

# Mer fordøyelig fôr, bærekraftige ingredienser, og økt bruk av slam

FHF-Dialogmøte «Fôrets påvirkning på miljø»  
Gardermoen 30.1.2025

**Turid Synnøve Aas**  
Seniorforsker, Nofima



Fôret er den største innsatsfaktoren i produksjon av laks  
Alt fôr bør spises av fisken

- Regelverkets fokus
- Filtertechnologi
- Fôringsrutiner

**Fôr** → **Fisk**

Oppsamling av slam:  
Flere trinn med filtrering,  
tørking, transport

**ENERGIBRUK**

Bistrøm:  
~~Fôrrester (uspist fôr) +~~  
Gjødsel (ufordøyd materiale)

Evt samlet opp til slam

# Bruk av slam

- Gjødsling av jordbruksareal eller annet landareal
- Produksjon av biogass
- Fôr i slammet øker verdien av slammet. Men fôr bør spises av fisken, og ikke brukes til gjødsling eller biogassproduksjon



# Oppsamling av slam, målt i et landanlegg

Massebalanse tørrstoff fra fôr brukt over tre måneder:

33% ble til fisk

32% metabolsk tap

35% fôrrester og gjødsel

11% oppsamlet + 24% ikke oppsamlet

## Fordøyelighet av fôr

- Fordøyelighet av totalt tørrstoff er rundt 65-75%
- Dvs 25-35% av det spiste fôret kommer ut som gjødsel
- Noen % overføring – fôr som ikke blir spist
- Totalt rundt 30-35% av fôret blir til fôrspill og gjødsel





# Fordøyelighet av fôr

## Fett

- Oljene som brukes i laksefôr i dag har høy fordøyelighet
- Lite fett i gjødsel



# Fordøyelighet av fôr

## Proteinråvarer

- Proteinråvarer har varierende fordøyelighet av proteinet
- Varierende innhold av protein ufordøyelig materiale
- Liten (men varierende) mengde protein i gjødsel



# Fordøyelighet av fôr

## Proteinråvarer

- SPC (soyaproteinkonsentrat):
  - F eks 62% protein
  - Fordøyelighet av protein kan være >90%
- Fiskemel
  - F eks 60-65% protein
  - Fordøyelighet av protein varierer, f eks 80-90%
  - Inneholder også noe fiskeolje





# Fordøyelighet av fôr

## Proteinråvarer

- Vegetabilske proteinråvarer inneholder generelt ufordøyelig karbohydrat, bidrar til øket mengde gjødsel
- Fiskemel fra avskjær inneholder ufordøyelig materiale fra bein
- Encelleprotein – kan inneholde betydelig mengde celleveggmateriale, som også kan redusere tilgjengeligheten av protein
- Fluelarver – kitin
- Slakteavfall – hygienisering reduserer fordøyeligheten av proteinet



## Eksempel på et encelleprotein testet tidlig i utviklingen av produktet

- Innhold av sum aminosyrer 26%, med 56% fordøyelighet
  - Det vil si 14% fordøyelig protein (sum aminosyrer) i produktet
- Proteininnholdet må økes, fordøyeligheten må bli bedre
- Det er en lang vei å utvikle et slikt produkt til en relevant kommersiell proteiningrediens

## Eksempel på et encelleprotein testet tidlig i utviklingen av produktet

- Innhold av sum aminosyrer 26%, med 56% fordøyelighet
  - Det vil si 14% fordøyelig protein (sum aminosyrer) i produktet
- Proteininnholdet må økes, fordøyeligheten må bli bedre
- Det er en lang vei å utvikle et slikt produkt til en relevant kommersiell proteiningrediens

Grunnleggende informasjon for alle proteinråvarer

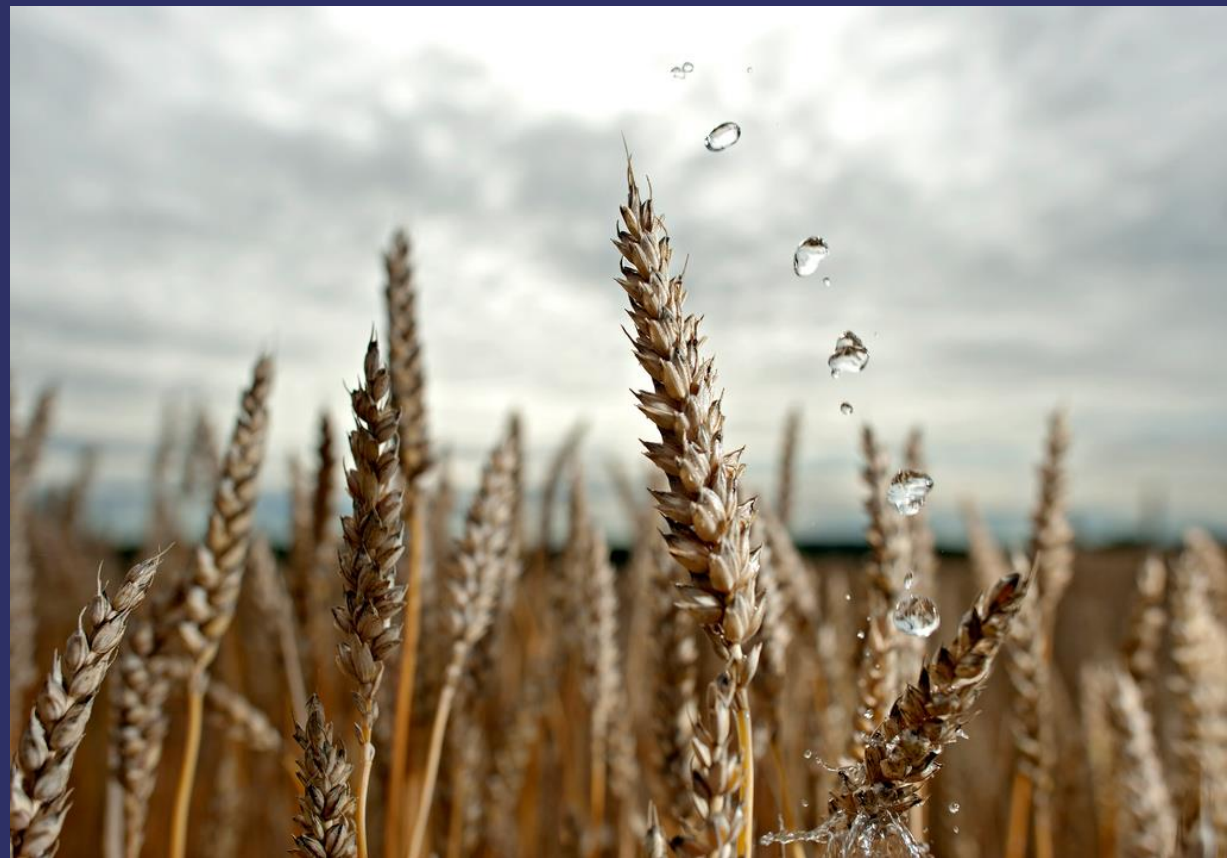
- innhold av protein/aminosyrer
- fordøyelighet av protein/aminosyrer
- påvirkes fôrinntaket
- hvordan påvirkes teknisk pelletkvalitet

# Fordøyelighet av fôr

## Karbohydrat

- Brukes som binder for god pelletkvalitet
- Laks har begrenset kapasitet for utnyttelse av karbohydrat
- Proteinkilder med mye karbohydrat gir øket mengde gjødsel
- Gjødsel inneholder mye karbohydrat

Total mengde ufordøyelig materiale avhenger hovedsakelig av proteinråvarene



# Fordøyelighet av fôr

## Mineraler

- Mineraler har generelt moderat, og varierende fordøyelighet
- Mineraler og tungmetaller oppkonsentreres i gjødsel, fordi fett og protein har blitt fordøyd





## Fordøyelighet av fôringredienser kan bedres ved prosessering

- Har en kostnad
- Bruker energi
- Fjerning av karbohydrat, celleveggmateriale, kitin, etc



## Fordøyelighet av fôringredienser kan bedres ved prosessering

- Har en kostnad
- Bruker energi
- Fjerning av karbohydrat, celleveggmateriale, kitin, etc

Eller må vi akseptere økende mengde gjødsel med 'nye' proteinkilder?



## Fordøyelighet av fôringredienser kan bedres ved prosessering

- Har en kostnad
- Bruker energi
- Fjerning av karbohydrat, celleveggmateriale, kitin, etc

Eller må vi akseptere økende mengde gjødsel med 'nye' proteinkilder?

Hvilken kostnad og energibruk er akseptabel for å bedre råvarene

Forventet mengde gjødsel/slam/utslipp bør være kjent for alle fôr/råvarer



# Sammensetning fôr, gjødsel og slam

## Fôr

Mye fett

Høy fordøyelighet

Mye protein

Kan ha høy fordøyelighet

Karbohydrat

Begrenset fordøyelighet

Mineraler

Begrenset fordøyelighet



## Gjødsel

Lite fett

Variende, kan ha lite protein

Mye karbohydrat

Oppkonsentrering av mineraler

# Sammensetning fôr, gjødsel og slam

## Fôr

Mye fett	Høy fordøyelighet
Mye protein	Kan ha høy fordøyelighet
Karbohydrat	Begrenset fordøyelighet
Mineraler	Begrenset fordøyelighet



## Gjødsel

Lite fett
Lite protein, men
Mye karbohydrat
Oppkonsentrering av mineraler

Sammensetning av oppsamlet slam:  
Avhenger av mengde fôr i slammet



# Sammensetning fôr, gjødsel og slam

## Fôr

Mye fett	Høy fordøyelighet
Mye protein	Kan ha høy fordøyelighet
Karbohydrat	Begrenset fordøyelighet
Mineraler	Begrenset fordøyelighet

Øker verdien av slammet



## Gjødsel

Lite fett  
Variende, kan ha lite protein

Mye karbohydrat  
Oppkonsentrering av mineraler

Begrensende for bruk av slammet

Sammensetning av oppsamlet slam:  
Avhenger av mengde fôr i slammet

# Sammensetning fôr, gjødsel og slam

## Fôr

Mye fett	Høy fordøyelighet
Mye protein	Kan ha høy fordøyelighet
Karbohydrat	Begrenset fordøyelighet
Mineraler	Begrenset fordøyelighet

Øker verdien av slammet

## Gjødsel

Lite fett  
Variende, kan ha lite protein

Mye karbohydrat  
Oppkonsentrering av mineraler

Begrensende for bruk av slammet

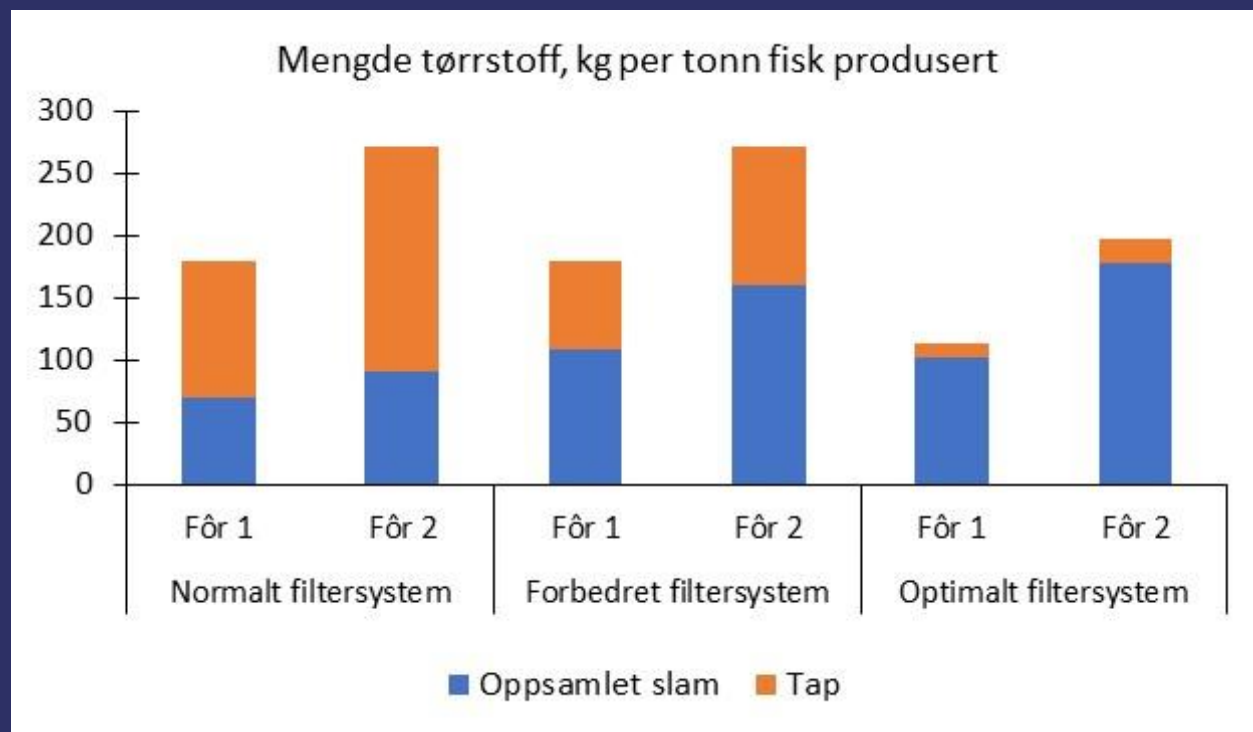
Sammensetning av oppsamlet slam:  
Avhenger av mengde fôr i slammet

Gjødsel må være fast nok til  
å kunne samles opp  
En del råvarer gir løs  
gjødselkonsistens

# Modellert mengde og sammensetning av slam

- To fôr
  - Ett med høy fordøyelighet (Fôr 1)
  - Ett med lavere fordøyelighet (Fôr 2)
- Tre filtersystem
  - Normalt (70% av fôret, 20% av gjødsel samlet opp)
  - Forbedret (70% av fôret, 55% av gjødsel samlet opp)
  - Optimalt (null fôrspill, 90% av gjødsel samlet opp)

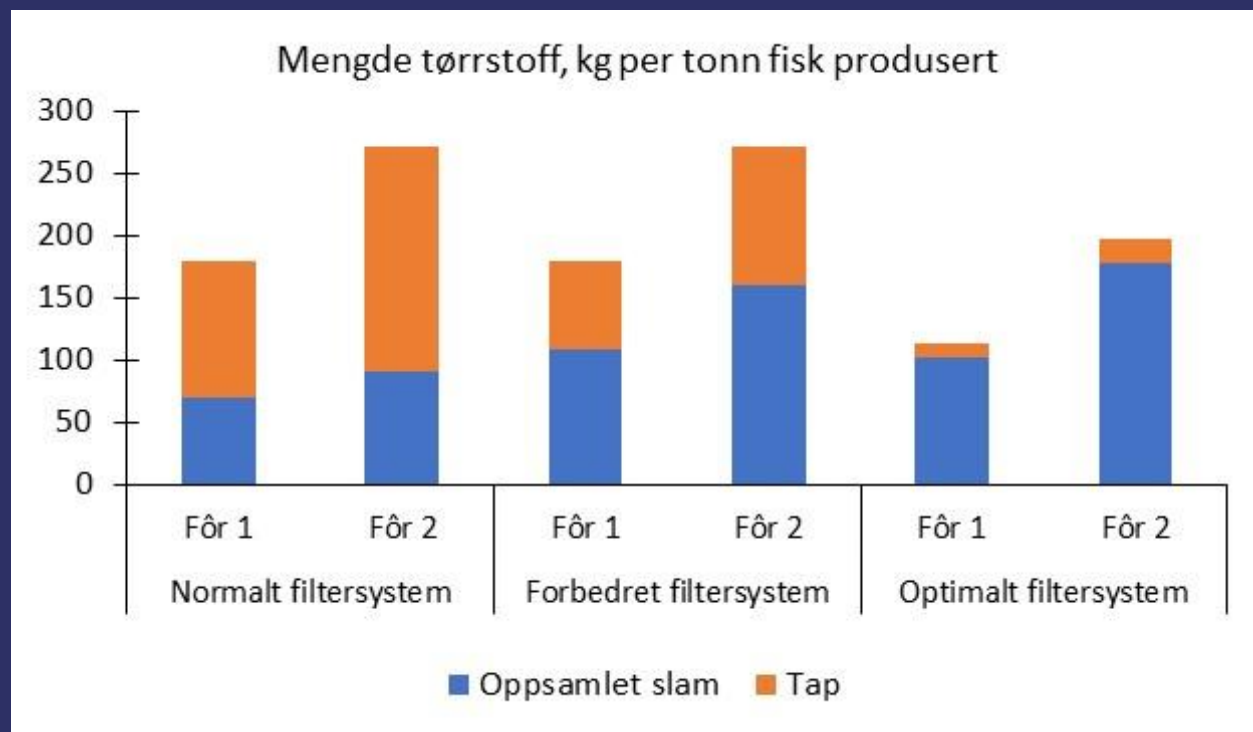
# Modellert mengde fôrrester og gjødsel, oppsamlet og tap, per tonn fisk produsert



Det er stor variasjon i sammensetning av gjødsel og dermed slam. Modellen er et eksempel, og viser effekten av å endre fôrsammensetning og filtereffektivitet under de gitte betingelsene.

Aas, T.S., Brod, E. & Solli, L. (2025) Sammensetning og potensiale for bruk av fiskeslam uten fôrrester. Nofima rapport 2025.

# Modellert mengde fôrrester og gjødsel, oppsamlet og tap. Gitt per tonn fisk produsert

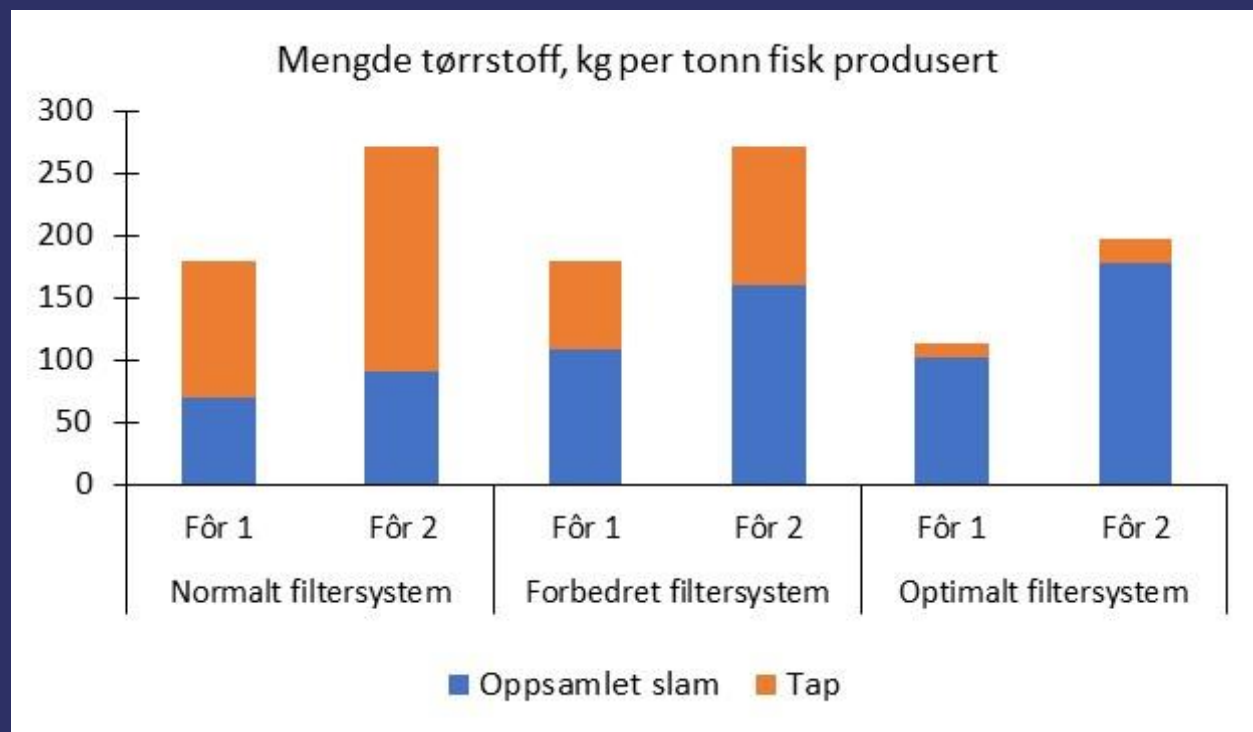


Øket mengde slam med mindre fordøyelig fôr (Fôr 2)

Aas, T.S., Brod, E. & Solli, L. (2025) Sammensetning og potensiale for bruk av fiskeslam uten fôrrester. Nofima rapport 2025.



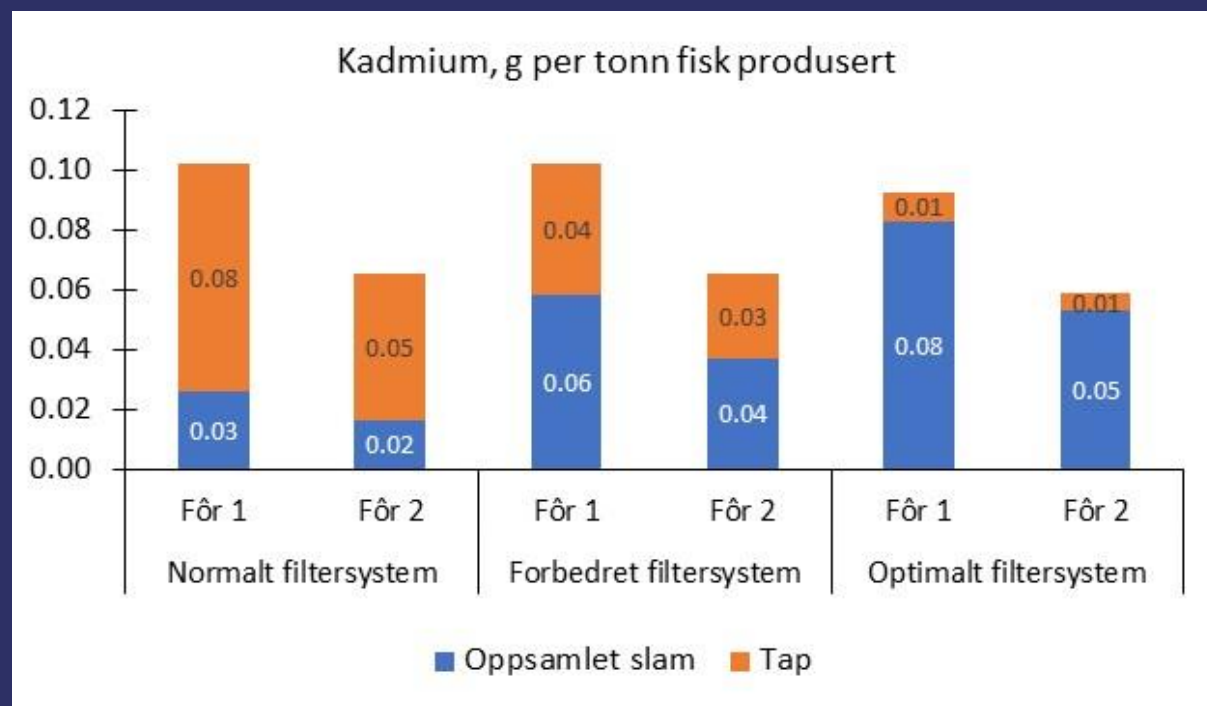
# Modellert mengde fôrrester og gjødsel, oppsamlet og tap. Gitt per tonn fisk produsert



Øket mengde slam med mer effektivt filtersystem, særlig mindre fordøyelig fôr.

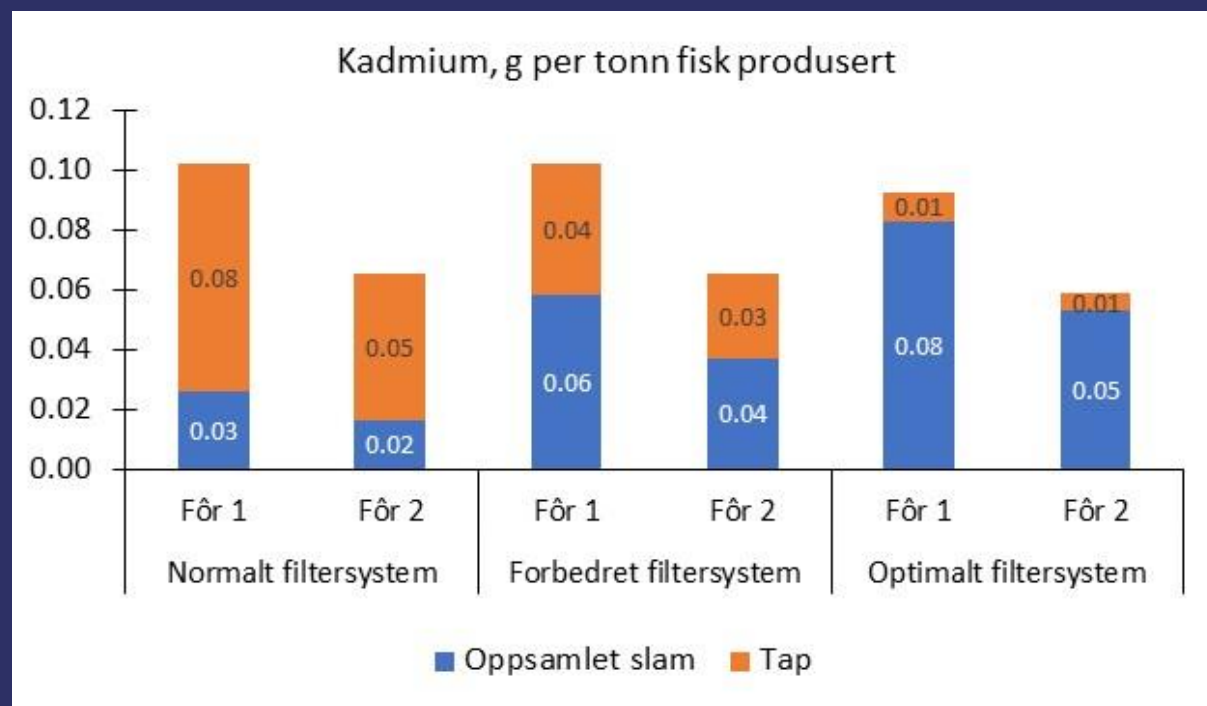
Aas, T.S., Brod, E. & Solli, L. (2025) Sammensetning og potensiale for bruk av fiskeslam uten fôrrester. Nofima rapport 2025.

# Modellert mengde kadmiom, oppsamlet og tap. Gitt per tonn fisk produsert



Fôr 1 har mest fiskemel, og inneholder derfor mest kadmiom.

# Modellert mengde kadmiom, oppsamlet og tap. Gitt per tonn fisk produsert



Fordøyelighet av kadmiom satt til null, alt som er spist ender i gjødsel. Bedret filtersystem for oppsamling av gjødsel gir økende mengde oppsamlet kadmiom.

## Modellert sammensetning av slam, *konsentrasjon*

Filtersystem:	Normalt		Forbedret		Optimalt	
	Fôr 1	Fôr 2	Fôr 1	Fôr 2	Fôr 1	Fôr 2
Energi, MJ/kg	22,3	21,7	20,3	19,9	16,9	17,6
Fosfor, %	1,3	1,6	1,4	1,7	1,6	1,8
Kadmium, mg/kg	0,37	0,18	0,53	0,23	0,81	0,30

Redusert energiinnhold og lavere verdi for produksjon av biogass med bedret filtereffektivitet. Men større mengde slam totalt. Men også større mengde slam som må filtreres, tørkes og transporteres.

## Modellert sammensetning av slam, *konsentrasjon*

Filtersystem:	Normalt		Forbedret		Optimalt	
	Fôr 1	Fôr 2	Fôr 1	Fôr 2	Fôr 1	Fôr 2
Energi, MJ/kg	22,3	21,7	20,3	19,9	16,9	17,6
Fosfor, %	1,3	1,6	1,4	1,7	1,6	1,8
Kadmium, mg/kg	0,37	0,18	0,53	0,23	0,81	0,30

Oppkonsentrering av mineraler ved høy filtereffektivitet.  
 Fosfor begrensende for bruk til gjødsling av jordbruksareal i dette eksempelet.  
 Blandet med andre kilder er dette slammet egnet til gjødsling.

Aas, T.S., Brod, E. & Solli, L. (2025) Sammensetning og potensiale for bruk av fiskeslam uten fôrrester. Nofima rapport 2025.

## Modellert sammensetning av slam, *konsentrasjon*

Filtersystem:	Normalt		Forbedret		Optimalt	
	Fôr 1	Fôr 2	Fôr 1	Fôr 2	Fôr 1	Fôr 2
Energi, MJ/kg	22,3	21,7	20,3	19,9	16,9	17,6
Fosfor, %	1,3	1,6	1,4	1,7	1,6	1,8
Kadmium, mg/kg	0,37	0,18	0,53	0,23	0,81	0,30

Kadmiumkonsentrasjonen øker med økende filtereffektivitet. Slam fra 'Optimalt' filtersystem består av bare gjødsel. Fôr 1 inneholdt mest kadmium. Høy fordøyelighet av andre komponenter, øker også konsentrasjonen av kadmium.



- Godt fordøyelig fôr
- Alt fôr spist av fisken – ingenting i slammet
- Evt oppsamling av slam samler opp gjødsel effektivt



- Gir stor mengde slam med begrenset energiinnhold og oppkonsentrering av mineraler og tungmetall

Slam bør være et 'avfall' med minst mulig verdifulle komponenter

## For å oppnå best mulig ressursutnyttelse må

- alt fôr spises av fisken
- hele systemet tas i betraktning ved uforming av regelverk, utvikling av teknologi og vurdering av ressursutnyttelse
- forbruk av energi tas med beregningene
- eventuelt oppsamlet slam bør være en rest av det som laksen ikke kan utnytte

Takk for oppmerksomheten

