning var en möjlig lösning. Biogasanläggningen som tar emot avloppsvatten från ett slakteri omvandlar det till energi, ju högre organisk belastning desto mer gynnsamt för anläggningen. Biogasanläggning som lösning är kostsam men fortfarande mer ekonomiskt hållbar än anslutning till kommunalt avloppsnät, då extra kostnader tillkommer för omhändertagande av processavloppsvattnet. Dessutom kan biogasanläggningen ta hand om den bloduppsamling som separerats tidigt i slakteriprocessen från övrigt avlopp och lagras i separat tank.

Processindustrier med anslutning till kommunalt avlopp (strax över en fjärdedel av de undersökta processindustrierna) har också stor variation i pe-dimensionering på processavloppet. Storleken på industrin med avseende på dimensionering i antalet pe verkar därför inte vara den avgörande faktorn till att ha kommunal anslutning. Sett till typer av industrier är det övervägande bryggerier som har kommunal anslutning och de är heller inte signifikant mindre i pe-belastning än övriga processindustrier.

Det som kan förklara resultaten till varför bryggerier väljer eller råkar ha anslutning till kommunalt avloppsnät kan vara geografisk placering av bryggerierna. I undersökningen med intervjuer och enkäter för småskaliga bryggerier var det en del som nämnde att deras verksamhet är lokal och kopplad till restauranger, pubar, krogar eller andra serveringar som inkluderar deras produkter. Vissa bryggerier angav att deras verksamhet är begränsad till en specifik serveringslokal vilket tyder på att verksamheterna bör vara lättillgängliga för allmänheten, som en stad till exempel. Där är det mer troligt att det kommunala avloppsnätet finns lättillgängligt, vilket förklarar att flera bryggerier har kommunal anslutning.

Kvaliteten på avloppsvattnet med avseende på andra parametrar skulle även kunna påverka val av avloppslösning, men vad som skiljer bryggeriers processavloppsvatten från slakterier och mejerier är som nämnt i tidigare avsnitt inte helt tydligt. Sett till litteraturen är kvaliteten gällande de mest prioriterade parametrarna såsom syreförbrukande ämnen, suspenderat material, kväve samt fosfor relativt likartade. Visserligen är pH något som speciellt brukas vilja åtgärdas för just bryggerier, men pH-utjämning förekommer redan separat för några bryggerier som förbehandling innan kommunal rening så pH är troligen inte en tillräcklig motivering för att ha en annan lösning än kommunal anslutning.

## **4.2.2 Litteraturundersökning**

Internationell litteratur anger olika tekniker som inkluderar biologisk rening, kemisk-fysikalisk rening och andra lösningar för återanvändning av processavloppsvatten. Biologisk rening verkar generellt vara vanlig och finns för både slakterier, mejerier och bryggerier med olika tekniker, vilket tyder på att detta är en effektiv reningslösning för dessa typer av processindustrier för organiska och suspenderade ämnen samt kväve. Kemisk-fysikalisk rening förekommer också för reducering av organiska ämnen, näringsämnen och tungmetaller. Det är dock en utmaning att få en representativ bild över vilken typ av teknik som är vanligast eftersom detta kan skilja sig från land till land utifrån vilka gränsvärden och reduktionskrav som efterföljs just i det landet eller regionen.

Litteraturen över svenska processindustriers avloppslösningar är inte överväldigande, endast ett fåtal studier har gjorts som fokuserar på en viss typ av industri (såsom slakteriers, mejeriers respektive bryggeriers) avloppsvattenrening. Anledningen till detta, sett till hur litteraturtillgången presenteras för internationella studier, är troligen att det svenska synsättet på avloppsrening har ett annat perspektiv. Det finns betydligt fler studier som behandlar vilka typer av avloppslösningar som finns gällande avloppets dimension, som till exempel 200 till 2000 pe. Till skillnad från internationella studier som undersökt en viss typ av processindustri, hur avloppsvattnets fysikalisk-kemiska egenskaper karaktäriseras och vilken typ av rening som lämpar sig för just det industriavloppet, tittar svenska studier snarare på olika avloppslösningar för olika avloppsdimensioner.

Detta utgör en utmaning för att porträttera specifika, svenska avloppslösningar för processavloppsvatten som upprepat har andra, högre värden på belastningsparametrar såsom organiskt material/syreförbrukande ämnen än hushållspillvatten. Detta belyser återigen behovet av denna studie då ett perspektiv utifrån själva industrin inte riktigt finns att tillgå i den svenska litteraturen.

## **4.3 SMÅ AVLOPPSTEKNIKER FÖR PROCESSAVLOPPSVATTEN**

Resultatet från litteraturundersökning, intervju- och enkätundersökning av småskaliga processindustrier och tillverkare av reningstekniker för små avlopp påvisade ett antal utmaningar för små avloppstekniker att användas för processavloppsvatten, samtidigt som de intervjuade tillverkarna var överens om att befintliga reningstekniker för små avlopp bör kunna användas även till processavlopp. Dels finns utmaningar med olika egenskaper av processavloppsvattnet, dels finns det utmaningar med resurser och tillgänglighet på marknaden.

### **4.3.1 Utmaningar och lösningar ur ett reningsperspektiv**

Utmaning med egenskaperna av processavloppsvatten kan egentligen sammanfattas som utmaningar med kvaliteten på processavloppsvattnet, alltså vilka ämnen som behöver reduceras och mängden av dessa ämnen, och utmaningar med flödesvariationer och volym processavloppsvatten inkommande till reningssystemet.

De ämnen som är prioriterade att rena för processindustrier är bland annat organiskt material och suspenderade ämnen för både slakterier, mejerier och bryggerier generellt.

Sett till reduktions- och utsläppskrav för kväve och fosfor är även de näringsämnen i behov att renas då koncentrationerna från slakterier, mejerier och bryggerier oftast överskrider gränsvärdet för utsläpp (vilket är 10 alt. 15 mg/l Tot-N (NFS 2016:6) och 1 alt. 2 mg/l Tot-P (91/271/EEG)). En tillverkare som inte erbjuder avloppslösningar för processavloppsvatten menar att den största utmaningen är kvaliteten på processavloppsvattnet, det vill säga att kvaliteten på processavloppsvatten skiljer sig från hushållspillvatten och kan variera stort mellan olika verksamheter. Skillnaden från hushållspillvatten medför ett större reningsbehov och därmed ett större dimensioneringskrav av tekniker för små avlopp för att de ska vara kompatibla att behandla ett avloppsvatten med andra fysikaliskt-kemiska egenskaper såsom högre organisk belastning och näringsinnehåll.

Gällande volymen processavloppsvatten är det även tydligt att det i industrier kan generera betydligt högre flöden (mellan 100 – 14 000 liter/dygn) avloppsvatten än ett vanligt hushåll (700 – 1000 liter/dygn om 1 pe motsvarar 140 – 200 liter/dygn). Samtidigt blir den volymen relativt liten sett till föroreningskoncentrationerna, vilket kräver att avloppslösningen ska kunna ta emot en hög belastning med ett litet flöde. Då kan påkoppling av en annan samfällighet för utspädning av avloppsvattnet vara en lösning, då dimensioneringen görs med avseende på föroreningsbelastningen, för att underlätta reningen. En annan lösning för flödesutjämning och mindre variationer i belastningen är att använda buffertsystem om processindustrin har ett ojämnt flöde. Då kan reningsanläggningen bli mindre belastad om processavloppsvattnet först samlas upp i en tank och portioneras ut jämt under en hel vecka istället för att direkt belasta systemet varje processdag. Detta borde också vara ekonomiskt försvarbart för processindustrin, så att man inte investerar i en större reningsanläggning än vad man egentligen behöver. Därmed skulle buffertsystem kunna möjliggöra att teknik för små avlopp kan användas om det är dimensioneringen som är begränsande.

Intervjuer med tillverkare av reningstekniker för små avlopp angav också att det går att rena vissa typer av processavloppsvatten med liknande tekniker som småskaligt avlopp, men att det ofta kräver en större dimensionering. Om det endast finns små avloppreningslösningar för mindre dimensioner kanske flera lösningar skulle kunna optimera reningen, till exempel att ha två minireningsverk efter eller parallellt med varandra, alternativt använda sig av ett buffertsystem enligt ovan. För att uppnå mindre dimensioner i både belastning av ämnen och flöde skulle det även kunna vara värt att separera eller sortera de olika flödena innan rening och anpassa reningen efter dimensionerna för varje typ av flöde. En sådan separering eller sortering kanske också skulle kunna underlätta valet av teknik för rening av respektive flöde, om det är olika prioriterade parametrar att rena för olika flöden. Det skulle även kunna vara av intresse att undersöka om vissa flöden skulle kunna återanvändas i verksamheten, till exempel som tvättvatten, kylvatten eller spolvatten. Den internationella litteraturen angav ett fåtal studier som studerat återanvändning av slakteriers, mejeriers och bryggeriers avloppsvatten.

Sedan finns även andra lösningar som kan vara kostsamma för små avlopp men resurseffektiva för en industri. En sådan lösning är bevuxen damm eller våtmark, som har hög reningsgrad av både organiskt material och kväve. Lösningen är kostsam och behöver relativt stor yta, men kan vara ett bättre alternativ än att betala avgifter för rening av höga koncentrationer av dessa ämnen för kommunal rening.



### 4.3.2 Utmaningar och lösningar ur ett marknadsperspektiv

Användning av reningstekniker för små avlopp för rening av processavloppsvatten innebär också utmaningar för marknaden, både sett till resurser och tillgänglighet. Det finns utmaningar från tillverkarnas sida gällande möjlighet att tillhandahålla speciella lösningar för processindustrier. Det är varken realistiskt eller ekonomiskt försvarbart att tillverka en sorts produkt som passar endast för en typ av processindustri. Samtidigt kräver avloppslösningar för processindustrier att utredas i varje enskilt fall då processindustriens processavloppsvatten varierar i kvalitet och flöde både mellan olika typer av industrier, mellan samma typ av industri och inom industrin själv.

Det som krävs från tillverkare av tekniker för små avlopp för att verkligen ge möjlighet att tillhandahålla lösningar, är utforma en separat arbetsenhet för att utreda processavloppsvatten från småskaliga processindustrier efter behov. Detta är dock resurskrävande och innebär även en högre osäkerhet för tillverkningsföretagen. Till skillnad från hushållspillvatten och rening av små avlopp, har småskaliga processindustrier en lägre efterfrågan och kräver unika lösningar i varje enskilt fall. Detta gör det svårare att motivera en satsning att lägga arbetsresurser på småskaliga processindustrier. Vidare skulle ett alternativ kunna vara att delar av fullständiga avloppslösningar tillhandahålls av tillverkare av reningstekniker för små avlopp, men även där visar intervjuer med tillverkare att detta inte heller är åtråvärt då detta ger mindre betalt än att försöka hitta en komplett lösning eller fullständigt system.

Intervju- och enkätstudien visade att många av de vanligaste reningsteknikerna som finns för små avlopp, såsom markbaserad rening och minireningsverk, också används av många småskaliga processindustrier. Vidare ingår en del av de reningsprocesser som generellt används för rening av slakterier, mejerier och bryggeriers avloppsvatten, speciellt återfinns detta i vissa minireningsverk (till exempel biologisk rening, anaerob rötning och SBR-teknik) som då borde vara kompatibla för processavloppsvatten.

Gällande dimensioneringen i pe är det tydligt att små avloppslösningar generellt används för processindustriavlopp beräknade till upp till 200 pe. Övriga små avloppstekniker som är mindre vanliga verkar heller inte vara lika väletablerade för småskaliga processindustrier. I intervjuerna med tillverkare av tekniker för små avlopp angavs också att ingen speciell teknik är specifik för små avlopp egentligen, jämfört med större avlopp. Idag tillhandahålls dessutom reningstekniker av tillverkare för små avlopp för verksamheter upp till 5000 pe och det finns också en efterfrågan av avloppslösningar från småskaliga processindustrier. Därför finns ett intresse hos tillverkare att utvidga sin verksamhet för att kunna tillhandahålla detta, men det krävs en avvägning från dessa tillverkningsföretag om processavloppsvatten är ett område som kan utvecklas hos dem.

## 4.4 VIDARE STUDIER

Något som också helt saknas i resultaten är reningseffektivitet av avloppslösningarna och det utgående renade avloppsvattnets kvalitet. Majoriteten av processindustrierna angav att deras rening är tillräcklig och fungerar för dem, men ingen kvalitetsdata kunde erhållas för att stödja detta. Därför är det svårt att uttrycka vilket ytterligare behov som skulle behövas för de undersökta processindustrierna

Då denna rapport främst anger indikationer kring hur processavloppsvatten och avloppslösningar för småskaliga processindustrier ser ut och vilka generella slutsatser som kan dras, skulle en närmare undersökning på kvalitetsinnehållet i form av provtagning och analys av relevanta kvalitetsparametrar behövas. För att få en faktisk representation av kvaliteten på processavloppsvattnet från olika processindustrier och avloppslösningarnas reningseffektivitet krävs utförligare studier i större omfattning som inkluderar provtagningar av de viktigaste parametrarna innan och efter rening och analyser på dessa. Detta skulle ge en välgrundad indikation på kvalitetsinnehåll, reningsbehov och nuvarande tekniklösningar reduceringsgrader samt vilka tekniker som skulle passa för de olika processindustrierna. Det skulle även vara intressant att jämföra andra processindustrier än livsmedelsverksamheter, såsom läkemedelsindustrin och massa- och pappersindustrin för att få en helhetsbild för processindustrier.

Ett sätt att fortsätta denna studie skulle kunna vara att göra en mer omfattande undersökning av olika tillverkare av tekniker för små avlopp för att beskriva hur produktmarknaden ser ut för småskalig processindustri, vilka typer av processindustrier tillverkarna tillhandahåller avloppslösningar för och om det finns några generella slutsatser att dra där.

## 5 SLUTSATS

Gällande kvaliteten på avloppsvattnet kan inga konkreta slutsatser dras utifrån resultatet från intervju- och enkätundersökning för småskaliga processindustrier då datamängden var otillräcklig. Litteraturen anger att kvaliteten på processavloppsvatten skiljer sig från hushållspillvatten med avseende på organiskt material, suspenderade ämnen, näringsinnehåll såsom kväve och fosfor, samt pH. Reduceringskrav, lagar och riktlinjer på utsläpp av avloppsvatten gör att behovet av rening och åtgärder av ovan nämnda parametrar är stort.

Idag tar småskaliga processindustrier hand om sitt avloppsvatten på många olika sätt. Vilken lösning som används anses bero på ett flertal faktorer; storlek på processindustrin, kvaliteten och variation av kvaliteten på processavloppsvattnet, flödesvariationer samt geografisk placering.

Storlek på industrin har en inverkan på vilken intern lösning som används, men avgör inte huruvida anslutning till kommunalt avloppsnät sker. Av de processindustrier som undersöktes som behandlar sitt avloppsvatten internt, är små avloppreningstekniker såsom markbaserad rening och olika typer av minireningsverk vanliga lösningar för de allra minsta processindustrierna (<100 pe). Övriga interna lösningar såsom gödsel-/urinbrunn samt sluten tank förekommer för processindustrier från under 100 pe till 300 pe. Biogasanläggning används för de större anläggningarna (300 – 700 pe), samt egna reningsverk med kemisk rening, biologisk rening, membranfiltrering samt avvattning av slam. Litteraturen anger liknande lösningar för avloppsanläggningar mellan 25 och 2000 pe men specifika lösningar för olika typer av processindustrier går inte att hitta i svensk litteratur. Internationell litteratur anger många olika reningstekniker som används specifikt för slakterier, mejerier och bryggerier vilket inkluderar främst biologisk rening (anaerobiska eller aerobiska processer) men också kemisk-fysikalisk rening och återanvändning av processavloppsvatten.

Studien slår fast att avloppstekniker som idag finns på marknaden för små avlopp för rening av små avlopp kan användas, och används redan, för småskaliga processindustrier. Att endast använda en del för att komplettera övrig rening kan vara en bra lösning, men bedömning av vilken teknik krävs i det enskilda fallet. Ingen speciell reningsteknik finns utvecklad för vissa typer av industrier då verksamheterna kan variera stort i avloppsvatteninnehåll och reningsbehov. Det kvarstår fortfarande en utmaning att utveckla småskaliga processindustrier som ett eget verksamhetsområde hos tillverkare av tekniker för små avlopp för att utvidga avloppstekniker att kunna behandla både små avlopp och småskaliga processavlopp.

## 6 REFERENSER

### 6.1 LAGTEXTER, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER

- NFS 2000:15. *Naturvårdsverkets föreskrifter om genomförande av mätningar och provtagningar i vissa verksamheter*. Naturvårdsverket.
- NFS 2016:6. *Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse*. Naturvårdsverket.
- NFS 2016:8. *Naturvårdsverkets föreskrifter om miljörapportering*. Naturvårdsverket.
- SFS 1998:808. *Miljöbalk*. Miljö- och energidepartementet.
- SFS 1998:899. *Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd*. Miljö- och energidepartementet.
- SFS 1998:901. *Förordning om verksamhetsutövarens egenkontroll*. Miljö- och energidepartementet.
- SFS 1998:905. *Förordning om miljökonsekvensbeskrivningar*. Miljö- och energidepartementet.
- SFS 2006:412. *Lag om allmänna vattentjänster*. Miljö- och energidepartementet.
- SFS 2013:251. *Miljöprövningsförordningen*. Miljö- och energidepartementet
- 2000/60/EG. *Europaparlamentets och rådets direktiv av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område*
- 2003/361/EG. *Kommissionens rekommendation av den 6 maj 2003 om definitionen av mikroföretag samt små och medelstora företag*
- 2006/1907/EG. *Europaparlamentets och rådets förordning av den 18 december 2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (REACH), inrättande av en europeisk kemikaliemyndighet*
- 91/271/EEG. *Rådets direktiv av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse*.

### 6.2 PUBLICERAT MATERIAL

- Avloppsguiden (u.å.) Efterbehandling. Tillgänglig:  
<https://avloppsguiden.se/informationssidor/efterbehandling/> [2020-05-02]
- Aziz, A., Basheer, F., Sengar, A., Irfanullah, Ullah Khan, S., Haq Farooqi, I. 2019. *Biological wastewater treatment (anaerobic-aerobic) technologies for safe discharge of treated slaughterhouse and meat processing wastewater*. Science of the Total Environment Vol. 686, s. 681-708.
- Benfalk, C., Alarik, M., Eriksson, J., Geng, Q., Henriksson, J., Kisekka-Ndawula, P., Lindahl, C., Lindgren, K., Norén, A., Palm, O., Rinman, C. (2007). *Småskalig slakt och förädling*. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI-rapport Lantbruk Industri Nr. 360
- Bustillo-Lecompte, C., Mehrvar, M. (2015). *Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advance*. Journal of Environmental Management Vol. 161, s. 287-302.
- Bustillo-Lecompte, C., Mehrvar, M., Quiñones-Bolaños, E. (2016). *Slaughterhouse Wastewater Characterization and Treatment: An Economic and Public Health Necessity of the Meat Processing Industry in Ontario, Canada*. Earth & Environmental Sciences, GEP Vol 4 Nr.4, s. 175-186. DOI: 10.4236/gep.2016.44021
- Carlgren, F. (2020). *Industriproduktionens sammansättning*. Tillgänglig:  
<https://www.ekonomifakta.se/Fakta/Ekonomi/Produktion-och-Investeringar/Industriproduktionens-sammansattning/> [2020-04-09]
- Carvalho, F., Prazeres, A.R., Rivas, J. (2013). *Cheese whey wastewater: Characterization and treatment*. Science of the Total Environment, Vol. 445-446, s. 385-396.
- Casimir, J., Östlund, J., Holtz, E., Hondo, H., Eliasson, L., Moore, S. (2018). *Småskalighet som ett medel för att bana väg för framtidens livsmedel? Research Institutes of Sweden. RISE Rapport 2018:29*.

- Enitan, A.M., Adeyemo, J., Kumari, S., Swalaha, F.M., Bux, F. (2015). Characterization of Brewery Wastewater composition. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering* Vol. 9, Nr. 9.
- Föreningen Sveriges Oberoende Småbryggerier (u.å.). Branchriktlinjer för Småbryggerier. Livsmedelsverket.
- Gangagni Rao, A., Sasi Kanth Reddy, T., Surya Prakash, S., Vanajakshi, J., Joseph, J., Sarma P.N. (2007). pH regulation of alkaline wastewater with carbon dioxide: A case study of treatment of brewery wastewater in UASB reactor coupled with absorber. *Bioresource Technology* 98 s. 2131–2136
- Gunnarson, Å., Aronsson Forsberg. (2019). Avloppsjuridik i översikt. Havs och Vattenmyndigheten. Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledning/sma-avlopp/provning-av-sma-avlopp/overgripande-fragor/avloppsjuridik-i-oversikt.html> [2020-05-09]
- Gunnarson, Å., Aronsson Forsberg. (2020). Avgränsningar, begrepp, förkortningar och utgångspunkter. Havs och Vattenmyndigheten. Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledning/sma-avlopp/provning-av-sma-avlopp/overgripande-fragor/avgransningar-begrepp-forkortningar-och-utgangspunkter.html> [2020-05-09]
- Jönmark, J., Ullenhag, K. (u.å.). Slakteri- och charkuteriindustri. I: Nationalencyklopedin. Tillgänglig: <https://www-ne-se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/slakteri-och-charkuteriindustri> [2020-02-10]
- Lampi, M., Korsström, E. (2001). Best available techniques (BAT) for the Nordic dairy industry. *TemaNord* 2001:586. Nordic Council of Ministers, Köpenhamn.
- Ledarna (2014). Processindustrin ur ett chefsperspektiv. Ledarna
- Livsmedelsverket (2019). Slakteri eller styckningsanläggning. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/foretag-starta-eller-avveckla/slakteri-eller-styckningsanlaggning/> [2020-01-23]
- Mittal, G.S. (2004). Characterization of the Effluent Wastewater from Abattoirs for Land Application. *Food Reviews International*, Vol. 20, Nr. 3, s. 229-256.
- Nationalencyklopedin (u.å.). Processindustri. Tillgänglig: <https://www-ne-se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/processindustri> (Hämtad 2020-04-09)
- Naturvårdsverket (1991). Rening av hushållsvatten - Infiltrationsanläggningar och markbäddar för fler än 25 personer. *Allmänna råd 91:2*. Solna: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2003). Små avloppsanläggningar - Hushållsvatten från högst 5 hushåll. *Faktablad 8147*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2006a). Tillloppsledning slamavskiljare fördelningsbrunnar. *Faktablad 3*. Stockholm: Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2006b). Infiltrationsanläggningar. *Faktablad 4*. Stockholm: Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2006c). Markbädd. *Faktablad 5*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2007). *Faktablad om avloppsreningsverk 200 – 2 000 pe. Faktablad Nr. 8286*.
- Naturvårdsverket (2008a). Små avloppsanläggningar. Stockholm: Naturvårdsverket. [Handbok 2008:3]
- Naturvårdsverket (2008b). Bilagor till handboken Små avloppsanläggningar. Stockholm: Naturvårdsverket. [Handbok 2008:3]
- Naturvårdsverket (2018). Avloppsvatten. Rening av avloppsvatten i Sverige 2016. Naturvårdsverket Rapport Nr. 8629.
- Naturvårdsverket (2019). Vägledning om Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2016:6) om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse. Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2020). Vägledningar om avlopp. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avlopp/> [2020-02-13]
- Nordlöv, H. (u.å.). Bryggeriteknik. I: Nationalencyklopedin. Tillgänglig: <http://www-ne-se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/bryggeriteknik>. [2020-02-10]
- Olshamar, M. (2018). Utsläpp från små avloppsanläggningar 2017. SMED Rapport 6. IVL Svenska Miljöinstitutet, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.

- Palm O., Malmén L. och Jönsson H., (2002). Robusta uthålliga små avlopp – En kunskapssammanställning. Rapport 5224. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Palmér Rivera, M. (2006). Avloppsanläggningar för 25–2000 pe – En nationell översikt. VA-forskrappport 2006-21. Svenskt Vatten AB.
- Rivas, J., Prazeres, A.R., Carvalho, F., Beltrán, F. (2010). Treatment of cheese whey wastewater: combined coagulation–flocculation and aerobic biodegradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: Vol. 58, s. 7871-7877.
- Sasse, L. (1998) DEWATS - Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries. Bremen Overseas Research and Development Association, Delhi.
- Simate, G.S., Cluett, J., Iyuke, S.E., Musapatika, E.T., Ndlovu, S., Walubita, L.F., Alvarez, A.E. (2011). The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. *Desalination* Vol. 273, s. 235-247.
- Sirianuntapiboon, S., Jeeyachokb, N., & Larplaia, R. (2005). Sequencing batch reactor biofilm system for treatment of milk industry wastewater. *Journal of Environmental Management* Vol. 76, s. 177–183.
- von Sperling, M., de Lemos Chernicharo, C.A., (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions*. Vol. 1. IWA Publishing, London.
- Svenskt Vatten (2007). *Avloppsteknik 2*. Motala: Svenskt Vatten. Publikation U2.
- Svenskt Vatten (2012). *Råd vid mottagande av avloppsvatten från industri och annan verksamhet*. Publikation P9. Svenskt Vatten AB. Stockholm.
- Sveriges Bryggerier (u.å. a). Att tillverka cider. Tillgänglig: <https://sverigesbryggerier.se/vara-drycker/cider/#att-tillverka-cider>. [2020-02-10]
- Sveriges Bryggerier (u.å. b). Vatten. Tillgänglig: <https://sverigesbryggerier.se/vara-drycker/vatten/>. [ 2020-02-10]
- Tariq, M., Ahmad, M., Siddique, S., Waheed, A., Shafiq, T., Khan M.H. (2012) Optimization of Coagulation Process for the Treatment of the Characterized Slaughterhouse Wastewater. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research* Vol. 55, s. 43-48
- VA-guiden (2019). *Produkter för enskilt avlopp*. VA-guiden Version 1:4 2019

## 7 APPENDIX

### BILAGA 1: INTERVJUFRÅGOR SMÅSKALIGA PROCESSINDUSTRIER

Frågorna var semistrukturerade, med stödord, omformuleringar och svarexempel för att underlätta intervjun.

---

Hej, Julia Dahlström heter jag och jag skriver mitt exjobb inom avloppsrening från småskalig processindustri. Jag ringer för att fråga om ni har tid att svara på några frågor gällande er rening från er produktion och avloppsvatten?

1. Berätta lite om er verksamhet!
  2. Vad producerar ni för produkter?
  3. Hur mycket? Årsproduktion? Per dygn? Enhet?
  4. Vilken storlek tycker ni att verksamheten är? Varför då? Vad gör er verksamhet till småskalig? Anställda? Produktion?
  5. Vad har ni för typ av anläggning? Vad gör den? Hur stor är den?
  6. Vad för typ av avloppsvatten uppkommer i er anläggning?
  7. Hur mycket? Flöde, volym?
  8. Har ni olika avloppsströmmar? Vilka då?
  9. Hur skiljs dem åt? Vart åker de?
  10. Renar ni ert avloppsvatten själva, internt, eller har ni kommunalt avlopp? Kanske endast delvis?
  11. Vilka tekniker eller reningssteg/processer ingår i den rening ni har? (Fett/slamavskiljare, annan förbehandling, mekanisk/biologisk/kemisk rening, pH-/flödeutjämning, membranfiltrering, infiltration, sedimentation/flotation?)
  12. Processchema över anläggningen?
  13. Vad renar ni avloppsvattnet från för ämnen? BOD, COD, Suspenderade ämnen, slam, fett, kväve, fosfor? Annat? Varför då?
  14. Har ni några speciella krav på er verksamhet gällande innehållet på ert avloppsvatten? Vilka ämnen/parametrar gäller det? BOD, COD, Suspenderade ämnen, slam, fett, kväve, fosfor, temperatur, pH? Annat? Varför då?
  15. Vet ni hur mycket ert avloppsvatten innehåller av dessa ämnen/parametrar?
  16. Belastning i pe?
  17. Har ni några mätningar gjorda? Kan ni redovisa eller skicka dem till mig?
  18. Hur bra är er rening? Reduktionsförmåga, procent?
  19. Hur rent är ert vatten efter det renas?
  20. Vad händer med vattnet sedan? Används det till något?
  21. Kommunalt avlopps nät? Recipient? Vattendrag, sjö, grundvatten, mark?
  22. Vad tycker du om er rening? Skulle den behöva förbättras eller utvecklas?
  23. Jag kommer undersöka om tekniker för små avlopp kan användas för små processindustrier/livsmedelsverksamheter. Skulle detta vara intressant? Är detta en intressant lösning?
-

## **BILAGA 2: ENKÄTFRÅGOR SMÅSKALIGA PROCESSINDUSTRIER**

Enkäten utformades online i tre versioner i Forms, Office 365, en för respektive typ av processindustri där den enda skillnaden mellan versionerna var fråga 2, som här anges som tre frågor.

---

### Avsnitt 1 – Om verksamheten

**1. Namn på företag: \***

**2. Hur många djur (i slaktenhet och/eller djurslag) slaktar ni per år?**

alt.

**2. Hur många ton invägd mjölk och/eller mejeriprodukt producerar ni per år?**

alt.

**2. Hur många liter dryck producerar ni per år?**

**3. Vad gör er verksamhet till småskalig?**

**4. Vad har ni för avloppslösning? \***

- Enbart kommunalt avlopp
- Enbart egen/intern avloppslösning
- Delvis kommunal, delvis egen rening
- Annat: \_\_\_\_\_

(Om svar Enbart kommunalt avlopp, hoppa till [Avsnitt 3](#))

### Avsnitt 2 - Intern avloppslösning

**5. Vilka reningssteg/tekniker/processer/komponenter ingår i er avloppslösning/anläggning?**

**6. Hur mycket är lösningen dimensionerad för?**

(I t.ex. personekvivalenter/volym avloppsvatten/storlek/area på avloppsanläggningen)

**7. Vart går avloppsvattnet efter denna rening?**

- Det återanvänds i verksamheten (internt)
- Det återanvänds i någon närliggande verksamhet (externt)
- Till vattendrag/sjö/hav
- Till kommunalt avloppsnät
- Till grundvatten
- Annat: \_\_\_\_\_

### Avsnitt 3 – Avloppsvatten

**8. Hur mycket avloppsvatten uppkommer i er anläggning?**



**9. Vad är de främsta avloppskällorna? Hur stor andel avloppsvattnet kan uppskattas komma från...**

	0 %	~20%	~40%	~60%	~80%	~100%	Vet ej
Produktionen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rengöring/sköljning av utrustning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rengöring av ytor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hushållspillvatten (Bad/disk/tvätt/toalett)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Annat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**10. Har ni några speciella krav på er verksamhet gällande innehållet på ert avloppsvatten? Vilka ämnen/parametrar gäller det? Gränsvärden?**

**11. Om ni gjort mätningar på ert avloppsvatten, har ni års- eller dygnsmedelvärden på...**

BOD (mg/l)  
COD (mg/l)  
Suspenderade ämnen (mg/l)  
Tot-N (mg/l) eller kväveföreningar  
Tot-P (mg/l) eller fosforföreningar  
Temperatur  
pH  
Fett  
Slam

**... eller andra parametrar i ert avloppsvatten?**

**12. Vad tycker ni om er rening? Hur miljömässigt eller ekonomiskt hållbar är den? Skulle ni vilja utveckla den?**

---

## **BILAGA 3: INTERVJUFRÅGOR TILLVERKARE**

---

### **1. Har ni avloppslösningar för verksamheter med processavloppsvatten?**

#### **Om JA:**

- a) Hur ser dessa lösningar ut? Vilka tekniker eller produkter används?
- b) Vilka typer/storlekar av verksamheter gäller dessa lösningar för?
- c) Finns det typer av verksamheter som ni inte har avloppslösningar till? Vad beror detta på?
- d) Skulle ni kunna tänka er att utvidga er verksamhet att även kunna tillhandahålla avloppslösningar för dessa typer av verksamheter om era befintliga avloppslösningar kunde kopplas ihop/kompletteras med någon för- eller efterbehandling för processavloppsvattnet?

#### **Om NEJ:**

- a) Vad är anledningen till att ni inte har avloppslösningar för processavloppsvatten?
- b) Skulle ni kunna tänka er att utvidga er verksamhet att även kunna tillhandahålla avloppslösningar för processavloppsvatten om era befintliga avloppslösningar kunde kopplas ihop/kompletteras med någon för- eller efterbehandling?

### **2. Vad tror ni om utsikterna att tekniklösningar för små avlopp skulle kunna användas av småskaliga processindustrier i framtiden? Några speciella typer av processverksamheter?**

### **3. Vilka faktorer utgör utmaningar för tillverkare av små avloppslösningar att även erbjuda avloppslösningar för processavloppsvatten?**

---

## BILAGA 4: DATATABELLER

Tabell 23. Enkät- och intervjuresultat gällande avloppslösningar för samtliga processindustrier. Totalt 38 datapunkter.

<b>Datanamn</b>	<b>Datotyp</b>	<b>Avloppslösn.</b>	<b>Avloppslösning, specificerad</b>
Slakteri 1	Enkät	Intern	Tankar, töms av kommun
Slakteri 2	Enkät	Intern	Reningsverk
Slakteri 3	Enkät	Kommunal	Kommunal
Slakteri 4	Enkät	Intern	Fettavskiljare, Trekammarbrunn, Infiltration
Slakteri 5	Enkät	Intern	Till biogasanläggning
Slakteri 6	Enkät	Intern	Slamavskiljare, Reningsverk, Efterpoleringsbädd
Slakteri 7	Enkät	Intern	Uppsamlingstank, Gödselbrunn BDT till åker
Slakteri 8	Enkät	Intern	Trekammarbrunn
Slakteri 9	Intervju	Intern	Till biogasanläggning
Mejeri 1	Enkät	Intern	Fettavskiljare, Trekammarbrunn, Infiltration
Mejeri 2	Enkät	Intern	Trekammarbrunn, Markbädd
Mejeri 3	Enkät	Intern	Minireningsverk
Mejeri 4	Enkät	Intern	Trekammarbrunn, Markbädd
Mejeri 5	Enkät	Intern	Minireningsverk
Mejeri 6	Enkät	Kommunal	Kommunal
Mejeri 7	Enkät	Intern	Gödselbrunn
Mejeri 8	Enkät	Intern	Bioreningsverk
Mejeri 9	Enkät	Intern	Tvåkammerbrunn, Sedimenteringsbrunn, Infiltration
Mejeri 10	Enkät	Intern	Separat vassletank
Mejeri 11	Enkät	Intern	Trekammarbrunn, Infiltration
Mejeri 12	Enkät	Intern	Urinbrunn (vassle och disk) till åker
Mejeri 13	Enkät	Intern	Gödselbrunn (blandat med gödsel) till åker
Mejeri 14	Enkät	Intern	Trekammarbrunn, Infiltration
Mejeri 15	Enkät	Intern	Fettavskiljare, Minireningsverk
Mejeri 16	Intervju	Kommunal	Fettavskiljare, Kommunal
Mejeri 17	Intervju	Intern	Fettavskiljare, Markbädd
Mejeri 18	Intervju	Intern	Infiltration
Bryggeri 1	Enkät	Kommunal	Kommunal
Bryggeri 2	Enkät	Kommunal	Kommunal
Bryggeri 3	Enkät	Kommunal	Kommunal
Bryggeri 4	Enkät	Intern	Reningsverk
Bryggeri 5	Enkät	Kommunal	pH-justering, Kommunal
Bryggeri 6	Enkät	Intern	Minireningsverk, Efterpoleringsbädd
Bryggeri 7	Enkät	Kommunal	Kommunal
Bryggeri 8	Enkät	Kommunal	Kommunal
Bryggeri 9	Intervju	Kommunal	pH-justering, Fettavskiljare, Kommunal
Bryggeri 10	Intervju	Kommunal	Kommunal
Bryggeri 11	Intervju	Intern	Infiltration