

NOTAT

Til Projekt:
Udredning i forhold til kommende miljøgodkendelse af
havbrug

D. 2. maj 2013

Vedr.Leverance:
Vurdering af hvorledes krav om integreret opdræt blåmus-
linger håndteres i miljøgodkendelsesarbejdet

Fra DTU Aqua/SJS

Udledning af næringsstoffer fra havbrug.

Næringsstofbidraget fra en fiskeproduktion (havbrug) afhænger af en række faktorer, men foderforbruget er den direkte årsag. For en given produktion af fisk, f.eks. 100 tons regnbueørreder, afhænger foderforbruget af hvor godt fiskene udnytter foderet til vækst (foderkonverteringen) samt af udfodringspraksis.

I praktisk fiskeproduktion anvendes foderkvotienten som en driftsparameter. Foderkvotienten udtrykker hvor mange ton foder der skal bruges for at producere et ton fisk hvilket informerer opdrætteren om hvor effektivt hans foder omsættes til fisk. I praksis vil havbrugere indregne foderspild i foderkvotienten. Havbrugeren vil efter årets produktion sammenholde mængden af anvendt foder med mængden af produceret fisk inklusive de registrerede døde fisk. Herved fås et skøn over, om der er anvendt et godt foder, og/eller om hvorvidt foderet er disponeret på en effektiv måde. Det direkte spild af foder, som fiskene ikke æder, registreres ikke særskilt og effekten af foderkvalitet og udfodringspraksis kan derfor ikke adskilles.

Forudsættes en produktion på 100 tons fisk, som fodres med et "typisk" havbrugsfoder med nedenstående sammensætning og fordøjelighed, vil det være muligt at estimere den forventede udledning vha produktionsbidragsmodellen. Der gøres opmærksom på, at produktionsbidragsmodellen er valideret for regnbueørred i ferskvand med en størrelse på op til 800 gram og således ikke fuldt repræsenterer en havbrugsproduktion, hvor fiskene er mellem 500 og 5000 gram og opdrættes i havvand i netbure.

Tabel 1. Datainput til produktionsbidragsmodellen. Data i de gule felter afhænger af den enkelte fodersammensætning og indgår i modellens beregninger af produktionsbidraget. Det konkrete eksempel er baseret på Biomar ENVIRO939F 8-10 mm som af Biomar anbefales til ørred fra 1000 til 4000 gram.

Næringsstof / mineral	Fodersammensætning (%)	Fordøjelighed (%)
Protein	39,0	93
Fedt	33,0	91
Kulhydrat (NFE)	14,7	71
Fibre	1,7	0
Aske (inkl. fosfor)	6,1	-
Fosfor	0,8	65
Vand	5,5	-
Total	100,0	-

Før udledningen estimeres, er det nødvendigt at indregne foderkvotienten som i konkrete tilfælde vil være kendt ved produktionens afslutning. I nærværende regneeksempel er foderkvotienten sat til 1,2 og inkluderer her foderspild, som er sat til 2 %. Foderkvotienten vil i praksis afhænge af en række biologiske og driftsmæssige faktorer. Produktion af store kønsmodne fisk, som producerer rogn, giver øgede foderkvotienter sammenlignet med landbaseret dambrugsproduktion af portionsfisk. Både lave og højere foderkvotienter kan givetvis forekomme. Foderspild afhænger ligeledes af en række forhold, og der er ikke foretaget valide undersøgelser af foderspildets omfang på danske havbrug. Et foderspild på 1-2 % er typisk i ferskvandsdambrug. Foderspildet er herunder sat til 2 %.

Tabel 2. Datainput til produktionsbidragsmodellen. Foderets optag i fisken og eventuelle foderspild indgår som parametre i produktionsbidragsmodellen.

Parameter	Inputværdi	Bemærkninger
Foderkvotient (FK)	1,2	-
Foderspild (estimeret)	2	% af foder
Korrigeret foderkvotient (FK _{korr.})	1,18	korr. for foderspild
Årligt foderforbrug (ton)	120	-
Årlig produktion af fisk (ton)	100	-

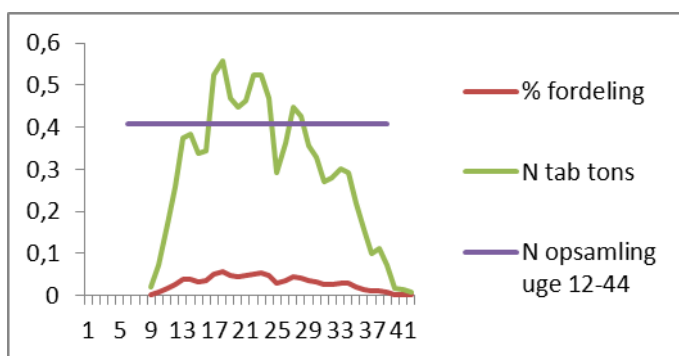
Den resulterende udledning er sammenfattet i tabellen herunder, hvoraf det fremgår, at udledningen af N i dette scenarie vil være på 4738 kg/år.

Tabel 3. Produktionsbidragsparametre ved produktion af 100 t regnbueørred opdelt i hhv. COD, BI5 N og P for anvendelse af Biomar ENVIRO 939F foder.

Produktionsbidragsparameter	Kg pr. år	Dambruget totalt	
		Kg pr. ton prod. fisk	Kg pr. ton foder
COD	38.566	378	321
heraf på partikulær form	28.804	282	240
heraf på opløst & susp. form	9.762	96	81
BI5 (modificeret)	12.402	122	103
heraf på partikulær form	7.521	74	63
heraf på opløst & susp. form	4.881	48	41
Nitrogen (N)	4.738	47	39
heraf på partikulær form	524	5	4
heraf på opløst og suspenderet form (TNopløst&susp.)	4.214	42	35
ammonium-N (andel af TNopløst&susp.)	3.034	30	25
urinstoffer (andel af TNopløst&susp.)	421	4	4
nitrit og nitrat (andel af TNopløst&susp.)	0	0	0
andre N-forbindelser (andel af TNopløst&susp.)	758	8	6
Fosfor (P)	530	5	4
heraf på partikulær form	336	3	3
heraf på opløst & suspenderet form	194	2	2

Næringsstofbidraget fra dansk havbrugsproduktion er ikke konstant over året. Produktionen er en sæsonbestemt produktion af regnbueørred. En produktionscyklus begynder i marts-april måned hvor fisk med en stykvægt på 700-1000 g overføres fra landbaserede dambrug til havbrugsanlæg. Fiskene opdrættes på havet gennem sommeren og efteråret, hvorefter de i oktober til december transporteres til land og slagtes med en stykvægt på 3-5 kg.

Figur 1 illustrerer kvælstoftabet (grøn linje) beregnet ud fra det faktiske foderforbrug på Hundshage havbrug i 2011. Figuren er unik for den konkrete situation. Fælles for danske havbrug er dog, at der ikke er fisk i vandet i perioden fra december til marts, og at udfodringen afhænger af især fiskebestandens størrelse og vandtemperaturen. Udfodringen og dermed næringsstofudledningen vil derfor alt andet lige være klokkeformet idet fiskene udsættes i marts måned og i slutningen af sæsonen gradvis fjernes fra anlæggene i forbindelse med slagtingen. Det illustrerede kvælstoftab på figur 1 er lidt atypisk, idet det generelt må forventes, at udfodringen og dermed kvælstoftabet er størst i efterårsperioden før slagtingen påbegyndes, hvor temperaturen er faldende og fiskene er relativt store.



Figur 1. Kvælstoftabet (grøn linje) estimeret ud fra det faktiske foderforbrug på havbruget Hundshage i 2011 (x akser er uge nummer og Y akser er N tab i tons per uge for den grønne linje) (Kilde: Dansk Akvakultur).

Kompensationsopdræt vha. blåmuslinger

Kompensationsopdræt baseret på blåmuslinger etableres ved at placere en stor biomasse blåmuslinger oppe i vandsøjlen, hvor der er en effektiv adgang til fødepartikler. Et typisk dansk muslingeproduktionsanlæg til konsummuslinger består af en række 200-250 m lange hovedliner, fastholdt af ankre nedskruet i bunden. Hovedlinen holdes en halv meter under overfladen med et system af bøjler og lodder. Fra hovedlinen fasthæftes det substrat, som muslingerne etableres på.

Dyrkningsmediet hænges i loops med 0,4 meters mellemrum. Dybden af disse loops er 2-8 meter alt efter vanddybden under anlægget. Længden af dyrkningsmedie bliver således 10-40 gange større end længden af hovedlinen. En hovedline på 200 meter kan således bære 2000-8000 meter bændel. En typisk størrelse anlæg, som der har været arbejdet med i Danmark (Limfjorden), består af et areal på 250*750 m (18 ha). Anlægget vil bestå af 90 liner af 200 meter hovedline, og vil med 2 m loops og 7,5-15 kg muslinger pr. meter dyrkningsmedie kunne producere 675-1350 t svarende til 37,5-75 t ha⁻¹ (Petersen et al 2010).

Som alternativ til dyrkning på langliner er der udviklet koncepter til muslingeproduktion i vandsøjlen hvor der er tilstræbt minimal manuel indsats. Muslingerne dyrkes i disse systemer (Smartfarm, Easyfarm) på net eller liner under flydende rør. Med denne teknologi undgår producenten et tidskrævende arbejde med at hænge bøjler på hovedlinen, sortering og strømpning af muslinger mm. Systemerne ventes at have større produktionskapacitet, men har vist sig mindre robuste i forbindelse ved indefrysning i vinteris. I farvandet ud for Snaptun og ved Musholm foregår der i disse år forsøg med kompensationsopdræt vha. smartfarm systemer.

Blåmuslingers føde består af partikler som de filtrerer fra vandet omkring sig. Partikler med en størrelse fra få tusindedele mm til adskillige mm tilbageholdes med stor effektivitet. Opløste næringsstoffer kan dog ikke optages af blåmuslinger.

Størstedelen af næringsstofudledningen fra havbrug udgøres af opløst næring (tabel 1-3). Med andre ord på en form, som ikke er direkte tilgængelig for muslinger.

Det tidligere viste eksempel (tabel 1-3) resulterede i et kvælstofbidrag på 4738 kg hvoraf 4214 kg (87 %) var på opløst form. En form som muslinger ikke kan optage og derved fjernes fra vandsøjlen.

For fosfors vedkommende ville 194 ud af 530 kg P (37 %) være på opløst form.

Derfor vil kun de ca. 13 % af den N, der frigives fra et havbrug i eksemplet kunne optages af blåmuslinger. Fjernelsen af den opløste del af kvælstoffet, (de 87 %) kræver, at dette optages af mikroalger eller bindes til partikulært materiale, som efterfølgende kan optages af muslinger. Den N som muslingerne i umiddelbar nærhed af et havbrug fjerner, må derfor for størstedelens vedkommende anses for at være frikoblet fra havbruget.

Ovennævnte frikobling er næppe et problem for dimensioneringen af kompensationsopdræt, idet der må forventes at være plankton nok i danske farvande til at give muslingerne gode vækstbetingelser. Muslingerne vil med andre ord optage N som ikke kommer direkte fra havbruget, men som er bundet i allerede eksisterende partikulært materiale i vandmassen. Dette åbner mulighed for, at kompensationsopdræt placeres uden umiddelbar nærhed til havbrug, idet den direkte kobling mellem næringsstof som frigives fra et havbruget og næringsstof som optaget af et muslinge anlæg beliggende nær havbruget er begrænset.

Muslingers indhold af kvælstof og fosfor er målt på linemuslinger i bl.a. Limfjorden . Indholdet af kvælstof svingede mellem 6 og 10 % af muslingernes tørvægt og fosfor udgjorde 0.6 til 0.9 % af muslingernes tørvægt. Tørvægten af linemuslingerne i Limfjorden udgør i efterårsperioden og det tidlige forår ca. 8 % af den totale vægt af muslingerne. Med et kvælstofindhold på 8-10 % af tørvægten, vil muslingerne i et næringsstofbelastet område som Limfjorden indeholde 0.8-1 % af muslingernes totalvægt. Forholdet mellem kulstof og kvælstof er ikke helt konstant, idet det er højest i sommerperioden, hvor muslingerne opbygger glycoendepoter, men svingningerne er dog begrænsede.

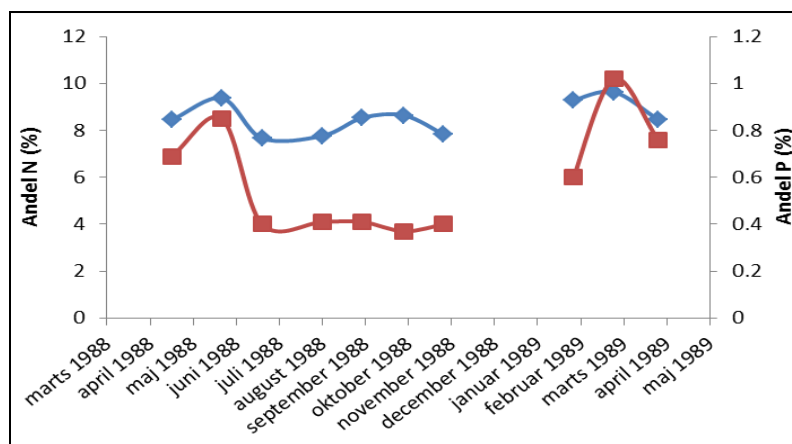
I Muslingeudvalgets Bilagsrapport er der gennemført en vurdering af, hvor store mængder næringsstoffer fjernes ved afhøstning af blåmuslinger (Tabel 4). Vurderingen er baseret på værdier indsamlet fra forskellige undersøgelser og forholdet mellem tørvægten af køddelen og muslingernes vådvægt angives til 6-15 %, hvor 9 % er anvendt i beregning. Indholdet af kulstof er fastsat til 32-45 % af tørvægten, indholdet af kvælstof er fastsat til 7-11 % og indholdet af fosfor er fastsat til 0,6 % af tørvægten.

På tilsvarende vis er der for indholdet af C, N og P i muslingeskaller gennemført en beregning. Det bemærkes her, at indholdet af N og P er væsentlig lavere end den variation, der er i muslingekødets indhold. Næringsstofindholdet i muslingeskaller er derfor ikke diskuteret nærmere, idet deres bidrag er ubetydelige i forhold til at fastlægge et forvaltningsprincip.

Tabel 4. Fra Muslingeudvalgets Bilagsrapport/JK Petersen (2004): Ved afhøstning af 1 t blåmuslinger dyrket på langliner fjernes der Kulstof (kg C), Kvælstof (kg N) og fosfor (kg P). Endvidere er tørvægt (kg tv) af henholdsvis kødfraction og skal angivet.

	TV _{kød}	Muslingekød			TV _{skal}	Skaller		
		C	N	P		C	N	P
Muslinger dyrket på langliner								
Estimat	90	39	8,5	0,5	173	5,7	1,7	0,1
Min.	60	19	4,2	0,4	154	5,1	1,5	0,1
Max.	150	65	16,5	0,9	192	6,3	1,9	0,1

I det hollandske estuarie, Oosterschelde hvor saliniteten er høj (29-32 ‰), ses et konstant kvælstofindhold på 8-10 % af tørvægten (Fig. 2). Indholdet af fosfor viser større variation med højt indhold (1 % af tørvægt) i foråret og lavere indhold i andre perioder (0,4 %). Forholdet mellem kulstof og kvælstof afspejler således variationen i muslingernes tørvægt, og forholdet mellem kvælstof og fosfor afspejler forskelle i indhold af fosfor.



Figur 2. Blåmuslinger i Oosterschelde i Holland: indhold af kvælstof (blå) og fosfor (rød) som funktion af muslingernes tørvægt (fra Smaal og Wonck 1997).

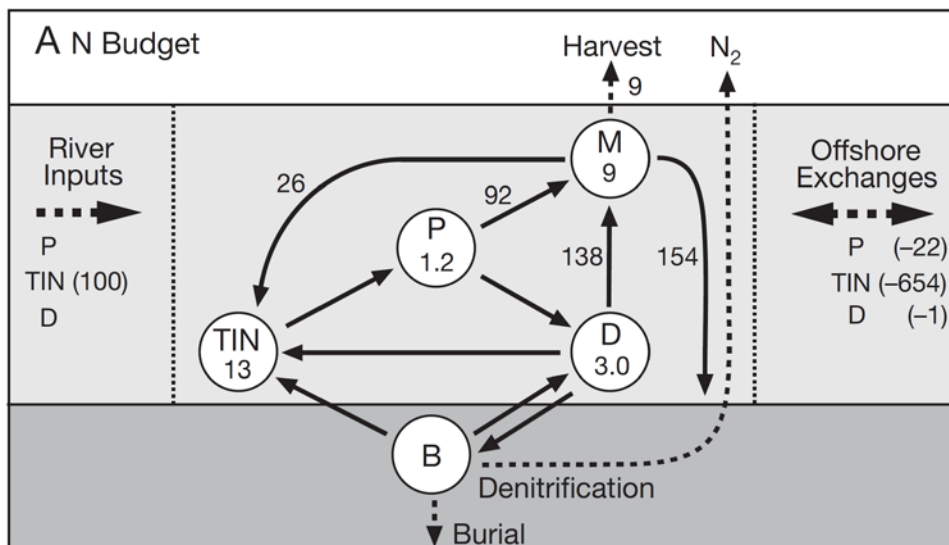
Muslingeproduktionens næringsstofoptag vil næppe være konstant over tid. Da muslingeopdræt er et biologisk system med en lang række variabler, kan der forekomme variationer i forhold til en planlagt produktion.

I danske farvande er der generelt en høj sikkerhed for opsamling af larver og produktion af muslinge-yngel.

Efter rekrutteringen er der flere risici, der mindsker sikkerheden for en planlagt næringsstoffjernelse vha. muslingeproduktion. Prædation fra søstjerner, der enten settler på opdrætssystemerne eller komme op på anlægget, hvis dette får bundkontakt, kan medføre produktionstab. Prædation fra fugle, herunder specielt edderfugl, kan resultere i væsentlige tab af muslinger. Tabene skyldes en kombination af muslinger, der ædes af fuglene, og muslinger der tabes til bunden, når fuglene river muslinger af opdrætsanlægget. Vejrhændelser kan ligeledes resultere i produktionstab. Kraftige vind- og bølge-påvirkninger kan medføre tab af muslinger fra liner eller net, eller i værste fald medføre kollaps af anlæg. Ligeledes kan vinteris medføre ødelæggelse af anlæg og tab af muslinger. Der er ikke etableret en oversigt over tab af muslingeproduktion pga. prædation eller fysisk forstyrrelse.

Formålet med muslingeopdræt er at producere en høj biomasse på et relativt lille areal. Denne produktionsform påvirker dermed en række parametre i forhold til næringsstoffernes flow i et område uden muslingeopdræt. Muslingeopdræt vil ved afhøstning fjerne en mængde næringsstoffer, men en del af den føde muslingerne optager fikseres ikke som biomasse, men sedimenterer, eller frigøres som organiske eller uorganiske forbindelser.

Kun en del af den kvælstof, der optages af muslinger ved filtration, ophobes som biomasse og kan dermed fjernes ved afhøstning af muslingekulturen. En canadisk undersøgelse af et område med intensiv produktion af muslinger på langlinesystemer i et aflukket fjord område opstillede en oversigt med budget for kvælstof, og estimerer af N-flow i økosystemet (Cranford et al 2007). Undersøgelsen viste, at biomassen af muslinger svarende til 9 t N (svarer ca. til 900 t muslinger) inden afhøstning vil have fjernet 230 t N ved filtration af plankton og detritus (figur 3). Af den fjernede kvælstofpulje, sedimenterer 154 t N ved produktion af fæces og pseudofæces, svarende til 67 % af det samlede optag, Ved ekskretion frigives 26 t N, svarende til 11 % af det samlede optag. Forholdet mellem akkumuleret kvælstof i biomasse, der kan høstes og kvælstof, der fjernes ved filtration, men frigives fra muslingerne til omgivelserne igen er 9:180, svarende til, at 4 % af frafiltreret kvælstof fjernes ved afhøstning og at en stor pulje havner som sedimentation på bunden



Figur 3. Fra Cranford et al (2007). Oversigt over kvælstofflow i canadisk fjord system med intensiv produktion af blåmuslinger på langliner. Muslingerne (M) optager årligt 92 t N ved filtration af plankton (P) og 138 t ved filtration af detritus (D). Af de samlede 230 t N, fjernes 9 t N ved høst af muslinger (Harvest), 154 t N sedimenterer på bunden og 26 t N frigives som uorganisk N (excretion).

Det fremgår af Tabel 3, at ca. 10 % af den kvælstof, der udledes fra havbrug er partikulært. Selvom der laves en tæt fysisk kobling mellem havbrug og muslingeopdræt, vil muslingerne kun fjerne en lille del af det kvælstof, der direkte frigives fra havbruget. For at den resterende del kan fjernes, skal den først indbygges i plankton, der kan bortfiltreres af muslingerne. I praksis er det således meget vanskeligt at lave en direkte kobling mellem tabet af næringsstoffer fra havbrug og optaget af samme i muslingeopdræt. Det betyder, at det ud fra et fagligt synspunkt ikke er nødvendigt, at placere havbrug og kompensationsopdræt af muslinger i umiddelbar nærhed af hinanden. Det kunne vise sig mere hensigtsmæssigt at placere muslingeopdræt i områder med høj fødekonzentration og hensigtsmæssig vanddybde. Ydermere kunne områder med lav bølgeeksponering og nærhed til landbaserede faciliteter i højere grad tages i anvendelse.

Forvaltningsmæssigt kan en afkobling af lokalitet med havbrug og lokalitet med muslingeopdræt dog medføre, at det bliver vanskeligt at dokumentere, at etablerede muslingeopdræt fungerer som kompensationsopdræt i et pågældende farvand

Fasttættelse af næringsindhold i muslinger produceret i kompensationsopdræt

En mulighed er at fastsætte generelle N og P værdier for muslinger baseret på eksisterende data. Dette kunne gøres ved f.eks. antage, at produktionen i danske farvande af 1 ton blåmuslinger fjerner 10 kg N og 0,6 kg P. Fjernelsen af næringsstoffer kan således beregnes direkte fra den afhøstede mængde. Der ses kun mindre sæsonmæssige og områdebetingede variationer i næringsstoffindholdet i linemuslinger, hvorfor de samme rater kan bruges uafhængig af afhøstningstidspunktet. Ved at anvende høststatistik som beregningsgrundlag for næringsstoffjernelse undgår myndighederne at skulle vurdere problemstillinger i forhold til settling, vækst, lokalitet mv. Beregningsgrundlaget anbefales således anvendt ved produktion af muslinger i både beskyttede og mere åbne områder. Beregnings-

grundlaget kan ligeledes benyttes uafhængigt af salinitet inden for det område, hvor der i dag er muslingeopdræt.

En alternativ metode er at de kompensationsopdrætte muslingers næringsstofindhold analyseres af certificerede laboratorier, og disse data danner grundlag for estimering af den enkelte opdrætters fjernelse af næring via kompensationsopdræt. Denne model vil påføre opdrætteren udgifter og ressourceforbrug i forbindelse med prøvetagning. Til gengæld sikres et mere nuanceret næringsstofregnskab. Jf. vejledning om saltvandsbaseret fiskeopdræt (nr. 879 af 26. juni 2006) foreslås det, at der fastsættes en samlet udledning for havbrugsproduktion for maksimalt 4 år under forudsætning af, at der samtidigt fastsættes en maksimal afvigelse fra den gennemsnitlige tilladte udledning.

Forudsætninger:

	Total N	Total P	BI5	Biomasse
Fisk (værdier stammer fra vejledning om saltvandsopdræt)	10	1,25	46,3	211
Muslinger (Tal fra Hundshage havbrug)	10	3		1099

Bemærk der opsamles ca. 3 gange så meget P i muslingerne som tabes i fiskeproduktionen. Der arbejdes ud fra et gennemsnit over 4 år med en årlig variation på max. 20 %. Den 4 årige rammeudledning må ikke overskrides. Såfremt der produceres færre fisk end planlagt, bliver kravet til reduktion (høst af muslinger) tilpasset både i forhold til den enkelte sæson og over den 4 årige periode.

På figur 1 ses hhv. N tab ved havbrugsproduktion (grøn) og N opsamling ved kompensationsopdræt (blå). Der tages udgangspunkt i et jævnt N optag fra uge 12 – 44 (i alt 13,1 t). Tab fra havbrug er vurderet ud fra et samlet tab på 10 t fordelt i forhold til den faktiske udfodring på Hundshage i 2011.

Referencer

Cranford et al 2007. Influence of mussel aquaculture on nitrogen dynamics in a nutrient enriched coastal embayment. Marine Ecology progress series vol 347:2007

Petersen JK, Maar M, Holmer M (2010) Muslinger som virkemiddel. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet