

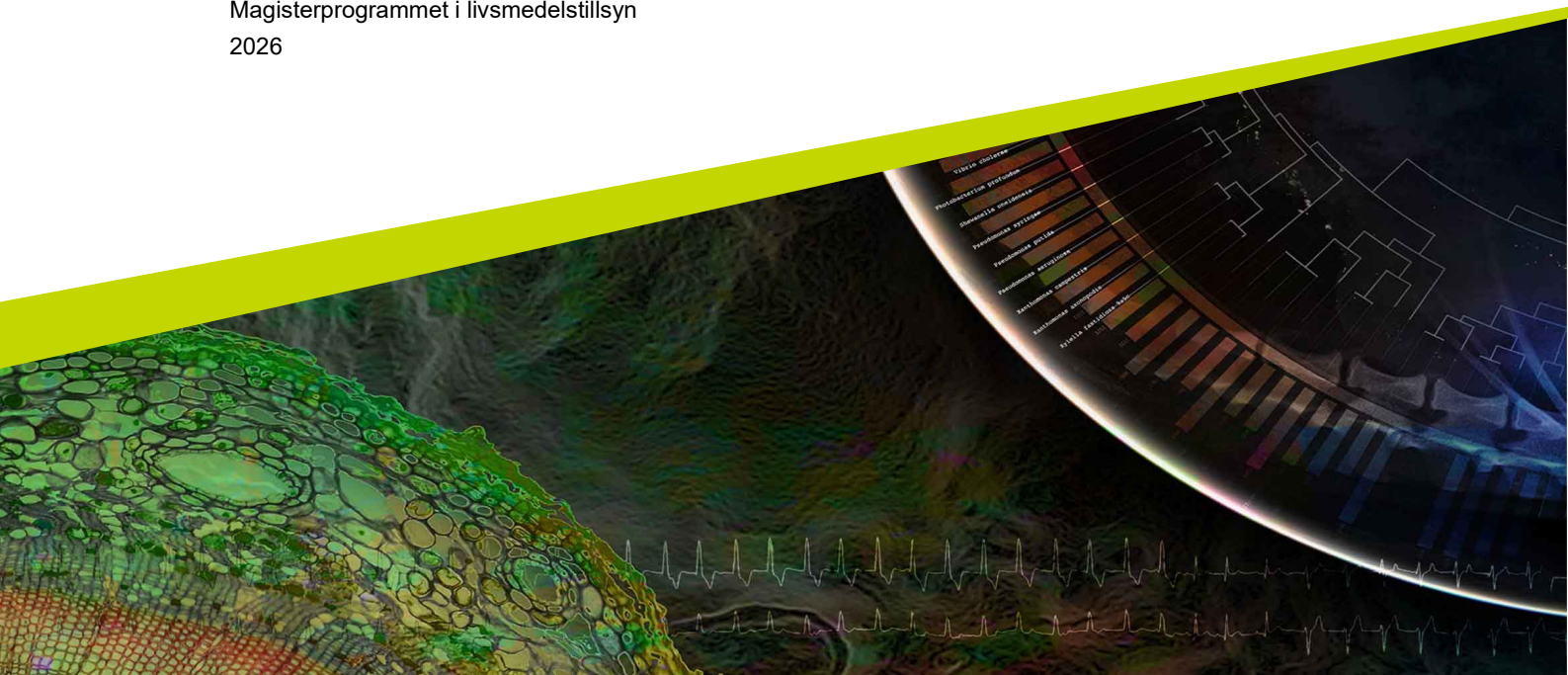


PFAS i animaliska livsmedel från förorenade områden

En litteraturstudie

Maysun Hatem Anad Majhol

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Magisterprogrammet i livsmedelstillsyn
2026



PFAS i animaliska livsmedel från förorenade områden - en litteraturstudie

Maysun Hatem Anad Majhol

Handledare:	Henrik Hansson, SLU, Institutionen för molekylära vetenskaper
Examinator:	Ingrid Strid, SLU, Institutionen för energi och teknik
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå (A1E)
Kurstitel:	Självständigt arbete inom programmet livsmedelstillsyn
Kurskod:	EX1008
Program/utbildning:	Magisterprogrammet i livsmedelstillsyn
Kursansvarig inst.:	Institutionen för energi och teknik
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2026
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)
Delnummer i serien:	2026:22
ISSN:	1654-9392
Nyckelord:	PFAS, livsmedel, exponering, bioackumulering

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakultet för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institution för energi och teknik

Sammanfattning

Detta arbete syftar till att jämföra vetenskaplig litteratur som rapporterar om förekomsten av PFAS i animaliska livsmedel, särskilt från förorenade områden, för att bedöma vilka spridningsvägar som är vanligast förekommande i litteraturen. Med förorenade områden avses platser där mark, vatten eller miljö innehåller förhöjda halter av föroreningar som kan spridas till djur och livsmedel. PFAS är en grupp mycket persistenta kemikalier som sprids i miljön och kan bioackumuleras i både djur och människor. Genom att analysera tidigare studier och vetenskapliga data belyser arbetet hur PFAS transporteras från miljön till livsmedel och vidare till människan via kosten.

Resultaten visar att förorenat foder och dricksvatten är de spridningsvägar som oftast beskrivs i de analyserade studierna. Förorenad jord kan också bidra till exponeringen, särskilt i produktionssystem där djuren har direkt kontakt med marken. De analyserade studierna visar även att PFAS förekommer i flera animaliska livsmedel. Höga halter eller hög ackumulering rapporterades framför allt för ägg och lever, medan mjölk generellt uppvisade lägre halter. PFOS var en av de PFAS-föreningar som återkommande rapporterades i samband med bioackumulering och överföring till animaliska livsmedel.

Sammantaget visar litteraturstudien att spridningen av PFAS till animaliska livsmedel påverkas av både exponeringsväg, PFAS-förening, djurslag och produktionssystem. Resultaten understryker betydelsen av att övervaka foder, dricksvatten och animaliska livsmedel i PFAS-förorenade områden.

Nyckelord: PFAS, livsmedel, exponering, bioackumulering, hälsorisker

Abstract

This study aims to compare scientific literature reporting on the occurrence of PFAS in animal-derived food products, particularly those originating from contaminated areas, in order to identify the most commonly reported exposure pathways in the literature and determine which animal-derived food products are

reported to contain the highest concentrations of PFAS. Contaminated areas refer to locations where soil, water, or the environment contains elevated levels of pollutants that may be transferred to animals and food products. PFAS are a group of highly persistent environmental contaminants that can accumulate in both animals and humans over time. Through a literature-based approach, this work examines how PFAS are released into the environment, transported through ecosystems, and ultimately enter the human food chain.

The results show that contaminated feed and drinking water are the exposure pathways most frequently described in the analyzed studies. Contaminated soil may also contribute to exposure, particularly in production systems where animals have direct contact with the ground. The analyzed studies also show that PFAS occur in several animal-derived foods. High concentrations or high levels of accumulation were reported particularly in eggs and liver, whereas milk generally showed lower concentrations. PFOS was one of the PFAS compounds repeatedly reported in relation to bioaccumulation and transfer to animal-derived foods.

Overall, the literature review shows that the transfer of PFAS to animal-derived foods is influenced by the exposure pathway, the specific PFAS compound, animal species, and production system. The results highlight the importance of monitoring feed, drinking water, and animal-derived foods in PFAS-contaminated areas.

Keywords: PFAS, food contamination, exposure, bioaccumulation, human health

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	8
Förkortningar	9
1 – Introduktion	10
2 – Syfte	12
3 – Frågeställningar	12
4 – Metod	12
4.1 Studiedesign	12
4.2 Litteratursökning	12
4.3 Urval av studie	13
4.4 Inklusions- och exklusionskriterier	14
4.5 Dataanalys	15
4.6 Användning av AI	15
5 - Resultat	15
5.1 Vilka spridningsvägar för PFAS	15
5.1.1 Hallberg et al. (2025)	15
5.1.2 Nyström-Kandola et al. (2023).	16
5.1.3 Vestergren et al. (2013)	17
5.1.4 Bonato et al., (2025)	18
5.2 Vilka animaliska livsmedel rapporteras innehålla de högsta halterna PFAS?	19
5.2.1 Hallberg et al. (2025).	19
5.2.2 Nyström-Kandola et al. (2023).	20
5.2.3 Vestergren et al. (2013)	22
5.2.4 Bonato et al., (2025)	22
5.3 Likheter och skillnader mellan de analyserade studierna	24
5.3.1 Jämförelse av spridningsvägar för PFAS till animaliska livsmedel	24
5.3.2 Jämförelse av animaliska livsmedel med högst PFAS-halter	26

6 – Diskussion.....	28
7 – Slutsats.....	31
Referenser.....	33
Bilaga.....	37

Tabellförteckning

Tabell 1. Spridningsvägar enligt Hallberg et al. (2025).....	16
Tabell 2. Spridningsvägar enligt Nyström-Kandola et al. (2023).....	17
Tabell 3. Spridningsvägar enligt Vestergren et al. (2013)	17
Tabell 4. Spridningsvägar enligt Bonato et al. (2025)	18
Tabell 5. PFAS i animaliska livsmedel enligt Hallberg et al. (2025).....	20
Tabell 6. Beräknade PFAS-halter enligt Nyström-Kandola et al. (2023)	20
Tabell 7. PFAS-halter enligt Vestergren et al. (2013).....	22
Tabell 8. PFAS-halter enligt Bonato et al. (2025)	23
Tabell 9. Likheter och skillnader mellan studierna avseende spridningsvägar för PFAS	24
Tabell 10. Likheter och skillnader mellan studierna avseende PFAS i animaliska livsmedel	26

Figurförteckning

Figur 1. Spridningsvägar för PFAS	25
Figur 2. PFAS i animaliska livsmedel	27

Förkortningar

PFAS	Per- och polyfluorerade alkylsubstanter
PFOS	Perfluoroktansulfonsyra
PFOA	Perfluoroktansyra
PFCA	Perfluoralkylsyror
PFAAs	Perfluoralkylsyror
BMF	Biomagnifieringsfaktor
BTF	Biotransferfaktor
Bioackumulering	Ansamling av ämnen i organismer över tid
Steady-state	Jämviktstillstånd
Gränsvärde	Högsta tillåtna halt
Åtgärdsgräns	Halt där åtgärder rekommenderas eller krävs
EU	Europeiska unionen
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
EFSA	European Food Safety Authority
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development

1 – Introduktion

Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) är en stor grupp syntetiskt framställda kemikalier som har använts inom industri och i olika konsumentprodukter sedan mitten av 1900-talet. Det som gör dessa ämnen speciella är deras mycket starka kol-fluorbindningar, vilket gör att de bryts ned mycket långsamt både i miljön och i levande organismer. På grund av detta brukar PFAS ofta kallas för ”evighetskemikalier” (European Food Safety Authority, 2020; OECD, 2018).

PFAS har under lång tid använts i många olika produkter, bland annat i brandsläckningsskum, impregnerade textilier, livsmedelsförpackningar och non-stick-material. Den omfattande användningen har gjort att PFAS idag finns spritt nästan över hela världen, bland annat i luft, mark och vatten.

Ämnena kan transporteras långa sträckor via luft och vatten samt spridas genom användning av förorenade material. Därför kan även områden utan egen industriell produktion påverkas av PFAS-föroreningar (OECD, 2018; European Food Safety Authority, 2020; Naturvårdsverket, 2025).

En viktig egenskap hos PFAS är att ämnena kan bioackumuleras, vilket innebär att de ansamlas i levande organismer över tid. PFAS lagras framför allt i proteinrika vävnader, exempelvis i lever och blod. Detta gör att ämnena kan föras vidare i näringskedjan – från miljön till djur och därefter till människor genom konsumtion av livsmedel (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2021).

Animaliska livsmedel som kött, mjölk och ägg har identifierats som möjliga exponeringskällor för PFAS hos människor. Djur kan få i sig PFAS genom förorenat foder, dricksvatten och betesmarker. Tidigare studier har visat att PFAS kan överföras från dessa källor till livsmedel och att halterna i vissa fall kan bli så höga att de närmar sig eller överskrider gällande gränsvärden (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2021).

Internationella studier visar också att utsläpp från industrier, användning av PFAS-innehållande brandskum och spridning av förorenat slam kan orsaka förhöjda PFAS-halter i både miljö och livsmedel. I vissa områden har livsmedel därför blivit

en viktig källa till människors exponering för PFAS (European Food Safety Authority, 2020; United States Environmental Protection Agency, 2023).

I Sverige finns det ingen större industriell produktion av PFAS, men ämnena förekommer ändå i miljön. En av de viktigaste källorna till lokal förorening anses vara användningen av brandskum vid brandövningsplatser. PFAS har även upptäckts i flera av landets dricksvattenresurser, vilket visar att det finns ett behov av att undersöka hur ämnena sprids vidare till livsmedel (Livsmedelsverket, 2022; Naturvårdsverket, 2022). Under de senaste åren har PFAS blivit ett växande miljö- och folkhälsoproblem både internationellt och i Sverige. Flera studier har visat att animaliska livsmedel kan innehålla PFAS, särskilt när de produceras i områden med kända miljöföroreningar. Resultaten varierar dock mellan olika studier när det gäller vilka livsmedel som innehåller de högsta halterna och vilka spridningsvägar som har störst betydelse.

Trots att flera vetenskapliga studier har undersökt PFAS i animaliska livsmedel är kunskapen spridd mellan olika studier, och resultaten varierar beroende på studieupplägg, djurslag och geografiskt område. Det saknas därför en samlad översikt över vilka spridningsvägar som oftast beskrivs i den vetenskapliga litteraturen och vilka animaliska livsmedel som rapporteras innehålla de högsta halterna av PFAS.

Denna litteraturstudie syftar därför till att sammanställa och jämföra aktuell vetenskaplig litteratur om PFAS i animaliska livsmedel från förorenade områden. En sådan sammanställning kan bidra till ökad kunskap om hur PFAS sprids genom livsmedelskedjan och vilka animaliska livsmedel som rapporteras innehålla de högsta halterna av PFAS samt ge ett bättre vetenskapligt underlag för riskbedömningar och arbetet med att säkerställa säkra livsmedel.

Ur ett livsmedelstillsynsperspektiv är denna studie relevant eftersom förekomsten av PFAS i animaliska livsmedel kan innebära behov av riktad kontroll och övervakning. Resultaten visar att förekomsten av PFAS kan påverkas av flera faktorer, exempelvis geografiska förhållanden, miljöföroreningar och olika produktionssystem. Detta innebär att övervakning av PFAS behöver anpassas efter lokala förhållanden och typ av produktion. Generella riktlinjer kan vara viktiga för att skapa en gemensam grund för kontroll, men de är inte alltid tillräckliga eftersom

riskbilden kan variera mellan olika områden. Kunskap om möjliga exponeringsvägar, såsom förorenat foder och dricksvatten, kan därför bidra till att kontrollmyndigheter kan planera riskbaserade kontrollinsatser och prioritera områden där behovet av uppföljning är störst.

2 – Syfte

Syftet med denna litteraturstudie är att sammanställa och jämföra vetenskapliga studier om PFAS i animaliska livsmedel från förorenade områden. Studien syftar till att identifiera vilka spridningsvägar som oftast beskrivs i litteraturen, vilka animaliska livsmedel som rapporteras innehålla de högsta halterna av PFAS samt att identifiera likheter och skillnader mellan studiernas resultat.

3 – Frågeställningar

- Vilka spridningsvägar för PFAS till animaliska livsmedel från förorenade områden beskrivs i den vetenskapliga litteraturen?
- Vilka animaliska livsmedel rapporteras innehålla de högsta halterna av PFAS?
- Vilka likheter och skillnader finns mellan de studier som har analyserats?

4-Metod

4.1 Studiedesign

Detta arbete genomfördes som en litteraturstudie med syfte att sammanställa och jämföra vetenskapliga studier om PFAS i animaliska livsmedel från förorenade områden. Fokus låg på att identifiera vilka spridningsvägar för PFAS som beskrivs i litteraturen, vilka animaliska livsmedel som rapporteras innehålla de högsta halterna av PFAS samt vilka likheter och skillnader som finns mellan studiernas resultat.

4.2 Litteratursökning

Vetenskapliga artiklar identifierades genom sökningar i databasen PubMed. För att komplettera den vetenskapliga litteraturen användes även svenska myndighetsrapporter från Naturvårdsverket och Livsmedelsverket, eftersom dessa innehåller aktuell information om PFAS i animaliska livsmedel och livsmedelsproduktion i Sverige.

Vid litteratursökningen användes bland annat följande sökord:

- PFAS
- Per- and polyfluoroalkyl substances
- Dairy cows
- Milk
- Beef
- Eggs
- Animal food
- Bioaccumulation
- Bio transfer factor
- Food chain
- Sweden
- Contaminated areas

Sökorden kombinerades med de booleska operatorerna AND och OR för att identifiera relevanta publikationer.

4.3 Urval av studier

Efter litteratursökningen granskades studiernas titlar och sammanfattningar för att bedöma deras relevans i förhållande till litteraturstudiens syfte. Därefter lästes de mest relevanta publikationerna i sin helhet.

Litteratursökningen identifierade flera relevanta vetenskapliga artiklar och myndighetsrapporter. Fyra studier valdes ut för den jämförande analysen eftersom de bedömdes vara särskilt relevanta för litteraturstudiens frågeställningar och representerade olika typer av vetenskapliga underlag. Övriga källor användes främst i introduktionen och diskussionen för att sätta resultaten i ett bredare sammanhang.

Den första studien, Hallberg et al. (2025), analyserade PFAS-halterna i svenska animaliska livsmedel från gårdar belägna i eller nära PFAS-förorenade områden. Studien undersökte förekomsten av PFAS i mjölk, nötkött och ägg samt jämförde resultaten med EU:s gällande gränsvärden.

Den andra studien, Nyström-Kandola et al. (2023), använde biotransferfaktorer för att beräkna vilka PFAS-koncentrationer i foder och dricksvatten som kan leda till

att EU:s gränsvärden i animaliska livsmedel överskrids. Studien beskrev även hur PFAS överförs från miljön till livsmedelsproducerande djur.

Den tredje studien, Vestergren et al. (2013), undersökte bioackumulering och överföring av perfluoralkylsyror (PFAAs), en undergrupp av PFAS, från foder och dricksvatten till mjölkkor. Studien beräknade även biotransferfaktorer för mjölk och nötkött och analyserade bioackumuleringen i olika vävnader.

Den fjärde studien, Bonato et al. (2025), är en systematisk litteraturöversikt som sammanställer forskning om hur PFAS sprids från kontaminerade områden till den terrestra livsmedelskedjan. Studien beskriver de viktigaste spridningsvägarna till livsmedelsproducerande djur samt vilka animaliska livsmedel som rapporteras innehålla de högsta halterna PFAS.

Övriga vetenskapliga artiklar och myndighetsrapporter användes för att komplettera bakgrunden, stödja resultaten och sätta de fyra huvudstudiernas resultat i ett bredare vetenskapligt sammanhang.

4.4 Inklusions- och exklusionskriterier

Inklusionskriterier

Följande kriterier användes för att välja ut relevanta studier:

- Vetenskapligt granskade originalartiklar, relevanta systematiska litteraturöversikter och svenska myndighetsrapporter.
- Studier som undersökte PFAS i animaliska livsmedel.
- Studier som beskrev överföring, bioackumulering eller förekomst av PFAS hos livsmedelsproducerande djur.
- Studier som behandlade spridningsvägar från miljön till animaliska livsmedel.
- Publikationer skrivna på svenska eller engelska.

Exklusionskriterier

Följande typer av studier exkluderades:

- Studier som enbart behandlade PFAS utan koppling till animaliska livsmedel.
- Studier som endast undersökte human exponering utan koppling till livsmedelsproducerande djur.

- Studier med otillräcklig metodbeskrivning eller utan relevanta resultat för litteraturstudiens frågeställningar.

4.5 Dataanalys

Information från de inkluderade studierna sammanställdes och jämfördes utifrån tre frågeställningar:

- Vilka spridningsvägar för PFAS till animaliska livsmedel som beskrivs,
- Vilka animaliska livsmedel rapporteras innehålla de högsta halterna av PFAS.
- Vilka likheter och skillnader finns mellan studiernas resultat.

Resultaten presenterades i tabeller och beskrivande text. Därefter genomfördes en syntes där studiernas resultat jämfördes för att identifiera gemensamma mönster, skillnader och kompletterande information om PFAS-överföring och förekomst i animaliska livsmedel.

4.6 Användning av AI

AI-verktyget ChatGPT (OpenAI) användes i begränsad omfattning som stöd för språklig förbättring samt för utformning av figurer. Verktyget användes även för att underlätta förståelsen av vissa vetenskapliga begrepp relaterade till PFAS. All AI-genererad information granskades kritiskt mot originalkällor och författaren ansvarar fullt ut för arbetets innehåll, analys och slutsatser.

5 – Resultat

5.1 Vilka spridningsvägar för PFAS till animaliska livsmedel från förorenade områden beskrivs i den vetenskapliga litteraturen?

För att besvara denna frågeställning analyserades fyra centrala studier som beskriver hur PFAS överförs från förorenade områden till animaliska livsmedel. Nedan presenteras resultaten från respektive studie.

5.1.1 Hallberg et al. (2025)

Hallberg et al. (2025) beskriver att livsmedelsproducerande djur kan exponeras för PFAS via förorenad jord, betesmark, foder och dricksvatten. PFAS kan nå dessa exponeringskällor genom bland annat industriella utsläpp, användning av brandskum och spridning av förorenat avloppsslam.

Tabell 1. Spridningsvägar för PFAS enligt Hallberg et al. (2025)

Spridningsväg	Beskrivning
Förorenad jord/betesmark	Djur exponeras genom bete och jordintag.
Förorenat foder	PFAS överförs via foder producerat på förorenad mark.
Förorenat dricksvatten	PFAS sprids via yt- och grundvatten som används som dricksvatten.
Bevattning av fodergrödor	Bevattning med PFAS-förorenat vatten leder till kontaminerat foder.
Industriella utsläpp	Spridning till miljön via utsläpp och avrinning.
Läckage från PFAS-produkter.	Kontaminerar mark och vatten.
Avloppsslam	PFAS kan spridas till åkermark via slam.
Brandskum	Viktig källa till lokal PFAS-förorening.

Källa: Hallberg et al. (2025) s. 9–12, Figur 1 och Tabell 1.

Som framgår av tabell 1 beskriver Hallberg et al. (2025) flera möjliga spridningsvägar för PFAS till livsmedelsproducerande djur. Förorenat dricksvatten, foder och jord utgör direkta exponeringsvägar för djuren, medan bland annat industriella utsläpp, brandskum och avloppsslam kan bidra till att PFAS först sprids till mark och vatten. Resultaten visar därmed att PFAS kan nå animaliska livsmedel genom flera sammankopplade spridningsvägar.

5.1.2 Nyström-Kandola et al. (2023).

Nyström-Kandola et al. (2023) undersökte hur PFAS överförs från foder och dricksvatten till livsmedelsproducerande djur genom att använda biotransferfaktorer (BTF). Till skillnad från Hallberg et al. (2025), som analyserade verkliga prover från svenska gårdar, baseras denna studie på modellberäkningar för att uppskatta vilka PFAS-koncentrationer i foder och dricksvatten som kan leda till att EU:s gränsvärden i animaliska livsmedel överskrids.

Studien visar att förorenat foder och förorenat dricksvatten utgör de viktigaste spridningsvägarna för PFAS till livsmedelsproducerande djur. Resultaten visar även att djur kan exponeras genom bete på förorenad mark, där intag av jordpartiklar kan bidra till den totala PFAS-exponeringen. Modellberäkningarna visar dessutom att samtidig exponering från flera källor, såsom foder, dricksvatten och jord, kan öka risken för att PFAS överförs till animaliska livsmedel.

Tabell 2. Spridningsvägar för PFAS till animaliska livsmedel enligt Nyström-Kandola et al. (2023)

Spridningsväg	Beskrivning
Förorenat dricksvatten	Djuren exponeras genom att dricka PFAS-förorenat vatten. Studien beräknar vilka PFAS-halter i vatten som leder till att EU:s gränsvärden eller åtgärdsgränser i animaliska livsmedel uppnås.
Förorenat foder	PFAS överförs från foder till djur och vidare till mjölk, kött, lever och ägg. Studien beräknar de maximala PFAS-halter i foder som fortfarande uppfyller EU:s gränsvärden.
Bete på förorenad mark	Betesdjur kan exponeras genom att äta gräs och samtidigt få i sig jord. Om PFAS-intag även sker via bete minskar de tillåtna halterna i både foder och vatten ytterligare.
Blandexponering	Djur exponeras ofta samtidigt via vatten, foder och bete. Studien visar att bidrag från flera källor innebär att varje enskild källa måste innehålla lägre PFAS-halter för att livsmedlen ska hålla sig under gränsvärdena.

Källa: Nyström-Kandola, J. et al. (2023) s. 11–16.

Tabell 2 visar att PFAS kan nå livsmedelsproducerande djur genom flera spridningsvägar. De direkta exponeringsvägarna är främst förorenat dricksvatten, foder och jord.

5.1.3 Vestergren et al. (2013).

Vestergren et al. (2013) undersökte hur perfluoralkylsyror PFAAs, som är en undergrupp av PFAS, bioackumuleras hos mjölkkor som exponerades för naturligt förorenat foder och dricksvatten. Studien visade att PFAAs kan överföras från djurens foder och vatten till olika vävnader och vidare till animaliska livsmedel.

Massbalansberäkningarna visade att ensilage var den dominerande exponeringsvägen för de undersökta PFAAs. Studien visade även att långkedjiga PFAAs hade hög potential att överföras från fodret till både mjölk och nötkött. Atmosfärisk deposition och exponering via jord bedömdes däremot ha mindre betydelse under de förhållanden som undersöktes.

Tabell 3. Spridningsvägar för PFAAs enligt Vestergren et al. (2013)

Spridningsväg	Beskrivning
Ensilage (silage)	Identifierades som den viktigaste exponeringsvägen för samtliga PFAAs.
Dricksvatten	En viktig exponeringskälla som tillsammans med fodret bidrog till djurens totala PFAS-intag.
Atmosfärisk deposition	Bedömdes ha liten betydelse i bakgrundsförorenade områden.
Jord	Låg biotillgänglighet gjorde att denna exponeringsväg bedömdes vara mindre viktig än de akvatiska exponeringsvägarna.

Källa: Vestergren et al. (2013).

Tabell 3 visar att ensilage var den viktigaste exponeringsvägen för PFAAs hos de undersökta mjölkarna. Dricksvatten bidrog också till exponeringen, medan jord och atmosfärisk deposition bedömdes ha mindre betydelse (Vestergren et al., 2013).

5.1.4 Bonato et al. (2025).

Bonato et al. (2025) beskriver flera spridningsvägar för PFAS från förorenade områden till animaliska livsmedel. PFAS kan förorena mark och vatten och därefter nå livsmedelsproducerande djur främst genom foder, dricksvatten och jord. Ämnena kan sedan ansamlas i djuren och överföras till bland annat mjölk, kött, ägg och lever.

Tabell 4. Spridningsvägar för PFAS till animaliska livsmedel enligt Bonato et al. (2025)

Spridningsväg	Beskrivning
Förorenat vatten	PFAS kan förekomma i vatten och därigenom bidra till exponering av djur.

Spridningsväg	Beskrivning
Förorenad jord	PFAS kan förekomma och kvarstå i jord samt tas upp av växter.
Växter och foder	Växter kan ta upp PFAS från förorenad jord och vatten och därefter konsumeras av djur.
Bioackumulering	PFAS kan ansamlas i djurens vävnader efter exponering.
Överföring till animaliska produkter	PFAS som djuren exponeras för kan återfinnas i produkter från djuren.

Källa: Bonato et al. (2025).

Tabell 4 visar att PFAS kan nå livsmedelsproducerande djur genom förorenat vatten, jord samt växter och foder. Efter exponering kan PFAS bioackumuleras i djuren och överföras till animaliska livsmedel såsom kött, lever, mjölk och ägg (Bonato et al., 2025).

5.2 Vilka animaliska livsmedel rapporteras innehålla de högsta halterna av PFAS?

För att besvara denna frågeställning analyserades de fyra utvalda studierna med fokus på vilka animaliska livsmedel som rapporterades innehålla de högsta halterna av PFAS. Nedan presenteras resultaten från respektive studie.

5.2.1 Hallberg et al. (2025).

Hallberg et al. (2025) analyserade PFAS i mjölk, nötkött och ägg från hobbyhöns på svenska gårdar i eller nära PFAS-förorenade områden. Resultaten visade tydliga skillnader mellan de undersökta livsmedlen.

Tabell 5. PFAS i animaliska livsmedel enligt Hallberg et al. (2025)

Livsmedel	Resultat
Hobbyhönsägg	Högst PFAS-halter. 11 av 17 besättningar överskred EU:s gränsvärde för minst ett PFAS4-ämne.
Nötkött	PFOS påvisades i cirka 60 % av proverna. Flera djur överskred EU:s gränsvärde för PFOS.

Livsmedel	Resultat
Mjök	Generellt låga PFAS-halter. Endast en gård hade ett resultat nära EU:s riktvärde för PFOA.

Källa: Hallberg et al. (2025), s. 35–42.

Tabell 5 visar att de tydligaste förhöjda PFAS-halterna förekom i hobbyhönsägg. Även i nötkött förekom överskridanden av gränsvärdet för PFOS, medan halterna i mjök generellt var låga (Hallberg et al., 2025).

5.2.2 Nyström-Kandola et al. (2023).

Nyström-Kandola et al. (2023) analyserade inte de uppmätta PFAS-halterna i animaliska livsmedel utan använde biotransferfaktorer (BTF) för att beräkna hur PFAS överförs från foder och dricksvatten till olika livsmedel. Resultaten visar att överföringen varierar mellan olika produkter.

Studien visar att ägg från värphöns har den högsta beräknade överföringen av PFAS, särskilt PFOS, och bedöms därför vara en av de mest känsliga animaliska produkterna. Lever uppvisade också en hög ackumulering av PFAS hos flera djurslag. Nötkött visade en tydlig ackumulering av PFOS och kunde nå EU:s gränsvärden vid relativt låga PFAS-koncentrationer i foder och dricksvatten. Mjök innehöll generellt lägre beräknade PFAS-halter än lever och ägg, men bedömdes ändå vara känslig eftersom mycket låga PFAS-koncentrationer i foder och dricksvatten kan leda till att EU:s åtgärdsnivåer uppnås.

Tabell 6. Beräknad överföring av PFAS till animaliska livsmedel enligt Nyström-Kandola et al. (2023)

Livsmedel	Resultat
Ägg från värphöns	Högt beräknad överföring av PFAS, särskilt PFOS.
Lever	Hög ackumulering av PFAS hos flera djurslag.
Nötkött	Ackumulerar PFAS, särskilt PFOS.
Mjök	Lägre beräknade PFAS-halter än i lever och ägg.

Källa: Nyström-Kandola et al. (2023). Tabell 1, 2, 4, 5.

Tabell 6 visar att den beräknade överföringen av PFAS var högst till ägg, medan lever också uppvisade hög ackumulering. Nötkött ackumulerade framför allt PFOS, medan mjölk generellt hade lägre beräknade halter än ägg och lever (Nyström-Kandola et al., 2023).

Hur beräknas spridningen?

Studien använder biotransferfaktorn (BTF), som beskriver hur effektivt PFAS överförs från djurets intag till livsmedlet.

Beräkningen bygger på tre steg:

1. Biotransferfaktor (BTF)

$$BTF = \frac{\text{Koncentration i livsmedel}}{\text{Totalt dagligt PFAS-intag}}$$

2. Maximalt dagligt PFAS-intag

$$\text{Dagligt intag} = \frac{\text{EU:s gränsvärde i livsmedlet}}{BTF}$$

3. Maxhalt i vatten eller foder

$$\text{Maxhalt} = \frac{\text{Dagligt PFAS-intag}}{\text{Daglig konsumtion}}$$

På detta sätt beräknas vilka PFAS-koncentrationer i foder och vatten som leder till att EU:s gränsvärden precis uppnås. Studien betonar att detta är modellberäkningar och inte svenska gränsvärden.

5.2.3 Vestergren et al. (2013).

Vestergren et al. (2013) undersökte förekomsten av PFAS hos mjölkkor och analyserade koncentrationer i lever, muskel, blod och mjölk. De högsta uppmätta koncentrationerna återfanns i djurens vävnader, där PFOS och långkedjiga

perfluorkarboxylsyror (PFCA:s, C8–C12) uppmättes i koncentrationer upp till 130 ng/kg.

För att beskriva överföringen av PFAS till animaliska livsmedel beräknades biotransferfaktorer (BTF) för mjölk och muskel (nötkött). Resultaten visade att PFOS hade den högsta biotransferfaktorn i muskel, vilket innebär att PFOS överfördes effektivast till nötkött. Långkedjiga PFAAs visade också hög potential att överföras till både mjölk och nötkött. Däremot biomagnifierades inte PFOA (BMF <1), medan PFOS och PFCA med 9–10 kolatomer hade biomagnifieringsfaktorer mellan 10 och 20 i levern.

Tabell 7. PFAS i animaliska produkter och vävnader enligt Vestergren et al. (2013)

Livsmedel	Resultat
Muskel (nötkött)	Högst biotransferfaktor (BTF) observerades för PFOS.
Mjölk	Långkedjiga PFAAs kunde överföras till mjölk.
Lever	PFOS och PFCA (C9–C10) hade BMF mellan 10 och 20.
Högsta uppmätta koncentration	Upp till 130 ng/kg i lever, muskel och blod.

Källa: Vestergren et al. (2013).

Tabell 7 visar att PFAS fördelades olika mellan de undersökta vävnaderna och produkterna. PFOS hade hög biotransfer till muskel, medan PFOS och vissa långkedjiga PFCA:s visade hög biomagnifiering i lever (Vestergren et al., 2013).

5.2.4 Bonato et al. (2025).

Bonato et al. (2025) visar att PFAS förekommer i de flesta animaliska livsmedel, men koncentrationerna varierar mellan olika livsmedelskategorier. Den högsta förekomsten rapporterades i ägg, där särskilt PFOA uppmättes i koncentrationer över 100 ng/g, medan PFOS och PFBS uppmättes till cirka 35–45 ng/g. Studien betonar därför att ägg är den viktigaste animaliska källan till PFAS-exponering i förorenade områden. Även lever och andra inälvorgan innehöll höga koncentrationer av PFAS, betydligt högre än motsvarande muskelkött. Muskelkött från nötkreatur och gris innehöll främst PFOS men i betydligt lägre koncentrationer.

Mjölk och mejeriprodukter innehöll generellt de lägsta halterna, även om förhöjda nivåer kunde förekomma i kraftigt förorenade områden. Studien visar dessutom att livsmedel med höga proteinnivåer tenderar att innehålla högre PFAS-koncentrationer eftersom PFAS binder starkt till proteiner.

Tabell 8. Rapporterade PFAS-halter i animaliska livsmedel enligt Bonato et al. (2025)

Animaliskt livsmedel	Resultat
Ägg	Högsta PFAS-koncentrationer. PFOA >100 ng/g, PFOS och PFBS cirka 35–45 ng/g.
Lever och andra organ	Högre halter än i muskelkött på grund av bioackumulering.
Nötkött	PFOS upp till cirka 6 ng/g i muskelvävnad.
Fläskkött	PFOS upp till cirka 2,5 ng/g i muskelvävnad.
Mjölk	Generellt låga halter, men förhöjda nivåer kan förekomma i kontaminerade områden.
Ost	Låga till måttliga halter, främst PFOS.
Yoghurt	Mycket låga PFAS-koncentrationer.

Källa: Bonato et al. (2025).

Tabell 8 visar att de högsta rapporterade PFAS-halterna förekom i ägg samt i lever och andra organ. Muskelkött hade lägre halter, medan mjölk och andra mejeriprodukter generellt hade de lägsta rapporterade halterna (Bonato et al., 2025).

5.3 Likheter och skillnader mellan de analyserade studierna

5.3.1 Jämförelse av spridningsvägar för PFAS till animaliska livsmedel

Tabell 9. Likheter och skillnader mellan studierna avseende spridningsvägar för PFAS

Aspekt	Hallberg et al. (2025)	Nyström-Kandola et al. (2023)	Vestergren et al. (2013)	Bonato et al. (2025)
Typ av studie	Screeningstudie och riskbedömning	Modellstudie	Experimentell massbalansstudie	Systematisk litteraturöversikt
Viktigaste spridningsvägar	Foder, dricksvatten och jord	Foder och dricksvatten	Ensilage (foder) och dricksvatten	Foder, dricksvatten, jord samt industriella utsläpp
Jord som exponeringskälla	Viktig, särskilt för hobbyhöns	Kan bidra vid bete	Låg betydelse	Viktig spridningsväg via växtupptag och bete
Atmosfärisk deposition	Beskrivs som indirekt källa	Ej huvudfokus	Liten betydelse	Beskrivs som möjlig sekundär spridningsväg
Gemensam slutsats	PFAS överförs främst via foder och vatten	PFAS överförs främst via foder och vatten	PFAS överförs främst via foder och vatten	PFAS överförs främst via foder och vatten

Tabell 9 visar att studierna skiljer sig åt när det gäller studiedesign och hur stor betydelse olika spridningsvägar bedöms ha. Trots dessa skillnader visar samtliga studier att foder och dricksvatten är viktiga vägar för överföring av PFAS till livsmedelsproducerande djur.

Syntes – spridningsvägar

De fyra studierna visar samstämmigt att förorenat foder och förorenat dricksvatten är de viktigaste spridningsvägarna för PFAS till livsmedelsproducerande djur. Hallberg et al. (2025) visade genom analyser av svenska gårdar att även jord kan vara en betydande exponeringskälla, särskilt för hobbyhöns. Nyström-Kandola et al. (2023) visade genom modellberäkningar hur PFAS kan överföras från foder och dricksvatten till animaliska livsmedel och hur EU:s gränsvärden kan överskridas. Vestergren et al. (2013) identifierade ensilage som den dominerande exponeringsvägen hos mjölkkor och visade att långkedjiga PFAS effektivt överförs från foder till animaliska produkter. Bonato et al. (2025) bekräftade resultaten genom en systematisk litteraturöversikt och visade dessutom att industriella

utsläpp, brandsläckningsskum och avloppsslam utgör de ursprungliga källorna till PFAS-föreningar som därefter sprids via mark, vatten och foder till livsmedelsproducerande djur. Trots skillnader i metodik visar studierna ett enhetligt resultat om de viktigaste spridningsvägarna.

Figur 1. Spridningsvägar för PFAS till livsmedelsproducerande djur.



Figuren visar hur PFAS från bland annat industriella utsläpp, brandsläckningsskum och avloppsslam kan spridas via mark, vatten och foder. Foder och dricksvatten är de viktigaste exponeringsvägarna för djur, medan jord också kan vara en betydande källa, särskilt för hobbyhöns.

5.3.2 Jämförelse av animaliska livsmedel med högst PFAS-halter.

Tabell 10. Likheter och skillnader mellan studierna avseende PFAS i animaliska livsmedel

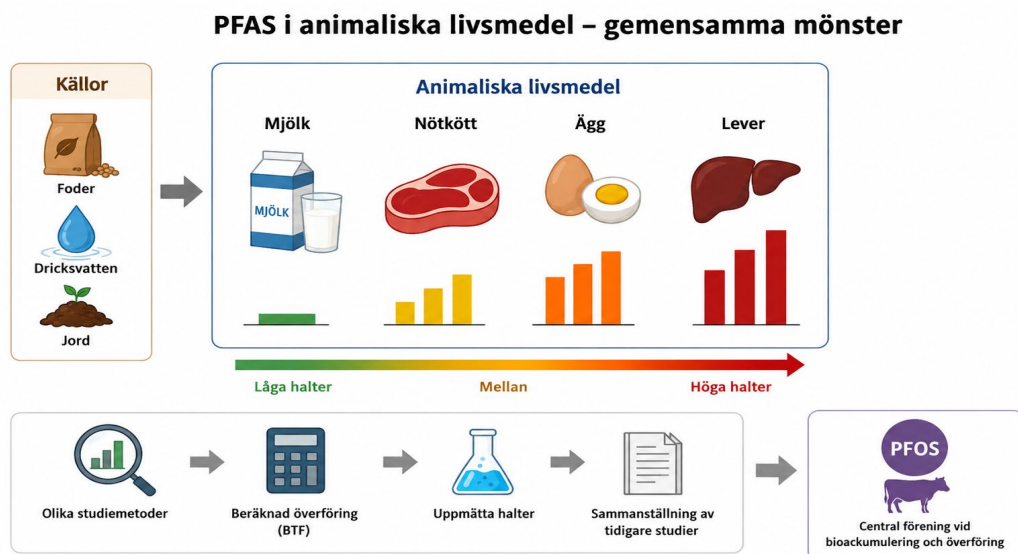
Livsmedel/PFAS	Hallberg et al. (2025)	Nyström-Kandola et al. (2023)	Vestergren et al. (2013)	Bonato et al. (2025)
Mjölk	Generellt låga uppmätta halter	Låga beräknade halter	PFAS överförs men lägre halter	Generellt låga halter
Nötkött	PFOS påvisades i cirka 60 % av proverna	Ackumulerar PFOS	Hög BTF för PFOS	Måttliga halter, främst PFOS
Lever	Undersöktes inte	Hög beräknad ackumulering	Hög bioackumulering	Höga PFAS-koncentrationer
Ägg	Högst uppmätta PFAS-halter	Högst beräknad överföring	Undersöktes inte	Högst rapporterade PFAS-halter
PFOS	Dominerande PFAS-förening	Högst överföring	Högst bioackumulering	Dominerande PFAS-förening

Tabell 10 visar att studien rapporterar högre PFAS-halter eller större ackumulering i ägg och lever, medan mjölk generellt uppvisar lägre halter. Nötkött visar varierande resultat, där PFOS ofta är den mest framträdande PFAS-föreningen.

Syntes – PFAS i animaliska livsmedel

Studierna visar flera gemensamma mönster. Ägg och lever framstår generellt som de animaliska produkter där PFAS kan förekomma i högre halter eller ackumuleras i större utsträckning, medan mjölk generellt uppvisar lägre halter. Nötkött ligger mellan dessa grupper, där PFOS är särskilt betydelsefullt. Resultaten skiljer sig dock mellan studierna eftersom vissa bygger på uppmätta halter, medan andra bygger på beräknad överföring eller sammanställningar av tidigare forskning. Sammantaget framstår PFOS som en av de PFAS-föreningar som oftast rapporteras i samband med bioackumulering och överföring till animaliska livsmedel.

Figur 2. PFAS i animaliska livsmedel.



Figuren sammanfattar resultaten från de inkluderade studierna och visar att PFAS generellt förekommer i lägre halter i mjölk, medan högre halter eller större ackumulering ses i ägg och lever. Nötkött ligger mellan dessa grupper, och PFOS framstår som en viktig förening vid överföring och bioackumulering.

Övergripande syntes

Trots att studierna använde olika metoder – screening av livsmedelsprover (Hallberg et al., 2025), modellberäkningar (Nyström-Kandola et al., 2023), experimentella undersökningar (Vestergren et al., 2013) och en systematisk litteraturöversikt (Bonato et al., 2025) – kompletterar de varandra och ger en sammanhängande bild av PFAS i animaliska livsmedel. Samtliga studier visar att foder och dricksvatten utgör de viktigaste spridningsvägarna för PFAS till livsmedelsproducerande djur, medan jord kan utgöra en ytterligare exponeringskälla i vissa produktionssystem. Studierna visar också att PFOS är den PFAS-förening som oftast bioackumuleras och överförs till animaliska livsmedel. När det gäller animaliska livsmedel visar studierna att PFAS-förekomsten varierar mellan olika produkter. Höga uppmätta halter rapporterades i ägg i Hallberg et al. (2025), medan Vestergren et al. (2013) visade hög bioackumulering av vissa PFAAs i lever. Nyström-Kandola et al. (2023) visade genom modellberäkningar att känsligheten för PFAS-överföring varierar mellan olika animaliska produkter.

Bonato et al. (2025) rapporterade stora variationer mellan de livsmedel och studier som ingick i litteraturöversikten. Mjök uppvisade generellt lägre PFAS-halter i de analyserade studierna. Kombinationen av fältstudier, modellberäkningar, experimentella data och systematiska litteraturöversikter ger därför ett starkt vetenskapligt underlag för att förstå hur PFAS sprids till animaliska livsmedel och vilka produkter som innebär den största risken för människors exponering via kosten.

6. Diskussion

Syftet med denna litteraturstudie var att sammanställa och jämföra vetenskaplig litteratur om hur PFAS sprids till animaliska livsmedel från förorenade områden samt att identifiera vilka animaliska livsmedel som rapporteras innehålla de högsta halterna PFAS. Resultaten från de fyra analyserade studierna visar en hög grad av samstämmighet trots att de bygger på olika metodologiska angreppssätt och belyser olika delar av livsmedelskedjan. Sammantaget visar resultaten att litteraturstudiens syfte har uppnåtts och att de analyserade studierna tillsammans ger en tydlig bild av både de viktigaste spridningsvägarna och de animaliska livsmedel som har störst risk att innehålla förhöjda PFAS-halter.

När det gäller spridningsvägar visar samtliga studier att förorenat foder och förorenat dricksvatten utgör de viktigaste exponeringsvägarna för livsmedelsproducerande djur. Hallberg et al. (2025) identifierade dessutom förorenad jord som en viktig exponeringskälla, särskilt för hobbyhöns som kommer i direkt kontakt med marken. Nyström-Kandola et al. (2023) visade genom modellberäkningar att även relativt låga PFAS-koncentrationer i foder och dricksvatten kan leda till att EU:s gränsvärden i animaliska livsmedel överskrids vid långvarig exponering. Vestergren et al. (2013) visade att ensilage var den dominerande exponeringsvägen hos mjölkkor och att långkedjiga PFAS effektivt kunde överföras från foder till animaliska produkter. Bonato et al. (2025) kompletterade dessa resultat genom att sammanställa forskning från flera länder och visade att industriutsläpp, användning av PFAS-innehållande brandsläckningsskum och spridning av avloppsslam är de viktigaste ursprungliga

källorna till PFAS-föreningar som senare sprids via mark, vatten och foder till livsmedelsproducerande djur.

Att samtliga studier identifierar samma huvudsakliga spridningsvägar stärker trovärdigheten i resultaten. Samtidigt visar studierna att den faktiska exponeringen påverkas av flera lokala faktorer, såsom typ av mark, vattenkälla, produktionssystem och djurhållning. Detta innebär att risken för PFAS-förening kan variera betydligt mellan olika gårdar och geografiska områden, även om de övergripande spridningsvägarna är desamma.

Även resultaten om PFAS i animaliska livsmedel var till stor del samstämmiga. Hallberg et al. (2025) visade att hobbyhönsägg innehöll de högsta uppmätta PFAS-halterna i den svenska screeningen, följt av nötkött, medan mjölk generellt innehöll de lägsta halterna. Nyström-Kandola et al. (2023) visade genom sina modellberäkningar att ägg och lever är de mest känsliga produkterna för PFAS-överföring. Vestergren et al. (2013) visade att PFOS hade den högsta biotransferfaktorn till nötkött och att lever uppvisade hög bioackumulering. Bonato et al. (2025) bekräftade dessa resultat genom att sammanställa internationella studier och drog slutsatsen att ägg, lever och andra organ generellt har högre PFAS-halter än muskelkött och mjölk.

Att ägg återkommande identifieras som det livsmedel med högre PFAS-halter kan sannolikt förklaras av att värphöns ofta exponeras direkt för jord, insekter och andra födokällor i den lokala miljön. Dessutom sker ingen utspädning av ägg från olika producenter på samma sätt som för mjölk, vilket gör att lokala föreningar blir tydligare i slutprodukten. Den generellt lägre PFAS-halten i mjölk kan däremot delvis förklaras av att mjölk från flera gårdar blandas innan den når konsumenten, samtidigt som överföringen av PFAS till mjölk är lägre än till vissa andra vävnader och produkter.

En tydlig likhet mellan studierna är att PFOS identifierades som den PFAS-förening som oftast bioackumuleras och överförs till animaliska livsmedel. Detta tyder på att PFOS fortfarande har stor betydelse ur ett livsmedelssäkerhets- och folkhälsoperspektiv, trots att användningen har begränsats inom EU. Resultaten

visar också att långkedjiga PFAS generellt har större förmåga att bioackumuleras än kortkedjiga PFAS, vilket gör dem särskilt relevanta vid riskbedömningar.

En styrka med denna litteraturstudie är att den bygger på flera olika typer av vetenskapliga underlag. Hallberg et al. (2025) baseras på analyser av verkliga livsmedelsprover från svenska gårdar, vilket ger hög praktisk relevans. Nyström-Kandola et al. (2023) bidrar med modellberäkningar som kan användas för att uppskatta vilka PFAS-koncentrationer i foder och dricksvatten som riskerar att leda till överskridna gränsvärden. Vestergren et al. (2013) ger experimentell kunskap om bioackumulering hos mjölkkor, medan Bonato et al. (2025) sammanfattar resultaten från ett stort antal internationella studier. Kombinationen av dessa olika metoder ger en bred och tillförlitlig bild av hur PFAS sprids till animaliska livsmedel.

Samtidigt finns vissa begränsningar. De analyserade studierna skiljer sig åt när det gäller metodik, djurslag och geografiska områden, vilket försvårar direkta jämförelser mellan resultaten. Modellstudier bygger dessutom på antaganden, exempelvis om biotransferfaktorer och steady state, vilket innebär att resultaten kan skilja sig från verkliga förhållanden. Experimentella studier utförs ofta under kontrollerade förhållanden och speglar inte alltid variationen i praktisk djurhållning. Den systematiska litteraturöversikten sammanfattar ett stort antal studier men påverkas samtidigt av kvaliteten hos de studier som inkluderats. Dessa begränsningar bör därför beaktas när resultaten tolkas.

Betydelse för livsmedelstillsyn

Resultaten från denna litteraturstudie visar att PFAS är en relevant fråga inom livsmedelstillsyn eftersom förekomsten i livsmedel kan variera beroende på lokala förhållanden och produktionssystem. Detta innebär att kontrollinsatser behöver baseras på riskbedömning snarare än enbart på generella kontrollstrategier. En riskbaserad tillsyn kan möjliggöra att resurser riktas mot områden där sannolikheten för PFAS-förekomst är högre, exempelvis där det finns kända föroreningskällor eller risk för exponering via foder och vatten.

Det finns utmaningar inom livsmedelstillsynen. Skillnader mellan geografiska områden och produktionssystem kan göra det svårt att skapa en enhetlig kontrollstrategi. Begränsade resurser och behovet av prioritering innebär att kontrollmyndigheter behöver använda tillgänglig kunskap för att identifiera de mest relevanta kontrollområdena. Studien visar därför vikten av att kombinera vetenskapligt underlag med praktisk riskbedömning inom livsmedelstillsynen.

Framtida forskning bör undersöka fler djurslag och fler PFAS-föreningar, särskilt de nyare ämnen som i ökande utsträckning används som ersättning för PFOS och PFOA. Det finns också behov av fler svenska studier som kombinerar miljöprovtagning med analyser av livsmedelsproducerande djur för att förbättra kunskapen om hur lokala förhållanden påverkar PFAS-överföringen. En sådan kunskap kan bidra till mer träffsäkra riskbedömningar och effektivare åtgärder för att minska människors exponering via kosten.

7. Slutsats

Denna litteraturstudie visar att förorenat foder och dricksvatten är de viktigaste spridningsvägarna för PFAS till livsmedelsproducerande djur. I vissa produktionssystem utgör även förorenad jord en betydande exponeringskälla, särskilt för betande djur och hobbyhöns. De ursprungliga föroreningskällorna är framför allt industriutsläpp, användning av PFAS-innehållande brandsläckningsskum och spridning av avloppsslam till jordbruksmark.

Studien visar också att PFAS förekommer i flera olika animaliska livsmedel, men att halterna varierar mellan olika produkter. Ägg, särskilt från hobbyhöns i förorenade områden, rapporterades i flera av de analyserade studierna ha höga PFAS-halter eller hög överföring. Även lever visade hög ackumulering av PFAS, medan mjölk generellt uppvisade lägre halter.

Sammantaget visar de analyserade studierna att resultaten är samstämmiga trots olika metodologiska angreppssätt. Kombinationen av screeningstudier, modellberäkningar, experimentella undersökningar och systematiska litteraturöversikter ger ett starkt vetenskapligt underlag för att förstå hur PFAS

sprids till animaliska livsmedel och vilka livsmedel som innebär den största risken för människors exponering via kosten.

Resultaten understryker vikten av att övervaka PFAS-förekomst i foder, dricksvatten och animaliska livsmedel, särskilt i områden med kända PFAS-föroreningar. En fortsatt kombination av miljöövervakning, riktad provtagning och forskning är viktig för att förbättra riskbedömningar och minska människors exponering för PFAS genom kosten.

Referenser

Ahrens, L. & Bundschuh, M. (2014). Fate and effects of poly- and perfluoroalkyl substances in the aquatic environment: A review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(9), 1921–1929. <https://doi.org/10.1002/etc.2663>

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2021). *Toxicological profile for perfluoroalkyls*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxFAQs/ToxFAQsDetails.aspx?faqid=1116&toxid=237>.

Bonato, T., Pal, T., Benna, C. & Di Maria, F. (2025). *Contamination of the terrestrial food chain by per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and related human health risks: A systematic review*. *Science of the Total Environment*, 961, 178337. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178337>

Buck, R.C., Franklin, J., Berger, U., Conder, J.M., Cousins, I.T., de Voogt, P., Jensen, A.A., Kannan, K., Mabury, S.A. & van Leeuwen, S.P. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(4), 513–541. <https://doi.org/10.1002/ieam.258>

Colles, A., Bruckers, L., Den Hond, E., Govarts, E., Morrens, B., Schettgen, T., Buekers, J., Coertjens, D., Nawrot, T., Loots, I., Nelen, V., De Henauw, S., Schoeters, G., Baeyens, W. & van Larebeke, N. (2020). Perfluorinated substances in the Flemish population (Belgium): Levels and determinants of variability in exposure. *Chemosphere*, 242, 125250. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125250>.

Danish Veterinary and Food Administration (DVFA). (2021). PFAS contamination in cattle, Korsør. Danish Veterinary and Food Administration.

<https://en.foedevarestyrelsen.dk/food/food-safety-and-hygiene/chemical-food-safety/pfas>.

Death, C., Bell, C., Champness, D., Milne, C., Reichman, S. & Hagen, T. (2021). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in livestock and game species: A review. *Science of the Total Environment*, 774, 144795. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144795>

Department of Health, Australia. (2018). *PFAS exposure and food safety guidelines*. Australian Government Department of Health. <https://www.health.gov.au/topics/food-and-nutrition/about/food-standards-and-safety>.

Domingo, J.L. & Nadal, M. (2017). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in food and human dietary intake: A review of the recent scientific literature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(3), 533–543. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04683>

European Food Safety Authority (EFSA). (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal*, 18(9), e06223. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>

European Commission. (2022). Commission Regulation (EU) 2022/2388 of 7 December 2022 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of perfluoroalkyl substances in certain foodstuffs. Official Journal of the European Union. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022R2388>.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2022). PFAS in food and agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <https://www.fao.org/home/en>.

Hallberg, I., Nyström-Kandola, J., Johanson, G., Vogs, C., Ekstrand, C., Yeung, L., Kärrman, A., Gyllenhammar, I. & Glynn, A. (2025). *Risk för förhöjda nivåer av per- och polyfluoralkylsubstanser i animaliska livsmedel vid livsmedelsproduktion i förorenade områden i Sverige*. Stockholm: Naturvårdsverket.

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1940287/FULLTEXT02>.

Livsmedelsverket. (2022). *PFAS i livsmedel och dricksvatten*. Uppsala: Livsmedelsverket.

<https://www.livsmedelsverket.se/498cd4/globalassets/publikationsdatabas/pm/2022/pm-2022-vetenskapligt-underlag-for-pfas-i-dricksvatten.pdf>.

Livsmedelsverket. (2024). PFAS – Per- och polyfluorerade alkylsubstanser. Available at: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/PFAS-poly-och-perfluorerade-alkylsubstanser/>.

Maine Department of Environmental Protection (Maine DEP). (2022). *PFAS contamination of agricultural products*. Augusta, ME: Maine Department of Environmental Protection.

Naturvårdsverket. (2021). *PFAS – spridning och källor i Sverige*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket. (2024). Högfluorerade ämnen i miljön, PFAS. Available at: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljofororeningar/organiska-miljogifter/hogfluorerade-amnen-i-miljon-pfas/>.

Naturvårdsverket. (2025). *Kunskap om PFAS i livsmedel och miljö*. Available at: <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/regeringsuppdrag/slutredovisade-regeringsuppdrag/kunskap-om-pfas-i-livsmedel-och-miljo/>.

Nyström-Kandola, J., Ahrens, L., Glynn, A., Johanson, G., Benskin, J.P., Gyllenhammar, I., Lignell, S. & Vogs, C. (2024). Low concentrations of perfluoroalkyl acids (PFAAs) in municipal drinking water associated with serum PFAA concentrations in Swedish adolescents. *Environment International*. Available at: <https://pub.epsilon.slu.se/32154/1/nyström-kandola-et-al-20231115.pdf>.

Nyström-Kandola, J., Johanson, G., Vogs, C., Hallberg, I., Ekstrand, C. & Glynn, A. (2023). *Delrapport 1: Överföring av perfluoroalkylsyror från foder och dricksvatten till livsmedelsproducerande djur, och till livsmedel från dessa djur*.

Stockholm: Naturvårdsverket. Available at: <https://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1794801/FULLTEXT04.pdf>.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *Toward a new comprehensive global database of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs)*. Paris: OECD. Available at: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/05/summary-report-on-the-new-comprehensive-global-database-of-per-and-polyfluoroalkyl-substances-pfass_73d72705/1a14ad6c-en.pdf (Accessed: 6 June 2026).

Stahl, T., Heyn, J., Thiele, H., Hüther, J., Failing, K., Georgii, S. & Brunn, H. (2009). Carryover of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) from soil to plants and livestock. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 57(2), 289–298. <https://doi.org/10.1007/s00244-008-9272-9>.

Stahl, T., Mattern, D. & Brunn, H. (2011). Toxicology of perfluorinated compounds. *Environmental Sciences Europe*, 23(1), 38. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-38>

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2023). *PFAS explained*. Available at: <https://www.epa.gov/pfas> (Accessed: 6 June 2026).

Vestergren, R., Orata, F., Berger, U. & Cousins, I.T. (2013). Bioaccumulation of perfluoroalkyl acids in dairy cows in a naturally contaminated environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 7959–7969. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1722-x>

Vestergren, R., Ullah, S., Cousins, I.T. & Berger, U. (2013). A temporal trend study of perfluoroalkyl acids in milk from Swedish dairy cows. *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6608–6616. <https://doi.org/10.1021/es400286v>

World Health Organization (WHO). (2023). *PFAS and human exposure through diet*. Available at: <https://www.who.int/> (Accessed: 6 June 2026).

Yeung, L.W.Y., Loi, E.I.H., Wong, V.Y.Y., Guruge, K.S., Yamanaka, N., Tanimura, N., Hasegawa, J., Yamashita, N., Miyazaki, S. & Lam, P.K.S. (2009).

Biochemical responses and accumulation properties of long-chain perfluorinated compounds (PFOS/PFDA/PFOA) in juvenile chickens (*Gallus gallus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 57, 377–386. <https://doi.org/10.1007/s00244-008-9278-3>

Zhao, L., Zhang, Y., Zhu, L., Wang, J., Liu, C., & Fu, J. (2016). PFAS contamination in eggs from industrial regions in China. *Science of the Total Environment*, 572, 604–610. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.051>.

Bilaga

AI-verktyget ChatGPT (OpenAI) användes i begränsad omfattning som stöd i arbetet med litteraturstudien. Verktyget användes främst för språklig förbättring och hjälp med tabeller och figurer. AI användes även som stöd för att förstå och förklara vissa vetenskapliga begrepp relaterade till PFAS.

Allt AI-genererat innehåll granskades kritiskt av författaren och jämfördes med originalkällor innan det inkluderades i arbetet. Författaren ansvarar fullt ut för arbetets innehåll, analys och slutsatser.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Maysun Hatem Anad Majhol har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.