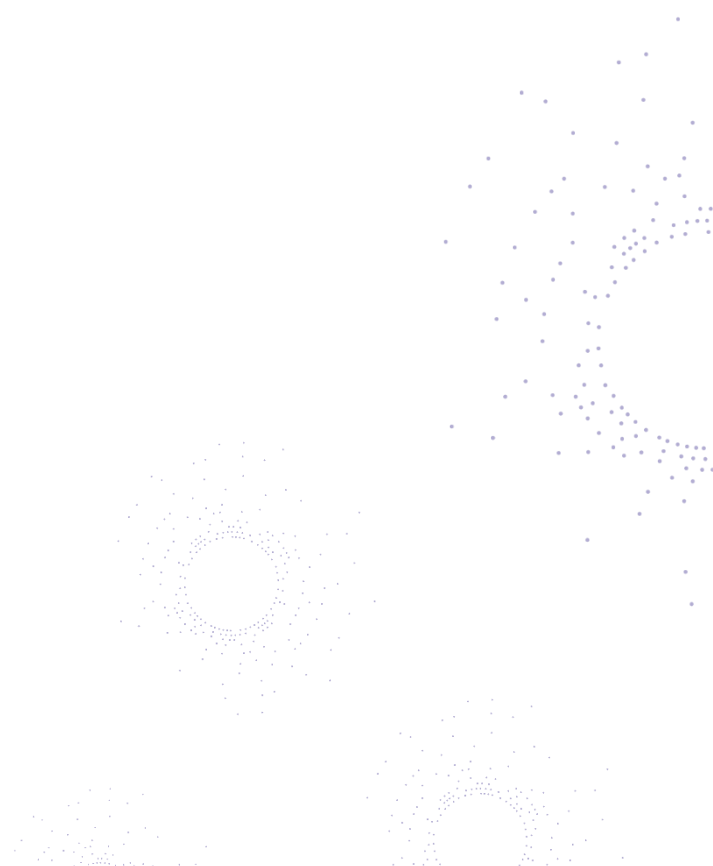


大西洋鲑鱼和虹鳟鱼养殖的 成本开发： 生物风险的成本是多少？

作者：Bård Misund

报告 41-2022，北欧健康与社会



报告标题	成本开发in 大西洋三文鱼和彩虹鳟鱼养殖：生物风险的成本是多少？
项目编号	非酒精度320612
机构	北欧健康与社会
主要	挪威研究理事会/挪威研究理事会
梯度	打开
报告编号	41-2022, 健康与安全
国际标准书号	978-82-8408-259-2
页数	73
出版日期	2022年11月
CC 许可证	抄送 BY 4.0
索引项	成本, 生物风险, 水产养殖, 水产养殖, 鲑鱼, 彩虹鳟鱼、鲑鱼虱、鱼病和鱼饲料

总结

自1970年代初取得商业突破以来，海洋鲑鱼养殖已从小规模产业发展成为挪威最大的出口产业之一。虽然大西洋鲑鱼和虹鳟鱼养殖仅占世界水产养殖产量的百分之几，但挪威水产养殖业在许多领域处于领先地位。最初，生产技术简单而小规模，但随着经验、知识的增加以及建筑技术、营养和鱼类健康的不断创新，水产养殖业的生产力急剧提高。从1980年代中期到2000年代中期的20年间，生产率高速增长，导致成本大幅降低，进而导致鲑鱼和鳟鱼价格下降（图1）。^{1,2,3}

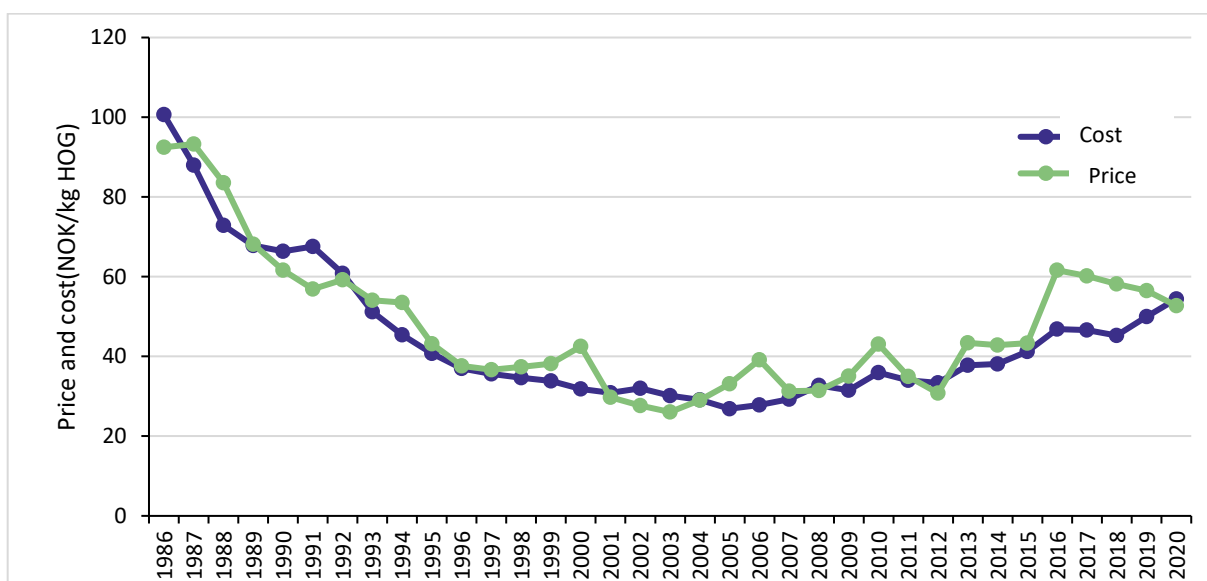


图1. 1986-2020 年的价格和成本，以每公斤内脏重量 NOK 为单位。资料来源：渔业局，1986-2020年。资本成本是单独计算的。

1980年至2005年间，产量每年增长近20%。成本下降在2005年左右逆转，2005年至2020年期间，生产成本名义上增加了176%（按实际挪威克朗计算为102%）。成本平均每年增加7%，比通货膨胀快几倍。⁴

¹1970年代是海洋的突破。在 50 年代和 60 年代，陆地上已经生产了鳟鱼。看例如伯格（2002）。

²见里夫和萨森（2012）和特维特罗斯等人（2019）。

³见阿费韦基等人（2022）。

⁴包括资本成本。渔业局盈利能力调查中报告的成本以名义和固定挪威克朗计算分别增加了148%和82%。

即使在 2020 年之后，成本增长仍在继续，包括资本成本在内的内脏重量接近 60 挪威克朗/公斤内脏重量。尽管自 2016 年以来，三文鱼价格一直保持在相对较高的水平，但成本增加导致盈利能力下降。2020 年，营业利润率低于 2005 年。这一发展应该担心的不仅仅是鲑鱼养殖者。行业风险随着成本上升而增加。稳定提高三文鱼价格对于支付正常回报 是必要的。⁵

本报告的目的是调查成本爆炸背后的原因，特别关注生物风险。Nofima 和 Kontali 此前对虱子、小鲑鱼和资本等因素进行了多次彻底分析。⁶ “生物成本”是一个被广泛讨论但研究很少的成本项目。因此，本报告的重点是评估 虱子和疾病等生物风险因素的成本。这是一个变得越来越重要的话题，在学术文献中，它被称为全球动物疾病负担（GBADs）。⁷ 水产养殖中生物风险的影响也是公地悲剧（公地悲剧）的一个例子，疾病和虱子从一个设施传播到另一个设施，因此一个养殖者做出的决定也将对附近的其他养鱼者产生负面影响，并导致整个行业的成本增加。⁸

总之，自 2005 年以来最重要的成本驱动因素是：

1. **要素投入价格较高。** 重要投入要素的价格已经上涨，特别是饲料。2005-2020 年间，饲料价格上涨了~50%，以挪威克朗（2020-NOK）衡量。由于鱼饲料中若干投入要素的价格形成发生在全球市场（以美元列出），克朗的贬值导致饲料价格上涨。自 2020 年以来，克朗，尤其是兑美元，进一步贬值，重要投入因素的价格上涨（部分原因是乌克兰危机），这将给未来的生产成本带来进一步的压力。
2. **增加资本密集度。** 固定资产、孵化场、作业船和特种船、加工厂等的投资增长导致资本成本增加，其形式是折旧增加和资本回报要求提高。投资增长的驱动力是需要能够生产更多的鱼（例如更大的孵化场），需要更大的船只，但也由于更严格的法规（见下文第 4 点）。⁹

⁵正常回报意味着必要的盈利能力覆盖所有成本，包括投资资本回报。换句话说，运营和资本成本的总和。

⁶例如见 Iversen 等人。(2019)。

⁷看例如 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34542092/>

⁸见 Estay 和斯特兰伦德(2022)。

⁹有关水产养殖投资的更多信息，请参阅 Blomgren 等人（2019a;2019b）和 Misund 等人（2019a, 2019c）。

3. **生物风险。** 所有食品工业生产都将涉及生物风险（疾病、压力、生长减少和死亡率）。在鲑鱼养殖中，疾病和虱子尤其是生物风险的最大来源，但这种影响也可能因次优的植物操作和处理（例如特定的除虱方法）而放大。在过去十年中，生物风险的成本大大增加，并且与同期水产养殖业的一些变化和事件相吻合，这使得很难指出单一的主要原因。2008-2013年期间引入了更严格的虱子限制，并可能导致2012年后虱子强度增加。2015年左右，化学除虱剂的有效性急剧下降，导致相对未经证实的新型非药用除虱技术（机械和热）急剧增加。该国部分地区也受到PD，ISA和CMS（心脏破裂）等病毒性疾病发病率增加的影响。与非药物性脱节相关的大型鱼类的死亡率增加，并且经常检测到心脏破裂。自2010年以来，死鱼的平均重量从约1公斤增加到2公斤以上。当投入要素的价格增加时，死鱼的成本也会增加。死鱼重量的增加将放大投入价格上涨对生产成本的影响。这种合并是过去10年成本增加的重要驱动因素。此外，生物问题可能导致强制屠宰和降低屠宰重量，这既增加了成本，又降低了实现的价格（由于小鱼的价格折扣）。影响鱼类外观的疾病和寄生虫感染会导致质量分级降低，从而降低价格折扣。生物问题也将导致生产能力的次优利用，因此固定成本分摊到更少的公斤上。小鲑鱼质量也可能是一个潜在的解释因素，最近对此进行了大量讨论。
4. **法规。** 法规通过各种机制影响成本和盈利能力。孤立地看，更严格的虱子法规会增加养鱼户的成本，由于虱子压力的差异，一些公司的成本将比其他公司增加更多。环境法规（虱子、疾病、逃逸、排放）意味着生产增长无法跟上需求增长，无法以*监管（政策租金）*的形式提供非凡的盈利能力，这反过来又刺激了可能增加成本的活动（见下一点）。更严格的虱子法规和养鱼者对更频繁和更强烈的除虱的反应相结合，可能有助于在2015/2016年期间发展鲑鱼虱对化学制剂的抗性。随后非药用虱子治疗的快速增长导致大型鱼类的死亡率增加。此外，生物量接近人与生物圈计划限制的养鱼者将有动力投资于提高人与生物圈计划的利用率。**M¹⁰AB** 限制仅在秋季短期内具有约束力，如果有利可图，将激励一年中剩余时间增加山地车利用率（该机制在第5点中解释）。这同样适用于提高公司总人与生物圈计划（集团、公司和站点**M A B**）利用率的激励措施。例如，缩短生产周期（例如，使用大小龄鲑）可以提高**MAB**的利用率。

¹⁰最大允许生物量（**MAB**）是农民在任何给定时间允许在其农场中拥有多少生物量的限制。

5. **价格高。**挪威和其他生产国日益严格的环境和鱼类健康法规导致养殖鲑鱼和虹鳟鱼的全球市场价格居高不下。该法规的目的是减少虱子、逃逸、疾病等对环境的影响。水产养殖中的环境和鱼类健康法规的例子是交通灯系统（鲑鱼虱），虱子法规（鲑鱼虱），技术要求（逃生es）和地点之间的距离要求（生物安全）。尤其是，国家和区域当局一直不愿意提高生产能力和批准新地点，这本身就是一项重要的生产限制措施。其结果是，与前几个时期相比，过去十年的产量增长较低，并导致三文鱼价格和盈利能力上升。同时，根据现行法规，仍然有机会在集约化（例如增加MAB产能的利用率）和广泛的利润（例如购买新的MAB产能，开发许可证和其他非商业许可证）方面增加产量。只要提高产能利用率的边际收入超过其边际成本，这样做在经济上是有利可图的。因此，旨在提高产能利用率的战略，例如后小龄鲑战略，可能是成本和资本密集度上升的驱动因素。¹¹

“生物成本”不是由公司或渔业局直接报告的，因此必须根据其他信息来源进行估算，并基于可能引起测量误差的某些假设。虱子侵扰、虱子治疗和疾病等之间关系的复杂性使虱子的成本与其他生物学问题的隔离变得复杂。虱子治疗的直接成本是可以计算的，但是压力、生长减少和对疾病的易感性增加造成的间接成本呢？一些疾病，如CMS，结合机械和热虱治疗，可导致死亡。那么，死亡的来源是什么，是虱子侵扰，病毒性疾病还是两者兼而有之？

对虱子和疾病的成本有个人估计，但到目前为止还没有总体估计。因此，本报告使用更一般的生物成本衡量标准。它基于经济的饲料转化率。饲料转化率会受到许多生产要素的影响，例如饲料废物、食用饲料的更清洁的鱼、饲料成分的变化，但主要是疾病、压力、饥饿和死亡等因素将是饲料转化率高的主要原因。因此，经济和最佳生物饲料转化率之间的差异是生物风险的间接衡量标准。

实现的经济饲料转化率与理论饲料转化率s（理想/乌托邦）之间的差异分别为0.9和1.0，用于估算间接生物成本。直接生物成本估计为“其他”运营成本的比例，总生物成本计算为间接成本和直接成本的总和。提出了两个估计数，其中一个（理想的饲料转化率为0.9）应被视

¹¹跟密集意味着现有容量更好利用，而与e扩展意味着容量增加（例如更多站点，更多MAB）。

为与生物风险相关的私人成本的较高估计数。第二个估计（理想的饲料转化率为1.0）将表明成本，其中还包括饲料浪费等因素。¹²¹³

该方法很简单，有其优点和缺点。缺点是该方法基于一些简化的假设，这些假设会产生测量误差和不精确的估计。生物成本估算对理想饲料转化率的参考水平很敏感。该方法的优点是可以使用公开可用的数据来估计“生物”成本的水平。对报告最重要的贡献之一是证明计算生物风险的成本是有用的，因为它们可能很大。随着时间的推移和跨生产领域的开发可能比关卡本身更有用。对地理差异的分析表明，当根据生物成本进行调整时，跨地区的生产成本变得更加均匀。结果还表明，需要对这一主题进行更多的研究。但是，应该开发更先进的方法，以减少测量误差并提供更精确的估计。

图2显示了自1994年以来的发展生物成本。成本下降到2000年代中期，但在接下来的15年里一直呈上升趋势。所有生产县都出现了相同的发展（图3）。

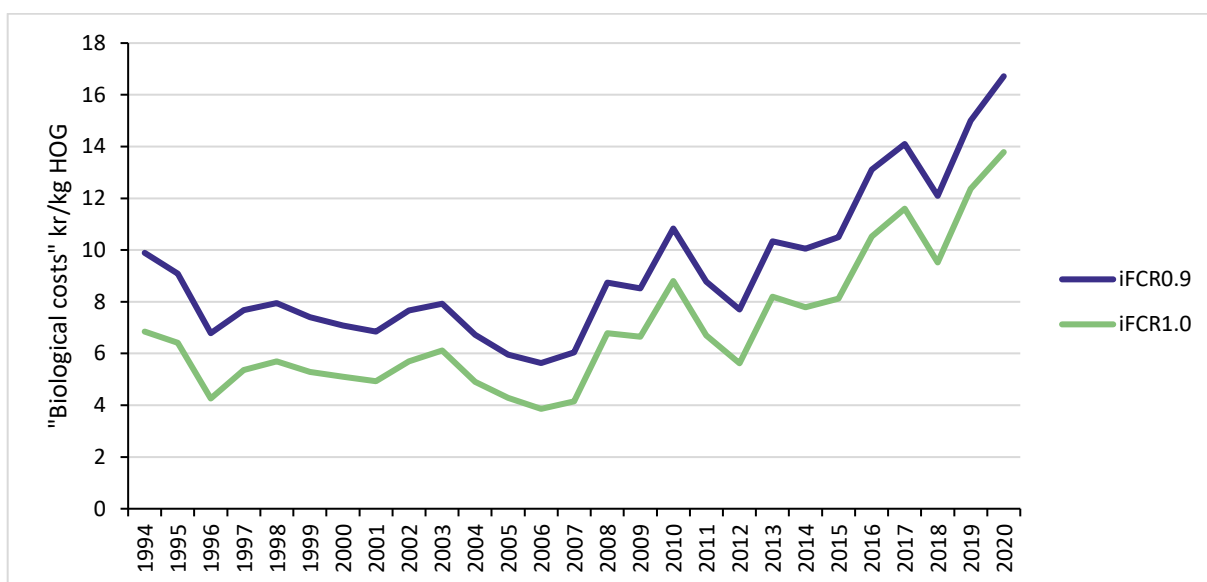


图2. “生物”成本以每公斤内脏重量固定的 2020 克朗（内脏重量的头部，HOG）。根据理想饲料转化率 s 0.9（iFCR0.9）和 1.0（iFCR1.0）计算得出。根据渔业局的盈利能力调查进行自己的计算。

¹² 其他运营成本的一部分根据键 25 分配给生物学成本 根据 2015 年其他运营费用的历史分析计算得出的百分比–2020.

¹³ 私人成本用于公司成本，而社会成本用于社会成本。

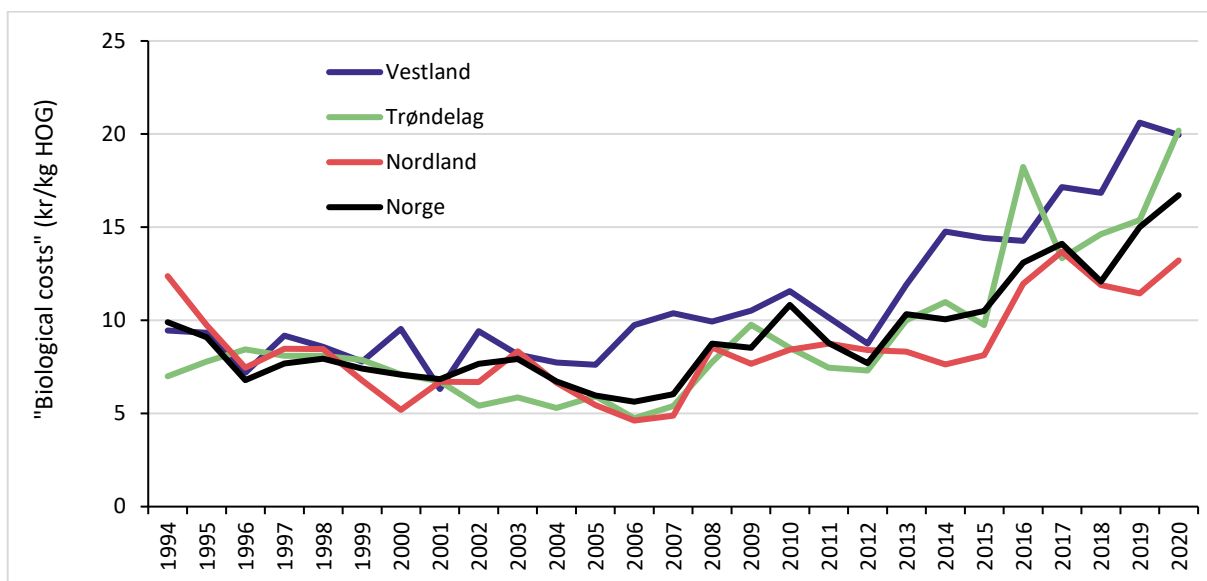


图3. “生物成本”的区域差异 （基于iFCR0.9）。固定每公斤猪 2020 挪威克朗。根据渔业局的盈利能力调查进行自己的计算。

2005年以前，生物成本的区域差异很小，而2005年之后，差异有所增加。韦斯特兰县的生物学成本通常最高，诺德兰最低。提取生物学成本可以更好地了解其他成本要素的发展情况。结果表明，不同县域养鱼户之间的饲料成本和其他成本变化正在急剧下降，生物风险的变化是导致生产成本区域差异的最大因素之一。

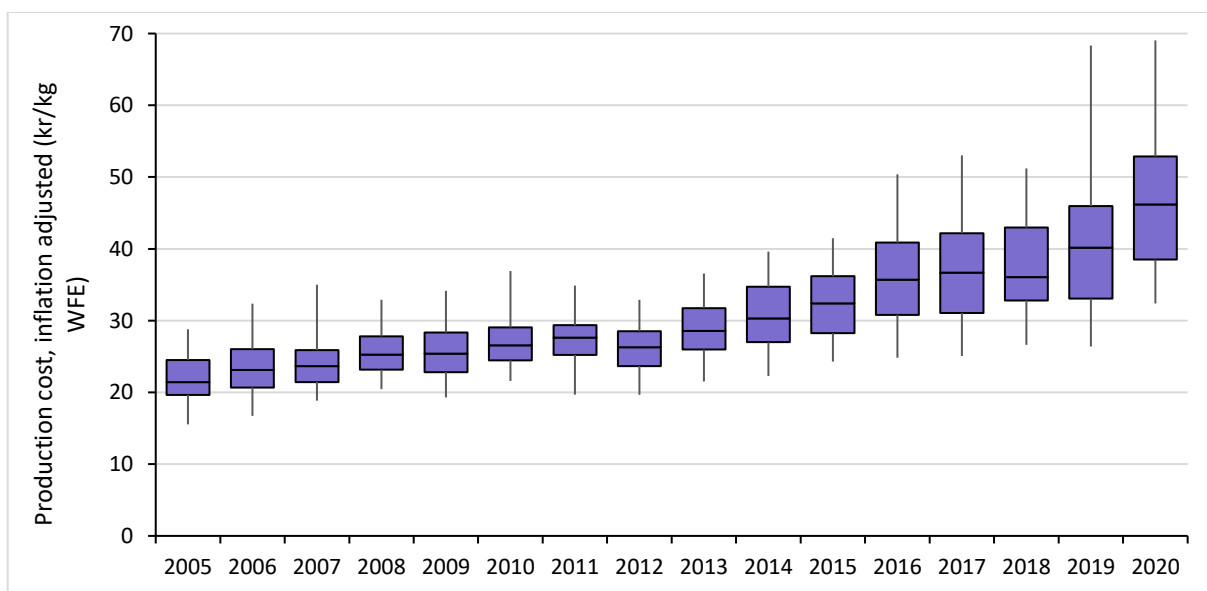


图4. 生产成本的变化（挪威克朗/内脏重量）。框包含 50% 的商家，而垂直线包含 90%。框中的水平线表示中位数。这些数字取自渔业局的盈利能力调查。

如今，生物成本是鲑鱼养殖中最大的成本项目之一，自2012年以来，生物成本增加了一倍多。除了成本水平大幅增加外，生产成本的利差也大幅增加（图2）。成本差异的增加在2012年之后尤为明显，并且与生物成本的增加和生物学成本的区域差异增加相吻合。

因此，计算生物成本很重要，原因有几个。首先，它们在活体动物生产中并不是一个微不足道的成本要素。如果不隔离生物成本，其他成本将在生产中分配，并高估其他成本要素（如饲料、小鲑鱼、折旧等）的重要性。饲料成本的增加可以掩盖实际上由于生物风险增加的因素。此外，生物学成本将为兽医当局提供可用于计算水产养殖GBAD的有用知识。对于养鱼户来说，这将对设施之间成本进行基准测试的有用信息。同样重要的是，如果目的是调查替代养殖技术的盈利能力，那么分离生物成本将更好地了解在开放式网箱中养殖的成本。在计算没有虱子或近海水产养殖技术的半封闭设施投资的盈利能力时，基于频繁虱子侵扰的开放式网箱生产的饲料成本与使用无关。¹⁴

该分析还有另一个重要贡献。它显示了负外部性的内化程度增加。负外部性是经济学家用来描述由于公司活动而产生的社会成本的术语，这些成本不由企业本身承担，在公司成本和社会成本之间制造了楔子。污染就是这样一个例子。典型的教科书例子是一家工厂，由于污染而污染并给其他企业带来经济负担。然后，经典的教科书解决方案是对公司征收环境税（Pigouvian税），该税设定为等于环境破坏的边际成本。由于税收，公司的成本将随着环境损害成本水平的增加而增加，符合污染者付费原则。用技术术语来说，这被称为负外部性的内部化。然而，这种经典的教科书定义很少涵盖水产养殖中最重要的外部因素，如虱子和疾病。虽然海虱和鲑鱼养殖疾病对野生鲑鱼的影响符合经典定义，但它们并没有完全描述水产养殖中鲑虱和鱼类疾病对社会造成的成本。因此，¹⁵空间外部性一词更合适，描述了企业相互污染的情况，并可能引起公地悲剧。在水产养殖中，鲑鱼虱和疾病将在工厂之间传播。这将增加虱子和疾病多发地区的养鱼户的成本，并提供外部性的部分内部化。最近的研究表明，现行法规放大了这种影响。本报告的分析结果表明，空间外部性带来的社会成本是巨大的，主要由农民自己承担。更严格的环境和鱼类健康法规，如虱子限制和交通信号灯系统，促成了社会虱子和疾病成本的内部化。虱子水平高的地区（Vestland）的生物成本也最高，而虱子水平低的地区（Nordland）的生物成本最低。这些发现将对水产养殖业的法规和税收选择

¹⁴另见Tveterås等人（2020a; 2020b; 2020c）。

¹⁵见阿什，F.，埃格特，H.，奥格伦德一个。罗海姆，C.A.和史密斯，医学博士（2022）。水产养殖：外部性和政策选择。环境经济与政策评论，16（2），282–305和Estay，M.，&斯特兰伦德，J.K.（2022）。进入、位置和最佳环境政策。资源与能源经济学，70，101326。

产生影响。例如，当养殖者的虱子成本已经很高，并且随着地理区域内海虱感染的增加而增加时，对养殖鲑鱼征收鲑鱼虱子环境税效果如何？¹⁶ 虱子¹⁷法规和交通信号灯系统已经为减少养殖鲑鱼的虱子提供了激励措施。

此外，研究结果将为其他税种（例如资源租金税）的优化设计提供有用的信息。在一个由环境法规创造非凡盈利能力的行业中，资源权益税将如何运作，并且主要外部性部分内部化且范围相当大，尚未在学术上研究。如果不考察行业超额利润背后的原因，很容易被误导，认为利润是资源租金，而不是监管租金（由环境监管产生），并提出不正确的政策措施。也没有评估水产养殖资源租金税的环境后果。养鱼户与虱子、疾病和逃逸有关的直接和间接成本将在基于利润或基于¹⁸¹⁹现金流的资源租金税中扣除。这意味着社会从这些成本中分得的份额等于税率水平（例如补贴）。78%的边际税率意味着社会承担了类似的生物成本份额，换句话说，国家将承担78%的生物成本。其他形式的资源租金税，如特许权使用费，不会产生这种效果。如果社会希望将投资和活动转向更有效地利用资源，扭曲税收将更加重要（例如环境税、补贴等）。对中性税收的一个常见批评是，它们不会为更有效地利用资源提供激励。这正是中性税收的目的，它们不应该影响公司决策。另一方面，对生产税、人与生物圈计划或递延小鲑鱼数量征税，都可以根据良好税收制度的意图，为更有效地利用资源提供可能的激励²⁰。同时，它们也将成为税收来源。

¹⁶参见Estay, M.和斯特兰伦德, J. K. (2022). 进入、位置和最佳环境政策。资源与能源经济学, 70, 101326。

¹⁷看奥格伦德和索伊尼 (2020)。

¹⁸奥格伦德和索伊诺 (2020) 是一个例外。

¹⁹NOU 2019 : 18«水产养殖税»没有评估资源租金税的环境后果即使它是命令但让基于以下现行环境法规是足够e (见第26页–第27条第2.3款)。最近的研究表明然而环境法规强化了水产养殖中的环境挑战。

²⁰一个好的税收制度的一个重要目标是，它“应该有助于或尽可能少地阻碍资源的有效利用”（NOU 2000 : 18 «石油活动的税收“，第28页）。转向更有效地利用资源的税收比中性税收更受欢迎。

谢谢

本报告中的工作受到记者Bent Are Jensen在Intrafish的一个问题的启发，他想知道鱼病的成本是多少。有一些关于虱子的研究，但很少有关于鱼病经济后果的学术研究。

本报告由挪威研究理事会项目320612“多技术鲑鱼养殖统一监管框架（MULTITECH）”资助，并受益于“全球动物疾病负担”项目的资金。GBAD的计划“和UiS商学院（休假）。

作者要感谢Svein Angell, Edgar Brun, Merete Fauske, Ole Folkedal, Aslak Forus, Bjarne Hatlen, Tord Ludvigsen, Frode Oppedal, Endre Seter, Ragnar Tveterås, Paul Steinar Valle, Cecilie Walde, Håvard Walle等人的帮助和有用的信息。

作者简介

Bård Misund是斯塔万格大学商学院的金融学教授。他拥有水产养殖生物学 M.Sc、金融 M.Sc 和工业经济学博士学位。Misund之前曾在能源和海鲜行业工作。他参与由国家和国际资助机构资助的研究项目，以及行业资助的研究，他还为工业和公共部门提供咨询工作。

内容

总结	22	2
1.		14
		14
		14
1.1.	19	19
		19
1.1.1.	21	21
		21
		21
1.2.	23	23
		23
2.	25	25
		25
2.1.	25	25
		25
2.2.	31	31
		31
2.3.	32	32
		32

	.....	32
2.4.	33货币影响	
		
	3330	
		
	33	
2.5.	35饲料转化率	
		
	3531	
		
	35	
3.	37生物风险的成本是多少？	
		
	3733	
		
	37	
3.1.	37饲料转化率是衡量效率低下的指标	
		
	3733	
		
	37	
3.2.	38饲料转化率作为生物成本的衡量	
		
	38标准 34	
		
	38	
3.3.	42随时间发展	
		
	4238	
		
	42	
3.4.	43根据生物风险调整生产成本构成	
		
	4339	
		
	43	
3.5.	44地区差异	
		
	4440	
		
	44	

3.6.	.....	49	大公司与小公司
			
	.....	49	44
			
	.....	49	
4.	.....	51	生物成本增加的原因
			
	.....	51	46
			
	.....	51	
5.	.....	63	结论
			
	.....	63	57
			
	.....	63	
6.	.....	66	参考资料
			
	.....	66	60
			
	.....	66	
7.	.....	Feil! Bokmerke er ikke definert. 附录：法规的历史发展和重要事件	
			
	.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.	67
			
	.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.	

1. 介绍

挪威渔业局自1982年以来一直对鲑鱼和鳟鱼养殖进行盈利调查。生产成本和盈利能力的计算方法随时间推移而变化，可能会影响可比性。例如，从2009年的数据来看，在1982-2008年期间，从经济学的角度使用了面向商业的计算方法²¹。在1980年代的头几年，方法发生了一些变化，因此渔业局的官方时间序列从1986年开始，而不是1982年。不同的计算方法会导致生产成本和盈利能力的变化。²¹

除了生产成本和盈利能力的平均数字外，该局还公布了生产成本构成、养殖者实现的鲑鱼和虹鳟鱼价格、饲料价格、饲料转化率以及不同县和规模公司生产成本和盈利能力的差异等信息。同样重要的是，该数据集包含生产成本、营业利润率和饲料转化率的匿名分散表，这些表提供了有关这些变量变化的有用信息。之所以包括分散表，可以在1984年的盈利能力调查（渔业局，1984年，自己的翻译）中阅读：

“水产养殖业的典型特征之一，也通过渔业局进行的所有盈利能力调查得到证明，是经营结果的巨大差异。解释自然是养鱼场运营的不确定性。这些植物在无法百分百控制的自然环境中运行。近年来的事件表明，要充分了解这种环境，还有很长的路要走。疾病，风暴，不同生物体的损害是关键词，可以解释如何在极短的时间内将良好结果变成负面结果。因此，在阅读表格时，应该记住数据存在非常大的差异。”

上面的报价也可能是在 2022 年写的。因此，水产养殖成本和利润分析还应包括对公司和地区变量变化的分析，以便全面了解发展情况。本报告稍后将对此进行讨论。

下图显示了 1974-2020 年平均生产成本的发展情况（图 1）。价格和成本发展至少经历了3个阶段。第一次，在1970年至1980年代中期之间，成本和价格都处于以实际克朗衡量的历史高位。从1980年代中期到2005年左右，价格和成本都下降了。在图表中的过去15年中，成本一直呈上升趋势，价格围绕成本波动。下面，报告将更详细地介绍这三个阶段。²²

²¹看例如。2009年盈利能力调查，第13页，举例说明这如何产生影响（渔业局，2009年）。

²²另见阿什和奥格伦德(2016)。

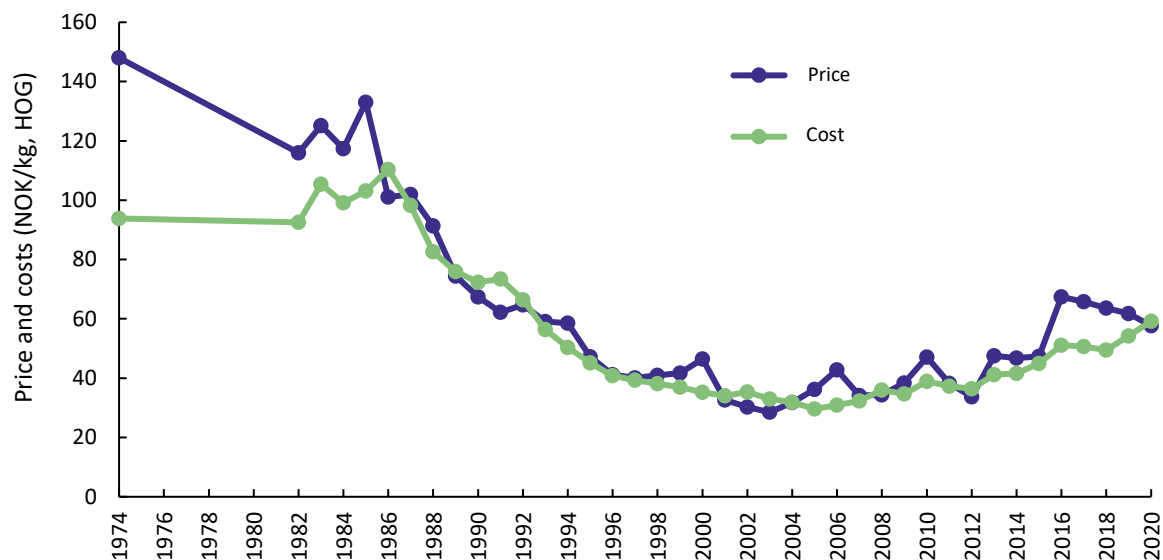


图3. 1976-2020年销售价格和生产成本（HOG）。这些数字基于挪威渔业局的盈利能力调查，包括屠宰率和包装成本。此外，还增加了相当于所需回报率10%乘以账面总资产的资本成本。价格是农民实现的价格。所有值均已转换为固定 NOK 2022。资料来源：渔业局的盈利能力调查（1982-2020）和NOU 1977 : 39（1974）。

成立阶段 1970–1985

挪威鲑鱼养殖的商业突破出现在1970年代初。八角形的Grøntvedt网箱使得在海中生产鲑鱼和鳟鱼成为可能。笼子由木头、聚苯乙烯和汽车轮胎制成的浮动项圈和网组成。格伦特维特兄弟的成功故事沿着海岸迅速传播，农民的数量也越来越多。一开始，农业技术变化很大。一开始，en封闭的海域s 也被使用。除了Grøndvedtmerden，还使用了其他品种的flotating笼子。第一个塑料笼出现在1974年，由Polarcirkel（今天是AKVA集团ASA的一部分）生产。在80年代，钢结构也开始流行。当局无法决定养鱼场应该有多大，并在第一阶段上下更改了水产养殖许可证数量。

这一时期的特点是重大的疾病挑战（细菌性疾病弧菌病和冷水弧菌病/Hitra病），用抗生素治疗，这反过来又导致在此期间抗生素的使用急剧增加。这些地点比今天更隐蔽，更浅，多余的饲料和鱼粪堆积在网箱下，可能对养殖鱼类和底栖动物造成问题。

关于第一个十年的生产成本的信息很少。Lysø委员会的挪威官方报告根据1974 年的数字对当时养鱼场的盈利能力进行了分析（NOU 1977 : 39）。直到1982年，渔业局才开始公布养鱼场的盈利能力调查。²³

生产率增长 1985-2005

在1980年代至2000年代中期，生产成本下降。这一发展是由强劲的生产力增长、创新和规模效应推动的（Tveterås, 1999年;阿舍等人, 2013a;2013b;阿弗韦基等人, 2022 年）。80年代后期的许可轮次增加了允许的网箱数量，公司数量，增加了小鲑鱼的放生量，增加了干饲料的使用。

1985年放宽了孵化场许可证规则，导致新品种小鲑生产设施（生产周期的陆地阶段）的增长。加上1980年代后半期的几个养成许可证（生产周期的海阶段），鲑鱼产量大幅增加，这对挪威水产养殖业产生了一些负面影响，这种影响持续了几十年。产量的增加导致出口增长，这反过来又导致价格大幅下跌，导致出口国竞争性养殖户的倾销指控。特别是爱尔兰，苏格兰和北美的农民很活跃。在美国，1991年引入了27%的惩罚性关税，持续了20年。在20-25年期间，挪威养鱼者一再受到指控，导致与欧盟发生广泛而持久的贸易冲突，影响了这一时期的生产法规和许可。

1991年，放宽了对ongrow许可证的所有权限制，其结果是该行业的全面整合，大约2/3的公司被收购并并入更大的公司，为规模经济提供了机会。由于80年代产量的急剧增加和欧盟/美国的贸易问题，1989年停止了新的许可轮次。直到2002年才宣布新的许可证。尽管在90年代停止了许可，但生产力继续提高，针对细菌性疾病弧菌病，冷水弧菌病和fur病的新疫苗，使用更大和更坚固的笼子以及使用更多暴露的地点。在1990年（²⁴许可证暂停开始）和2002年（许可证暂停结束）之间，鲑鱼和虹鳟鱼的年产量增加了约33,000公吨（~11%），总计近400,000 公吨 吨。价格下跌使三文鱼可供新客户群体使用（Asche和Bjørndal, 2011年），这导致了强劲但变化不等的需求增长。1990 年代初和 2000 年代的低价格导致了两次

²³分析由莱杜尔夫NHH渔业经济研究所的Berge。数据来自渔业局1974年的鱼类养殖调查表，此外还有来自养鱼户的补充资料，共有53个设施。

²⁴早在 1980 年代，孵化场生产就已自由化，并导致小鲑鱼产量急剧增加，这反过来也被用作增加生长鱼类许可证。

广泛的破产浪潮，这加强了整合率（Asche 等人，2013 年；米松德，2017年；张和特维特罗斯，2022 年）。

2005-2020年成本增长期

在 2000 年代中期，生产率增长下降并减缓了生产成本的下降（Vassdal 和 Holst，2011 年；阿舍等人，2013a；2013b）。自 2005 年达到成本低谷以来，生产成本一直呈上升趋势。从 2005 年的底部到 2020 年，以实际克朗计算的平均生产成本增加了 102%，自 2012 年达到 M A B 限制以来增加了约 63%。这相当于每年增加 6.3% 的费用（按名义价值计算为 8.7%）。2005 年至 2020 年期间，价格上涨了 19.65 挪威克朗（挪威克朗/公斤内脏重量，固定 2020-挪威克朗），而成本增加了 18.08 挪威克朗/公斤，因此 2020 年的行业营业利润率低于 15 年前。

2005 年以后的时期的特点是法规收紧，特别是环境法规。2005 年，水产养殖许可证的大小从最大水量和饲料配额改为最大允许生物量（MAB）。同时，在各个级别建立了 M A B 限制；网站、公司和合并公司。大多数县的标准许可证是 780 吨人与生物圈计划，特罗姆斯和芬马克的标准许可证为 945 吨人与生物圈计划。从那时起，M A B 系统已经多次改变，例如临时计划，如 Bremnes 模型，2015 年克里米亚入侵后的 M A B 调整，以及 2011 年特罗姆斯和芬马克以及 2015 年全国养鱼户人与生物圈计划增加 5%，虱子限制极低。2017 年，引入了一个更持久，系统和可预测的生产增长系统。交通信号灯系统（TLS）将海岸划分为 13 个生产区（Pas），根据环境影响程度，这些生产区域的颜色为红色，黄色或绿色。红绿灯系统旨在采用模块化，将陆续引入新的环境指标。今天，只有鲑虱引起的野生大西洋鲑鱼洄游小鲑鱼死亡被用作环境指标。TLS 评估每两年进行一次，并确定是否允许生产区的养鱼者将 M A B 增加 6%（绿色）或获得 6% 的 MAB 回撤（红色区域）。黄色区域没有调整。到目前为止，绿色区域已经进行了 3 次上调，红色区域进行了 2 轮回撤。各种临时调整和红绿灯系统调整的影响意味着水产养殖许可证不再有标准尺寸。^{25,26}

MAB 系统并不是监管该行业的唯一方式。有大量关于水产养殖活动的法律、法规和其他形式的监管（Solås 等人，2015 年；罗伯逊等人，2016 年；奥斯蒙森等人，2017 年）。对现有法规进行了更改（收紧），并且随着时间的推移引入了许多新法规（见附录 1）。在过去的 15-20 年中，收紧法规的动机越来越多地受到环境和鱼类健康考虑（Osmundsen 等人，2017 年；格

²⁵ 见文章比约恩·赫苏格（赫苏格，2021 年；2022 年）、特维特罗斯等人（2020 年）和罗伯逊等人（2020a、2020b）有关法规和许可制度随时间变化的更多信息。

²⁶ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/februar/trafikklys>

雷克等人, 2020 年; 奥斯蒙森等人, 2020 年; 拉森和沃梅尔; 2021; 奥斯蒙森等人, 2022 年;), 也在国外 (安德森等人, 2019 年)。收紧的环境和鱼类健康法规的例子有:

1. **虱子水平。**《虱子计数条例》规定了每条养殖鲑鱼允许的成熟雌虱数量。引入该法规 是为了减少 鲑虱从水产养殖到野生鲑科动物的传播。虱子计数条例于1998年首次引入, 但后来多次修订 (见图5和附录1)。第一项法规将虱子限制在春季的2个性成熟雌性虱子, 其余时间为5个。鲑鱼虱的数量每两到四周计数一次, 只有在超过虱子限制时才强制除虱。渐渐地, 该法规被修订为更频繁的测量, 更低的虱子限值, 以及何时应该进行除虱的变化 (从达到虱子限制后强制除虱的要求到达到虱子 限值之前)。此外, 对所谓的特殊绿色许可证和能够在交通信号灯系统中的豁免条款下, 对虱子有特别严格的要求。根据现行规则 (2013年法规), 每条养殖鲑鱼最多允许0.5个成熟的雌性虱子, 但春季的6周限制为0.2 (在野生鲑鱼从河流迁移到海洋的时期)。²⁷

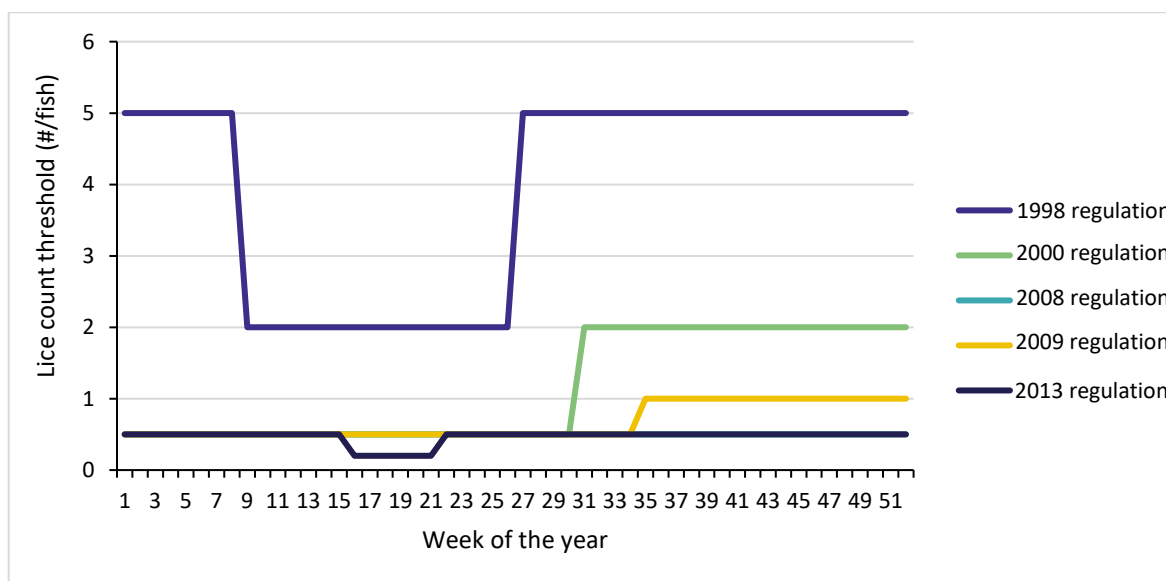


图5.挪威 南部随时间推移的虱子边界。资料来源：洛夫达特。

2. **地点之间的距离要求。** 由于感染传播/生物安全的原因, 引入了站点之间最小距离的要求。这些要求没有在单独的法规中规定, 而是在挪威食品安全局的指导方针之一中规定, 并对养殖地点之间的距离设定了限制。随着时间的推移, 距离要求变得越来越严格。在1970年代和1980年代, 实行200米的距离要求, 后来在1980年代后半期

²⁷最后一次更改是在 2013 年引入的。

增加到500米和1000米。今天，根据大小，要求站点之间的距离为 2.5 和 5 公里。对捕捞植物和国家鲑鱼峡湾也提出了距离要求（另见附录）。²⁸

3. **技术标准。** CSZ NYTEK 法规规范了设施的技术标准，并受到逃逸e 预防的动机。该法规于 2003 年首次推出，随后于 2012 年（NYTEK12）和 2023 年（NYTEK23）进行了修订。^{29,30}
4. **最大允许生物量（MAB）。** MAB系统于2005年推出，取代了根据水量和饲料配额限制许可证大小的规定。在 80年代中期小鲑鱼生产去自由化后的20年里，挪威水产养殖业多次被报告给美国和欧洲竞争管理机构（反倾销指控）。因此，在此期间许可证 法规（包括MAB系统）的变化主要是出于避免生产过剩的目标（市场考虑）。随着时间的推移，环境影响已成为一个越来越重要的监管考虑因素（环境和鱼类健康考虑因素）。为了配合不断变化的考虑因素，MAB系统已更改为各种临时和永久版本，例如一些绿色许可证的超低虱子要求，以及交通灯系统的豁免条款。交通灯系统基于MAB系统，但根据野生大西洋鲑鱼洄游后虱子引起的死亡率估计，调节MAB向上或向下的变化。当局出于环境原因不愿使用新容量和新场地的事实也将是环境监管的一种间接形式。

1.1. 水产养殖的盈利能力具有高度周期性

水产养殖业的盈利能力是周期性的，这在其他商品行业很常见（图6）。营业利润率平均在-10%至+35%之间变化，但随着时间的推移而增加。

²⁸挪威食品安全局指南«设立申请 – 审计中的案件处理»: [设立申请 - 由监管局处理个案 \(mattilsynet.no\)](https://mattilsynet.no)。

²⁹与水产养殖/水产养殖设施技术标准要求有关的法规。

³⁰关于海洋鱼类养殖设施技术标准要求的条例，湖泊和水道
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-08-22-1484>.

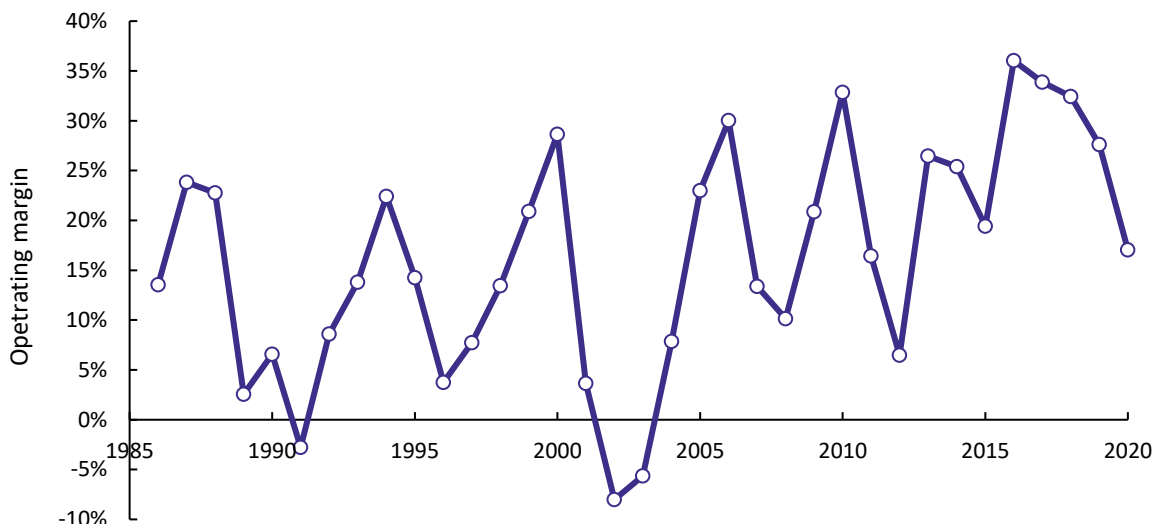


图6.1986-2020 年的平均营业利润率。资料来源：挪威渔业局。

然而，营业利润率并不能全面反映水产养殖部门的盈利能力。省略了一个重要的成本要素，即资本成本。经济利润是一个术语，还包括资本成本（投资于企业的资本的机会使用价格）。流行的盈利能力指标，如股本回报率，包括财务成本，但忽略了权益成本，盈利能力利润率和资本回报率都不是盈利能力的完美衡量标准。图7显示了经济盈利能力占营业额的百分比，这里扣除了资本成本。经济利润占营业额的百分比在-20%和+25%之间变化。2020年，整个行业出现财务赤字。在过去的两年里，盈利能力再次上升，展望未来，没有理由相信盈利能力不会继续逐年波动。

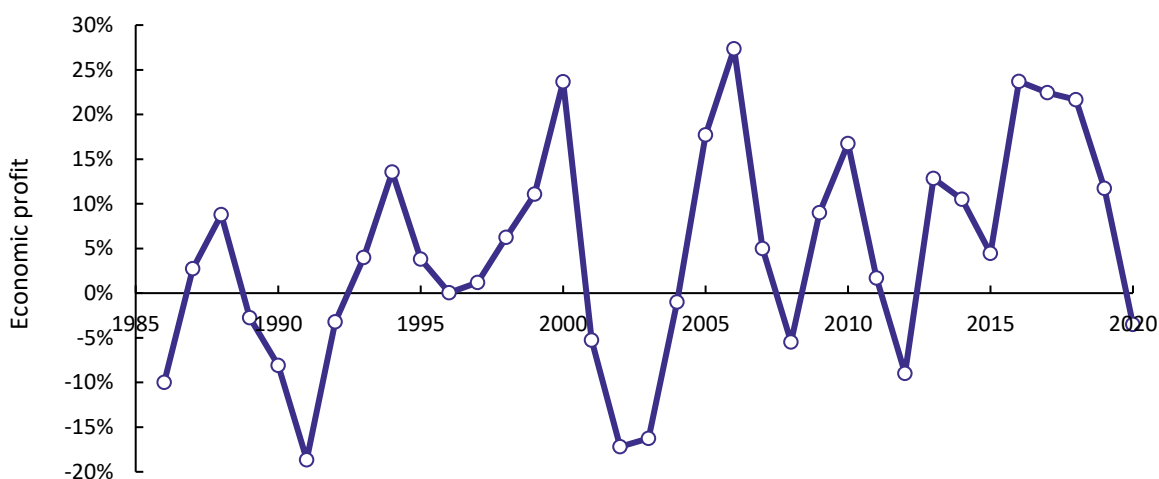


图7.1986-2020年的经济盈利能力（营业额百分比）。渔业来源局。

1.1.1. 盈利能力和经济租金

自2005年以来，平均利润率一直高于2005年之前，并导致各时期的盈利能力非常可观。除了水产养殖许可证的市场价格上涨外，巨额利润表明水产养殖存在经济租金（另见NOU 2019：18；米松德等人，2020年；米松德和特维特罗斯，2020年）。^{31,32}

经济学中有各种盈利能力的概念，例如经济利润、会计利润、生产者盈余和经济租金（见 Arnason 和 Bjørndal，2020 年）。简单来说，经济租金可以定义为由某种形式的稀缺性产生的非凡利润，例如许可证/执照、场地等投入因素的稀缺性。超常利润（也称为超常收益、纯利润或超额利润）是指超过正常收益的利润。原则上，正常回报与运营成本和资本成本（包括股权成本）的总和相同。

在理论上简化的模型中，所有非凡的盈利能力都可以归因于稀缺的单一投入因素，如果稀缺因素是自然资源，那么非凡的利润可以称为资源租金。然而，水产养殖的盈利能力将是价格以及一些投入因素的函数，其中一些在短期或长期内可能很少（见 Arnason 和 Bjørndal，2020 年），并产生各种形式的经济租金。

如果说稀缺性是自然本身，那么超常利润可以称为资源租金。在水产养殖中，场地短缺可能导致资源租金，以至于自然决定稀缺性。但如果是当局设定了限制，那么它就是监管或政策租金，而不是资源租金。在大多数鲑鱼和虹鳟鱼生产国，更严格的环境法规导致过去10-15年的产量增长放缓。在挪威，当局长期以来一直不愿意颁发新的³³许可证，在过去的10年里，产能调整与环境指标的表现直接相关。此外，场地的稀缺性主要取决于最小距离要求。在1980年代，养鱼场的最小距离为200米，而今天的距离要求为5公里。

³¹在挪威语境中，术语地租金("格伦特")通常用来指非凡的盈利能力，但术语经济租金更精确，用于这篇摩登经济学文献。经济租金是一个总称，然而，经济学家对经济是否具有不同的看法租金是完全资源 R 耳鼻喉科（格雷克和林德霍尔特，2022 年）或组合之监管离子 r 耳鼻喉科和其他租金（阿舍等人，2020 年；阿纳森和比约恩达尔，2020；米松德等人，2019c；奥格伦德和索伊尼，2020 年；米松德和特韦特罗斯，2020a；2020b）。

³²有关价格，盈利能力的更多信息，值和波动性，见 Asche and Misund（2016），Asche，Misund 和奥格伦德（2016a；2016b；2016c；2018；2019），Misund（2016；2018a；2018b），Misund et al.（2018）和 Misund and Nygård（2018）。

³³一些经济学家将这种监管利率称为让步。租金。

超常利润也可能是由于公司之间的成本差异。我们称之为超边际租金，这是对成本差异造成的不同形式的经济租金的统称。成本差异背后可能有多种原因。如果一些公司比其他公司更有效率和技能，这可能会产生技能租金（可能是投资或创业租金），在渔业经济学文献中也称为船长租金。如果某些站点比其他站点更好，生产力更高，则可能导致差异租金，这是资源租金的一种形式。

某些形式的经济租金可能是暂时的，被称为准租金。因此，经济租金是三种利率的统称；

1. 稀缺租金（资源、监管租金等）
2. 超边际租金（技能租金等）
3. 准租金（临时）

挪威语“grunnrente”的含义通常不清楚，并且有不同的定义。根据 Store norske leksikon 和 Greker and Lindholt （2022） 的说法，“grunnrente”被设定为等于资源租金。在公开辩论中，似乎大多数人也使用类似的“ grunnrente”定义³⁴，即与开采自然资源相关的超额回报。另一方面，在NOU 2019：18白皮书中，“grunnrente”用于指纯利润，即所有非凡利润。许多研究人员（例如 阿纳森和比约恩达尔，2020 年；米松德等人，2020 年；Misund 和 Tveterås，2022 年）对这样的定义持批评态度，这也偏离了 SNL 中的定义和对该术语的普遍看法。

水产养殖的超额利润将包括几种形式的租金，包括稀缺性、超边际和准租金。因此，在实践中，识别和分离特定形式的租金，然后单独征税是一项非常具有挑战性的任务。将所有非凡利润仅归因于资源租金在学术上是不正确的（见 Arnason 和 Bjørndal，2020；Misund 和 Tveterås，2020），在实践中，基于利润或基于现金流的资源租金税成为特殊税（即对利润而不是租金的不分青红皂白的税收）。

最近的经济文献指出，鲑鱼养殖的非凡利润主要是由于挪威和其他生产国更严格的环境和鱼类健康法规（Arnason 和 Bjørndal，2020 年；米松德和特韦特罗斯，2020 年；奥格伦德和索伊尼，2020 年；阿舍等人，2022b；埃斯泰和斯特兰伦德，2022 年；阿费维基等人，2022 年）。作者将超额盈余称为 监管或政策租金，而不是资源租金。当环境法规产生经济租金时，是否应该以与资源租金相同的方式征税并不明显（例如，见 Oglend 和 Soini，2020 年）。

³⁴ <https://snl.no/grunnrente>

1.2. 本报告的主题

本报告不会涵盖生产成本和一段时间内发展的所有方面，但将侧重于生物成本，因为对这些成本的了解有限。有关其他成本驱动因素的更多信息，请参阅Nofima和Kontali的分析：³⁵

Iversen等人（2019年）的最终报告总结了Nofima和Kontali进行的关于挪威鲑鱼养殖成本发展的一些研究。研究人员从主题上研究了挪威与竞争对手国家（Iversen等人，2019b; 2020），小龄鲑成本和资本（Iversen等人，2018）以及饲料和虱子成本（Iversen等人，2017）。Iversen等人（2019）得出结论，在饲料价格和饲料转化率的提高的推动下，饲料成本占NOK成本增幅最大的原因。他们还发现，在过去的10年里，小龄鲑的成本和折旧大幅增加。小龄鲑成本的增加是由向更大的小鲑鱼过渡和对RAS设施的投资推动的，而折旧增加是由于该行业的资本密集度增加，Blomgren等人（2019）也记录了这一点。³⁶

Iversen等人（2019）还指出了成本项目“其他运营费用”，该费用在过去十年中大幅增加。一个重要原因是，以前由鱼类养殖公司进行的一些业务已经外包给专业公司，例如井船公司。此外，虱子成本大幅增加。Nofima 和 Kontali 计算出，直接虱子成本每年使该行业损失约 50 亿挪威克朗。直接费用包括虱子裙、饥饿、治疗死亡率、清洁鱼、虱子治疗、药物和虱子手术等设备。间接成本是直接成本之外的，但很少有研究关注这一点（参见例如 Abolofia 等人，2017 年和 Asche 等人，2022 年）。2011年，鲑鱼虱的成本约为40亿挪威克朗，相当于销售收入的9%（Abolofia et al., 2017）。生物量损失约为3.62-16.55%。最近一项使用相同方法的未发表的研究发现，考虑到近年来的产量和三文鱼价格，成本已增加到营业额的14%，相当于每年120亿挪威克朗的成本。此外，疾病暴发也有成本。然而，只有一个已知的疾病成本估计（Vedeler, 2017）。他发现，2015年最大的病毒性疾病使该行业损失了42亿挪威克朗。如前所述，很难区分纯疾病成本和虱子成本，这使得难以总结虱子和疾病成本的估计。此外，Iversen等人的估计还包括。（2017; 2019a）饥饿和直接死亡率，这些因素也将包括在间接虱子成本的估计中。这些研究的共同点是它们进行“自下而上”的分析。该报告使用不

³⁵看<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901115/>和<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901335/>.

³⁶另见Iversen等人（2015）。

同的方法，提供了与虱子，疾病，压力等相关的生物成本的汇总估计。该方法的缺点是无法区分虱子和疾病成本，但如前所述，这在实践中仍然很难实现。³⁷

³⁷Geir Inge也进行了类似的分析。罗德塞特（黄貂鱼）(罗德塞特, 2016):<https://www.linkedin.com/pulse/behandling-mot-lakselus-kan-ha-kostet-7-8-milliarder-kroner-r%C3%B8dseth/?originalSubdomain=no>他还减去利润损失，发现总成本为 7–2015 年为 80 亿挪威克朗。

2. 农民的生产成本包括什么？

2.1. 生产成本的构成

本报告中的分析基于渔业局对鲑鱼和虹鳟鱼养成养殖的年度盈利能力调查。挪威渔业局在其年度调查中收集了总生产成本中包含的各种组成部分的信息，例如饲料、工资、小鲑鱼等。截至2008年（包括2008年），成本计算也包括权益成本，但随着从更金融经济的角度转变，这些不再包括在内。然而，资本成本告诉我们一些关于资本的机会成本，因此是计算总生产成本时应包括的重要成本要素。在下面的分析中，资本成本是根据计算的总资产（总资产）和8%的名义回报率单独计算的。

养殖鲑鱼和鳟鱼的生产成本可以根据不同的屠宰时间计算，区分活鱼重量、整鱼重量和内脏重量很重要。活鱼重量（LW）是鱼在饥饿和出血前的重量（体重减轻6-8%）。减去这些体重减轻得到整条流³⁸血鱼或整条鱼当量，WFE）。渔业局使用整鱼重量作为标准衡量标准，粮农组织在其水产养殖生产数据中也是如此。内脏会导致额外的 10% 体重减轻。头上去脏（HOG）是挪威统计局和纳斯达克用于衡量三文鱼价格的重量指标。内脏重量也是金融分析师的首选。鳟鱼和银鲑的转换系数与大西洋鲑鱼不同。在本报告中，将使用挪威标准 NS 9417 : 2012 的换算系数。

测量鱼重量的不同方法可能会造成混淆，因此在谈论鲑鱼价格和成本时要小心。在本报告中，成本将报告每公斤内脏重量，因为它更容易与大西洋鲑鱼和虹鳟鱼的市场价格进行比较，但可以很容易地转换为整鱼重量。表1显示了不同重量测量的生产成本。

³⁸看例如 孔塔利的换算系数：<https://www.kontali.no/uploads/EgGg52fr/demo-Monthlysalmonreport.pdf>.

表 1. 2020 年鲑鱼和鳟鱼养殖生产成本构成。 资本成本以外的成本由渔业局计算。资本成本是根据总资产和 8% 的名义回报率计算的。整鱼重量/内脏重量之间的转换系数为 1.125，内脏重量与活重之间的转换系数为 1.215。³⁹

挪威克朗/公斤	活重 (重)	整鱼重量	内脏重量 (猪)
小鲑鱼成本	3.83	4.14	4.66
饲料成本	15.39	16.62	18.69
保险费用	0.15	0.16	0.18
人工成本	2.98	3.22	3.62
折旧	2.45	2.64	2.97
其他运营费用	8.99	9.71	10.92
运营成本 海相	33.79	36.49	41.04
资本成本	7.20	7.78	8.75
生产成本 海相	40.99	44.27	49.79
收获和包装 成本	3.75	4.05	4.55
收获的生产成本	44.74	48.32	54.36

渔业局还报告保险费用。这些费用相对较小，将列入报告其余部分的“其他业务费用”项目。此外，净财务成本被单独的资本成本所取代。净融资的计算方法是财务费用减去财务收入除以生产。自 2016 年以来，由于债务比率和利率下降以及公司拥有可观的财务收入，这对整个行业都是负面的。在金融经济学中，通常区分运营和融资，在表 1 中，术语运营成本海相用于与运营相关的单位成本部分，生产成本海相包括资本成本，而总生产成本包括收获和包装成本。资本成本是一个重要的成本，在水产养殖成本分析中经常被忽略。随着时间的推移，该行业的投资资本不断增加，因此资本成本已成为越来越重要的成本要素。生产周期长，生物质投资只有在屠宰时才能实现。同时，还购买了小鲑鱼、饲料等服务。原则上，这笔钱可以投资于其他会产生回报的东西。在计算生产成本时，必须考虑这种替代回报。

³⁹ 鲑鱼和彩虹鳟鱼，但在这里它用于鲑鱼，因为鲑鱼的生产占主导地位。

计算资本成本的常用方法是将资本乘以所需的回报率。在这里，可能会发生测量误差。原则上应使用资本的市场价值，但除证券交易所上市公司外，市场价值不为人知或不易估计。然后必须使用账面价值，无论是总资产还是其他形式的资本计算，例如已动用资本。此外，必须使用所需的回报率，通常人们会更喜欢加权要求的税后回报率（WACC）。下一个问题将是计算WACC。通常，人们会使用教科书中的资本资产定价模型和WACC公式，但由于这些公式中使用了期望值，因此由于预期不容易测量，因此会发生测量误差。原则上，所需的收益率应反映项目对公司总系统风险的贡献风险，但这在实践中是无法计算的，因为无法衡量这种未来风险。理论上计算的所需回报率（基于历史分析）通常比实际使用的要求回报率低几个百分点。因此，分析师通常会诉诸标准要求的回报率。在水产养殖中，这样的要求通常是8%或更高。在石油工业中，根据项目的不同，使用10-20%及以上的高回报率。在本报告中，资本成本将计算为所要求的8%回报率与全年平均总资产的乘积。

“其他运营成本”项目是第二大成本。根据Iversen等人（2015; 2017; 2019）的说法，该记录包含以下组件：

- 签约服务
- 蚊帐 清洁 和处理
- 管理
- 保养
- 健康 costs
- 能源和运输
- 控制，虱子计数
- 治疗费用
- 更清洁的鱼

此外，渔业局指出，成本项目包含其他活动的收入和支出。近年来，渔业局已开始报告“其他”运营成本的构成（图8）。其他运营成本从2010-2012年的~4挪威克朗/千克跃升至2013-2015年的~8挪威克朗/千克，2016-2020年期间在每公斤8至11挪威克朗之间变化。与2010-2012年相比，其他运营费用增加了2-3倍。由于2015年之前的成分尚不清楚，因此很难评估“鱼类健康”，“环境和维护”或“其他”中的哪些组成部分是最重要的驱动因素。在2015-2020年期间，直接鱼类健康成本约占其他运营成本的25%。

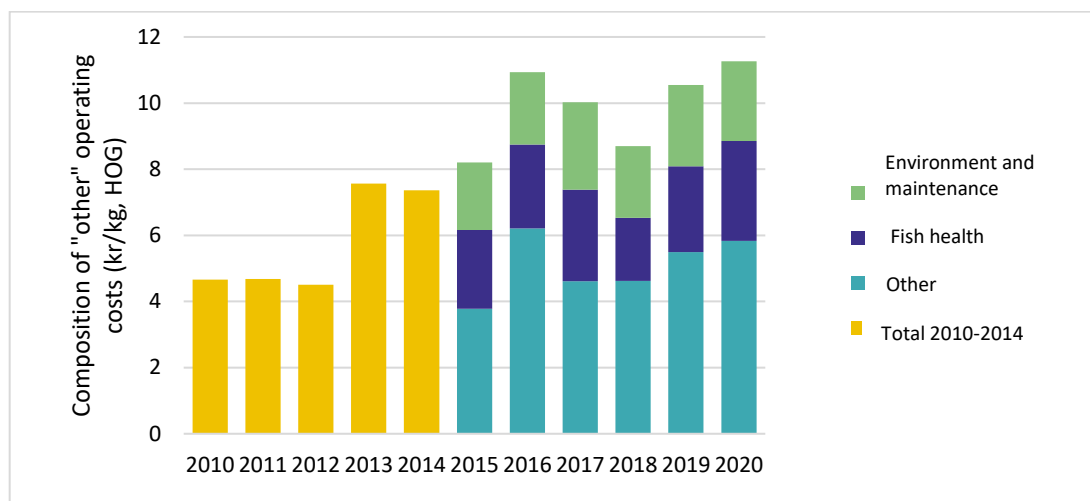


图8.“其他”运营成本的构成 （2021-挪威克朗，内脏重量）。资料来源：渔业局。

在过去10年中，生产成本的构成发生了很大变化（图9）。该图显示，饲料成本增加最多，以挪威克朗衡量。自2005年成本最低以来，所有成本要素都有所增加，特别是饲料、其他成本和资本（资本成本和折旧/折旧）（图9）。表2显示了每公斤成本和百分比的变化。

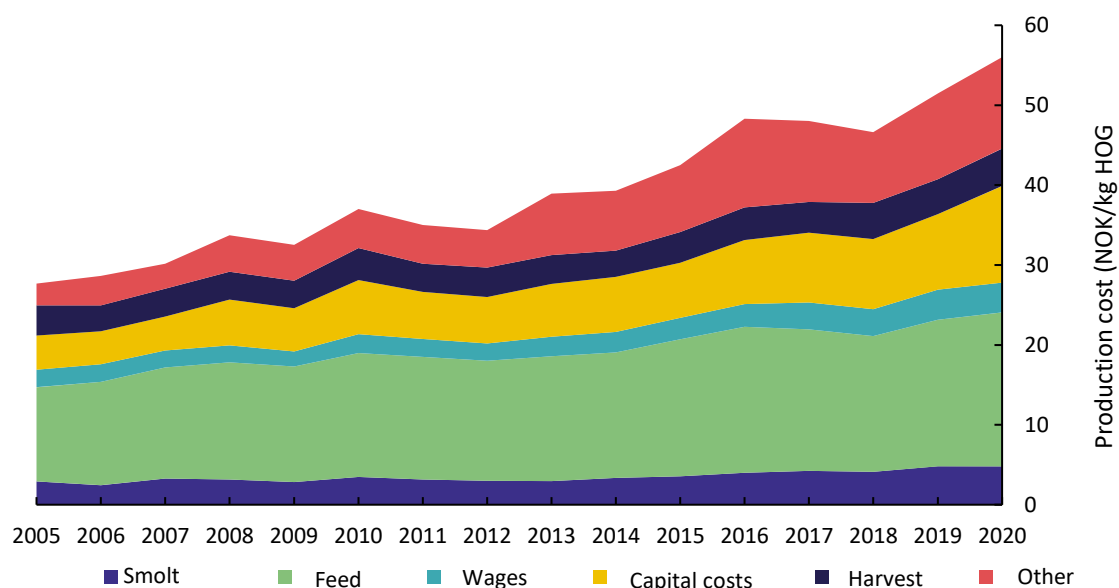


图9. 2010-2020年鲑鱼和鳟鱼生产成本构成。所有数据均经过通胀调整（2021 挪威克朗）。来源渔业局和自己的计算。这些数字取自渔业局的年度盈利能力调查，并根据通货膨胀进行了调整。⁴⁰

表 2. 成本要素的变化（挪威克朗/千克内脏重量）。以名义和固定挪威克朗和百分比变化来衡量。以下是 2005 年至 2020 年间测量的变化。2005-2020年消费者物价指数的通货膨胀调整。

	挪威克朗的变化		百分比变化	
	名义	禁食 (2020)	名义	禁食 (2020)
饲料	10.31	7.26	123 %	63 %
小鲑鱼	2.57	1.81	123 %	64 %
工资	2.07	1.51	134 %	71 %
折旧	2.04	1.70	219 %	134 %
其他运营费用	9.16	8.45	469 %	317 %
运营成本 海相	26.15	20.73	175 %	102 %

⁴⁰ 大西洋鲑鱼和虹鳟鱼（不是收获的鱼的数量）的产量以内脏重量衡量作为分母。「F伊德」是每公斤鲑鱼和鳟鱼生产的成本。「小鲑鱼」是购买孵化场的成本，以及「工资」是人工成本。在资本方面，「资本折旧」每公斤折旧和「资本」资本成本。「收获」是收获和包装向渔业局报告的费用。「其他」是每公斤其他运营成本的收集项目。其他运营费用还包括保险费用。

	挪威克朗的变化		百分比变化	
	名义	禁食 (2020)	名义	禁食 (2020)
资本成本	6.64	5.87	314 %	203 %
生产成本 海相	32.79	26.60	193 %	115 %
收获	1.86	0.89	69 %	24 %
收获的生产成本	34.65	27.49	176 %	102 %

但是，如果我们想分析饲料成本增加的驱动因素，这种表示并不能为我们提供足够的信息。我们看到饲料成本增加了7.26挪威克朗/公斤（2020年固定挪威克朗），但没有告诉我们原因是否是i) 饲料中投入要素（如大豆、小麦等）价格上涨，ii) 克朗贬值，iii) 饲料生产成本增加超过投入要素价格，iv) 养殖鱼类饲料利用率降低（例如疾病、饥饿等），或v) 养成养殖阶段死亡率增加。所有这些因素都会增加农民的饲料成本。前三个因素将提高饲料的购买价格，而后两个因素将提高饲料转化率。在报告的后面，经济饲料转化率s的变化的影响将用于隔离生物挑战的影响。然后，人们可以区分饲料价格上涨导致的饲料成本增加和效率低下造成的饲料成本增加，包括生物风险造成的成本。

收获成本在固定挪威克朗和百分比方面的增幅最小。其原因尚不完全清楚。一种可能的解释可能是，生物问题会影响海洋阶段的成本，但不会影响被屠宰的鱼，因为只收获活鱼。所有成本要素除以相同的分母（产量），后者根据销售数量和活鱼库存计算，即死鱼被排除在外。饲料、小鲑鱼、工资、资本折旧和“其他”运营成本是活鱼和死鱼的成本，但捕捞成本只发生在屠宰的活鱼身上。在所有其他条件相同的情况下，死亡率增加，特别是大型鱼类死亡率的增加将比捕捞成本增加更多的海洋阶段的运营成本。另一个原因可能是由于投资于更具成本效益的收获和加工厂而降低了成本。

随着时间的推移，不同的变化率改变了生产成本的构成（图10）。尽管饲料成本以挪威克朗衡量的增加最多，但它们在总成本中的份额却有所下降。资本折旧（折旧）和资本成本以及其他运营费用增加了他们的份额。

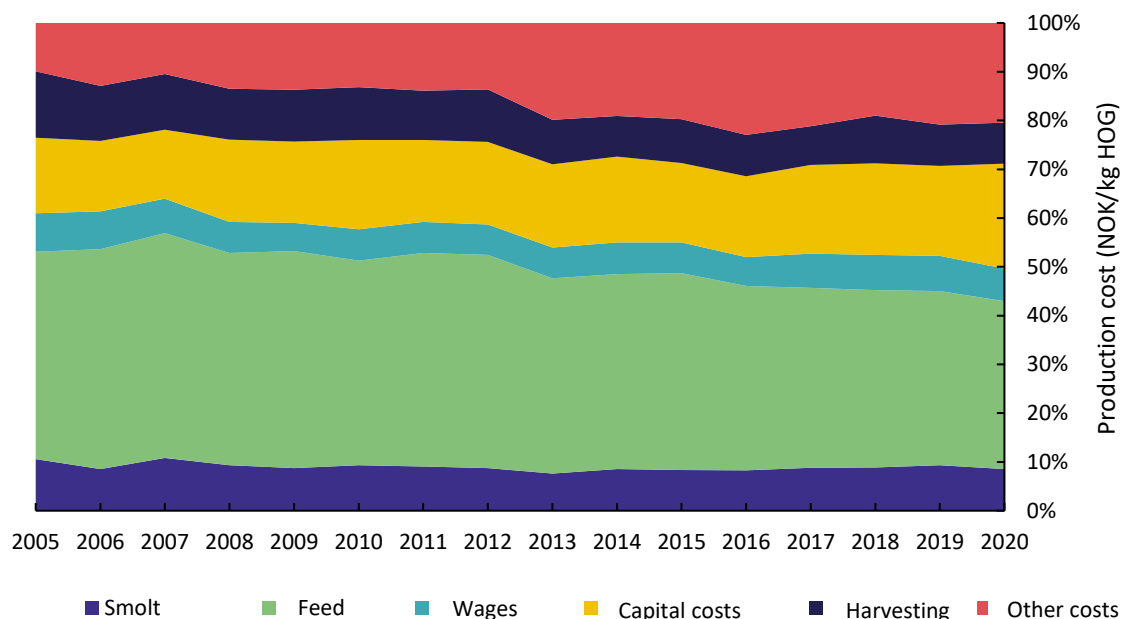


图 10.2005-2020 年成本构成的变化（2005=100）。来源渔业局和自己的计算。

2.2. 饲料成本的构成

如前所述，饲料成本增加可能有几个原因。在本节中，我们将仔细研究饲料成本增加背后的重要驱动因素，例如饲料成分（大豆、小麦、菜籽油等）价格上涨、克朗贬值以及饲料使用效率降低。

饲料是生产成本中最重要的组成部分。每公斤饲料成本的计算方法是年初的库存饲料价值加上购买的饲料减去年底的库存饲料价值，除以当年的产量。产量是指当年建造的鲑鱼和虹鳟鱼的生物量，这与特定年份的捕捞和销售量（捕捞量）不同。饲料消耗量（分子）等于饲料量（公斤）和饲料价格（挪威克朗/公斤）的乘积。

$$Feed\ cost = \frac{(YB_{Feed} + Purchase - YE_{Feed})}{Production} = \frac{Feed\ use}{Production} = \frac{Feed\ amount \cdot Feed\ price}{Production} \quad (1)$$

年平均成本并不能全面反映饲养小鲑鱼以达到收获规模的成本。首先，成本最好在整個生产周期和每代/队列中衡量。生产周期长达 18 个月，而饲料成本每年报告一次，跨队列/世代。其次，饲料消耗量分布在活鱼产量上，即活鱼/整鱼重量在一年中的变化。已喂食并死亡的鱼不包括在生产中。此外，压力、疾病、饥饿（例如虱子治疗）会导致生长减少。增加浪费会增加饲料的使用量，而不会导致生产，清洁鱼类食用的饲料也是如此。因此，饲料成本将随着与最佳鱼类生长条件的偏差增加而增加。

饲料转化率定义为 $FCR = \frac{\text{Feed amount}}{\text{Production}}$ ，并给出

$$\text{Feed cost} = \frac{\text{Feed amount} \cdot \text{Price}}{\text{Production}} = FCR \cdot \text{Feed price} \quad (2)$$

以美元报价的饲料价格，关系变为：

$$\text{Feed cost (NOK)} = FCR \cdot \text{Feed price (USD)} \cdot \text{NOK/USD} \quad (3)$$

简单来说，饲料成本的变化可以分为三个关键驱动因素：i) 饲料转化率，ii) 国际市场上的饲料价格，以及iii) 汇率。以挪威克朗衡量的饲料成本将随着饲料转化率的提高、饲料原料价格的上涨以及挪威克朗兑美元的贬值而增加。

下面将研究这三个变量，首先是国际商品市场价格的发展，然后是克朗贬值的影响和饲料转化率的变化。之后，饲料转化率将被用作分析低效率的起点，这可以代表生物成本的衡量标准。

2.3. 饲料原料价格

主要饲料成分是豆粕、大豆油、菜籽油、小麦、玉米、鱼粉和油（Misund等人，2017;阿斯特等.，2019）。随着时间的推移，海洋原料的比例已经减少，有利于增加蔬菜原料的使用。农业原材料的价格形成主要发生在国际商品市场，以美元报价。图11显示了用于鲑鱼和鳟鱼饲料的主要农业原料的发展情况，以美元计算，2005年指数为100。

饲料原料价格在2005年至2008年间上涨，在2009年至2010年之间下跌，然后在2012年再次上涨。此后，农业原料价格下跌，而鱼粉跌幅则小得多。农业原材料价格的波动主要遵循2007/2008年金融危机之前和2012年欧洲银行业危机之前的两个繁荣和萧条时期。综上所述，饲料原料价格在2005-2012年间上涨，在2012年至2020年间下降。2021年和2022年也有显著增长，但此处的数字中未包含。

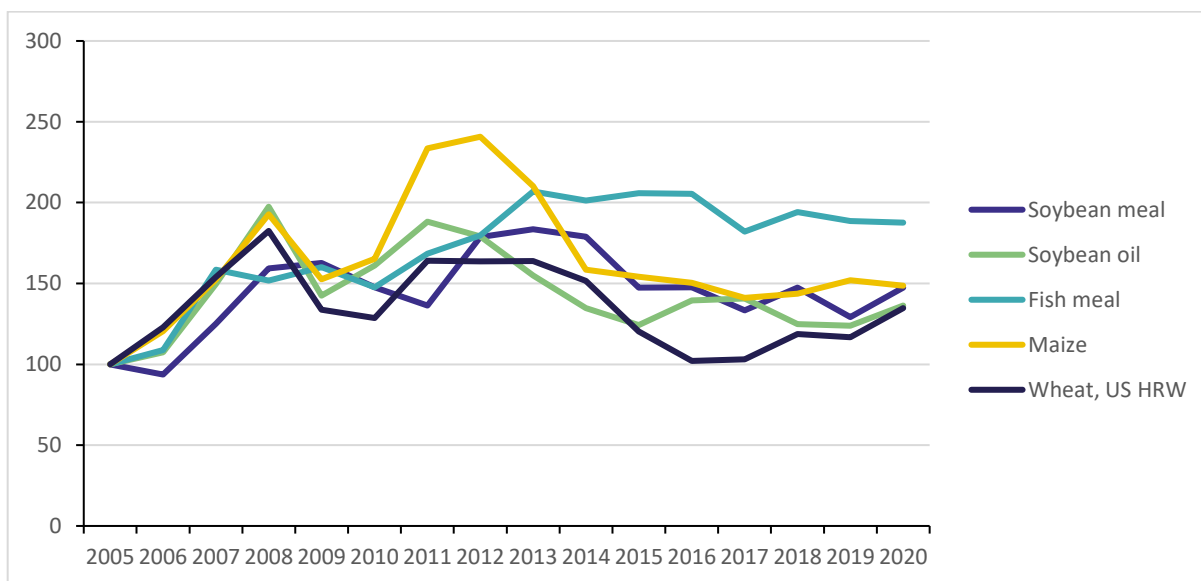


图 11. 农业原料 2005-2020.指数化（2005=100），基于2010年固定美元价格的百分比发展。资料来源：世界银行。

图12显示了以挪威克朗衡量的饲料价格。与以美元衡量的饲料原料价格相比，以挪威克朗衡量的饲料价格几乎在所有年份都在上涨。以挪威克朗衡量的饲料价格在2012年之后没有下降的原因可能是由于货币影响，将在下一节中讨论。

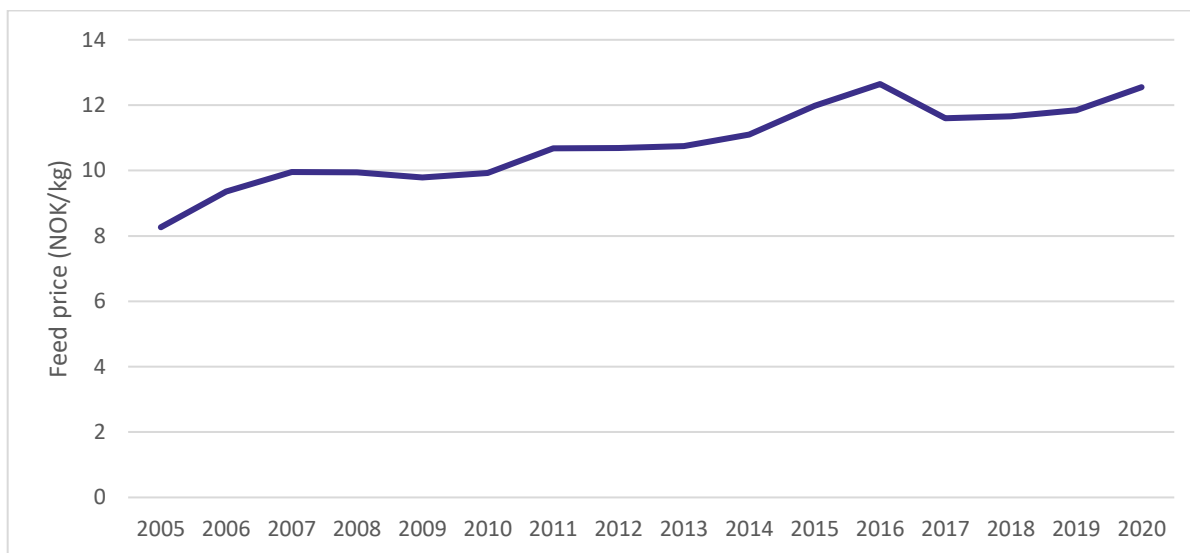


图 12. 饲料价格固定为每公斤 2020-挪威克朗。资料来源：渔业局的盈利能力调查。

2.4. 货币影响

养殖鲑鱼和鳟鱼的全球市场确保对最重要市场的汇率变化将转化为以挪威克朗衡量的鲑鱼和鳟鱼价格的变化。在成本方面也可以观察到同样的情况。大部分饲料原料是进口的，豆粕、

豆油、小麦、玉米等的价格由全球商品市场决定，通常以美元为单位。钢铁、柴油等其他投入要素的价格也具有全球价格形成。在2005-2020年期间，挪威克朗兑欧元和美元等主要货币贬值（图13），特别是在2014年之后。克朗兑美元的贬值尤为明显。高挪威克朗/美元意味着饲料原料、柴油和其他以挪威克朗衡量的商品等投入因素的价格将高于克朗走强时的价格。因此，我们今天看到的高商品价格和低挪威克朗/美元（弱克朗）的组合将对养鱼户的成本方面产生特别强烈的影响。

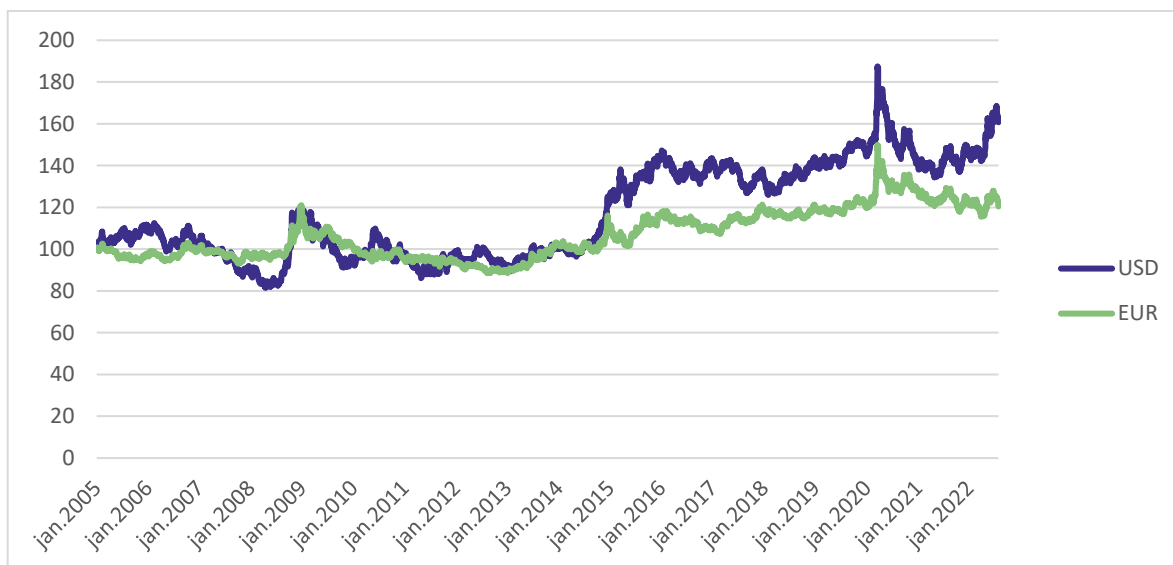


图 13.2005-2022 年挪威克朗/欧元和挪威克朗/美元的发展，指数化（2005 年 = 100）。

图14比较了以挪威克朗和美元衡量的饲料价格的发展情况。在这里，以美元衡量的饲料价格与图11中全球商品市场的饲料原料价格具有相同的趋势，这强化了克朗贬值是鱼饲料增加的重要原因的印象。

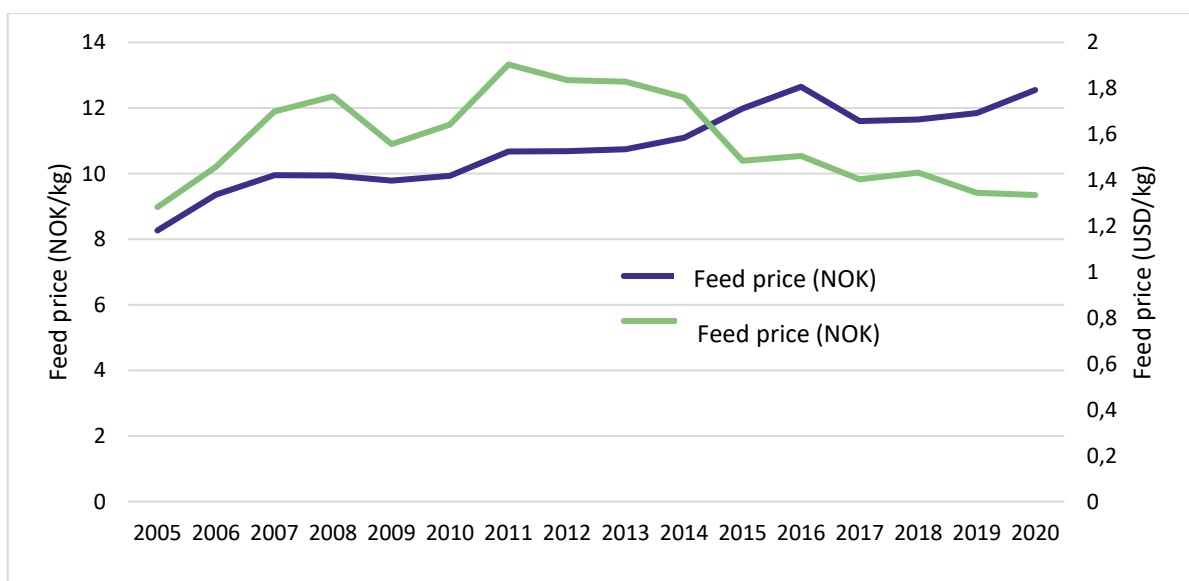


图 14. 饲料价格以挪威克朗兑美元为单位。资料来源：渔业局的盈利能力调查（饲料价格）和 挪威中央银行（汇率）。

克朗的贬值也导致了水产养殖的其他成本增加，但这些影响更难分离和分析。例子包括购买除饲料以外的外国商品和服务。

2.5. 饲料转化率

饲料转化率表示鲑鱼利用饲料的效率。饲料转化率的计算方法是饲料量除以产量，即每公斤分配饲料鱼长多少公斤。⁴¹生物饲料转化率（bFCR）是鱼吃掉的饲料量除以鱼的产量，而经济饲料转化率（eFCR）仅包括存活下来的鱼，还包括饲料 废物和逃逸的鱼。非药用除虱方法的使用增加导致大型鱼类死亡率增加。大鱼的死亡率将比小鱼的死亡率增加eFCR更多，因为用于喂养大鱼的饲料比小鱼多。我们稍后将看到，自2010年以来，死鱼的平均重量几乎翻了一番。

生物饲料转化率将受到许多因素的影响，例如鱼类种类、光照、季节、温度、鱼类大小、生长速度、饲料成分（Misund, 1995; 1996; Refstie 等人, 2000 年; 诺德加登等人, 2003年）。饲料转化率随鱼的大小而增加，随生长速度而降低。压力、疾病、处理等不会导致死亡，但会降低鱼的福利、食欲和生长速度，也会增加bFCR。eFCR和bFCR之间的差异随着死亡率的增加，逃逸，其他生产损失和饲料浪费的增加而增加。还有两种类型的生物饲料转化率，一种是在可以收集饲料废物的实验室条件下计算的（bFCR-lab）和在商业运营的工厂（bFCR领域）计算的生物饲料转化率。在这些条件下，饲料废物无法有效测量。此外，bFCR田地将根据收获的鱼计算，并转换为 基于活重的生物饲料转化率。

⁴¹ 饲料转化率（FCE）是文献中使用的术语，是饲料的倒数转化率。

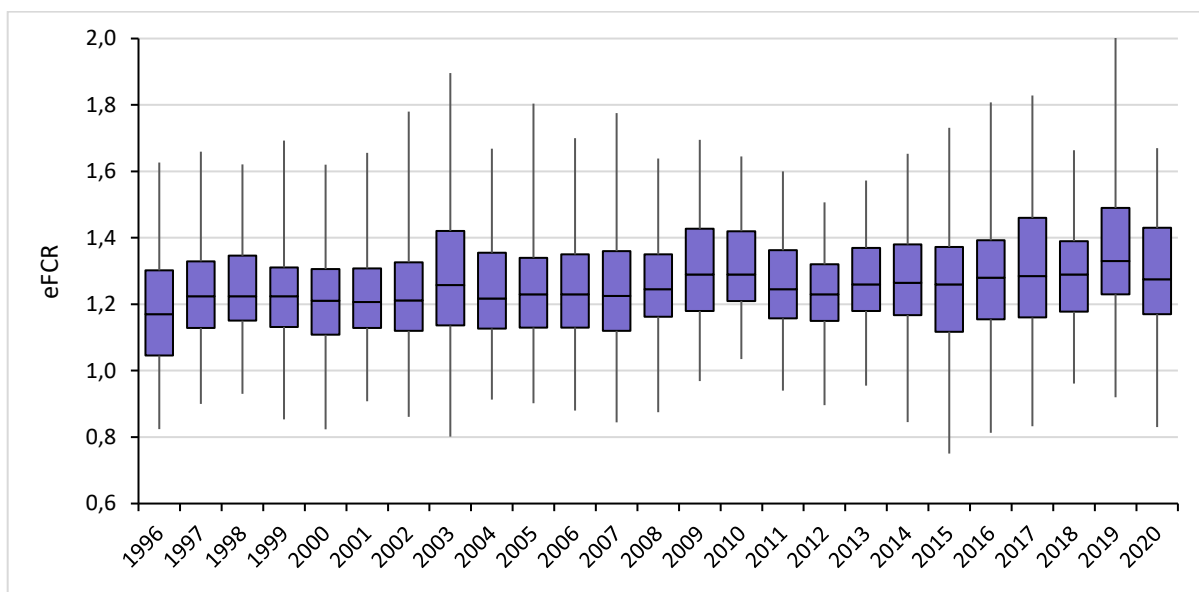


图 15. 饲料转化率。箱线图（框包含 50% 的观测值，线条包含 90%）。资料来源：渔业局的盈利能力调查。2019 年，最高的 饲料转化率被截断为 2.0。

挪威渔业局的数据显示，养鱼者之间的经济饲料转化率差异很大（图15），从不到0.8到超过2.0。饲料转化率中位数随着时间的推移而上升，从1996年的略低于1.2上升到近年来的1.3以上。在这里，它是每年计算的，但最好是整整一代人计算，因为年度数字可能会受到生产周期中一些较小养殖者 收获鱼类的影响。如果一家小公司在同一年喂食了较小尺寸但未收获的鱼，则饲料转化率将低于仅生产和捕捞大型鱼类的饲料转化率。对于较大的公司来说，这种影响将消失，因为他们拥有网站组合， 平均数字更具代表性。在整个生产周期中，经济饲料转化率低于1.0的观察是不现实的。

3. 生物风险的成本是多少？

3.1. 效率转换率 是衡量效率低下的指标

如上所述，eFCR将是生物风险的间接衡量标准。“其他业务费用”类别的增加也可能表明，生物挑战变得更加昂贵。但是，生物成本的增加有多大，其原因却没有得到很好的检查和分析。生物成本在这里用作与死亡率、疾病、虱子侵扰和治疗、压力、生长减少相关的成本的统称，即与偏离最佳生长条件相关的成本。然而，偏离最佳生产可能有很多原因，并且很难单独量化疾病或虱子的生物成本。更先进的模型可用于将疾病成本与虱子成本分开，但这会带来测量误差。或者，人们可以在更汇总的层面上进行分析，但随后不能说出虱子与其他来源相比的任何具体信息。本报告中所谓的生物成本实际上是 低效率，即与业内效率最高的公司相比，生产率较低。图 16 说明了这一原理。x 轴是输入因子的水平，y 轴是创建的输出。曲线显示了工作量和生产之间的关系。图表正在上升，这表明投入增加导致产出增加，但产出增长随着努力的增加而放缓，这意味着产出的进一步增加变得更加困难和困难。

我们可以使用饲料和生产作为简化的示例。假设公司 A 使用与图中垂直虚线相等的饲料（饲料努力），并生产 A 点指示的鲑鱼量。由于 A 公司使用饲料量的效率低于最好的公司，因此它的 eFCR 将高于最好的公司所能达到的 eFCR。AO 点和 A 点之间的差异是效率低下的衡量标准，并将反映在公司 eFCR 和最佳公司的 eFCR 之间的差异中。

对于其他投入因素（资本、许可证、劳动力投入等）与生产之间的关系，也可以进行类似的分析。由于生产依赖于同时使用的几个输入因素，因此必须使用更先进的技术（数据包络分析（DEA）和随机前沿分析（SFA））来衡量整体生产率和低效率，但这超出了本报告的范围。⁴²

⁴²看例如阿舍等人（2008）；阿舍等人（2009）；瓦斯达尔和霍尔斯特（2011）；阿舍等人（2013）；阿什和滚动（2013）；Roll（2019）和Asche等人（2022）分析挪威水产养殖业的生产力和低效率。

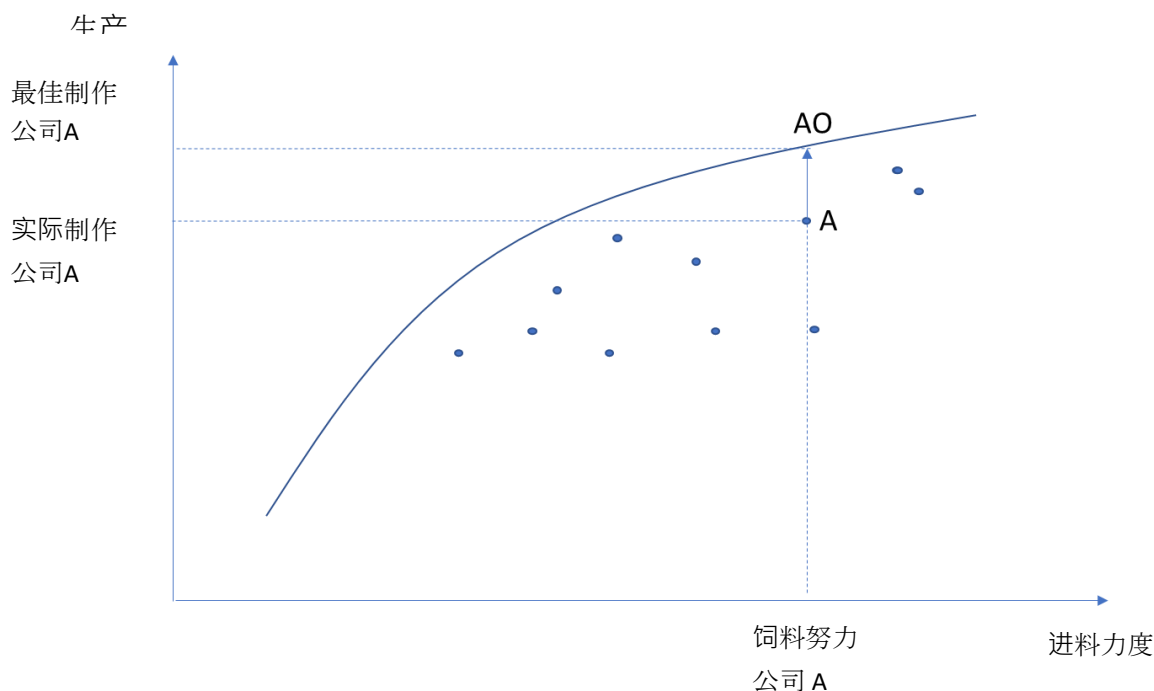


图 16. 效率低下。

3.2. 饲料转化率作为生物成本的衡量标准

bFCR的水平将受到生物风险程度的影响，因此报告的bFCRs 不能很好地衡量鱼类在没有疾病，虱子等的理想或最佳操作情况下如何有效地利用饲料。最佳或理想的生物FCR要求在没有生物风险的生产环境中测量饲料利用率，即如果要计算生物风险的成本，则必须 使用在最佳或理想条件下计算的饲料转化率测量。因此，本报告介绍了第三个饲料转化率概念——理想饲料转化率（iFCR）。这是衡量鱼在理想或乌托邦操作条件下如何有效地利用饲料，而不会受到疾病的影响，压力或与治疗相关的饥饿。这种方法与关于GBAD的兽医医学文献一致。在实践中，由于在操作情况下难以避免一定程度的压力、疾病、治疗等，因此很难达到理想的饲料转化率。然而，以iFCR为基准提供了在综合水平上计算生物风险因素成本的机会。由于水产养殖的临床疾病情况复杂，很难隔离与个别疾病、虱子感染等相关的费用。虱子和虱子的治疗会导致鱼变得紧张，因此更容易患病。此外，鱼可能患有潜在的疾病，例如CMS（心脏破裂），这可能表现为 鲑鱼虱治疗期间死亡率增加。生长或死亡率降低是由于疾病还是由于虱子治疗？疾病，压力等会降低生长并可能导致死亡，并会增加eFCR。与鱼的治疗有关的饥饿也是如此。然后，与iFCR偏差相关的成本将成为总体上生物风险成本的衡量标准。但它将是生物成本的不精确衡量标准，包含测量误差，并且对所做的假设敏感。饲料使用效率低下的来源可能有多种，不仅有生物风险，还有饲料废物（未食用的食物）、生产现场的电流，还有操作程序、知识和经验。不是由疾病、虱子等引起的高饲料浪费不是生物

成本。这同样适用于清洁鱼食用的饲料或其他偏离最佳值的饲料。eFCR和iFCR之间的差异将是饲料效率的一般衡量标准，不一定只是疾病和其他生物风险。但从本质上讲，eFCR和iFCR之间的差异将由生物学risk驱动，并用于本报告。

那么如何计算iFCR？一种方法是查看最有效的植物。图15显示了向渔业局年度盈利能力调查报告的设施的eFCR变化。从图 15 可以看出，有些设施的 eFCR 低于 0.8。目前还不确定该水平是否是iFCR的代表性测量值，或者低数字是由于测量误差还是有其他解释。业内人士、分析师和研究人员怀疑，在实践中，0.8的eFCR在整个生产周期中是否真实。

在研究文献中很难找到从小鲑鱼到屠宰的整个周期的FCR数据。现场或实验室实验通常在较短的时间内（数周或数月）进行，并且很少有较长时间的研究。来自知情者的文献和信息表明，暴露后第一阶段的bFCR可能降至0.70，最后阶段的bFCR可降至0.95-1.00（另见Sveier和Lied，1998年；福克达尔等人，2022 年）。所获得的信息给人的印象是，在整个生产周期中，即从小鲑鱼到屠宰尺寸约为4-5公斤的最佳条件下，iFCR可以在0.9至1.0之间。围绕iFCR水平的不确定性表明，在计算生物成本时同时使用0.9和1.0，以下简称iFCR0.9和iFCR1.0。iFCR0.9和iFCR1.0与eFCR之间的差异将仅用于说明生物挑战的水平和成本。表3总结了各种饲料转化率概念。

实现的饲料转化率与理论上最佳的饲料转化率之间的差异不会单独涵盖所有生物成本，只会捕获间接成本。总生物成本还必须包括直接的鱼类健康成本。其中一些可以在集体成本项目“其他业务费用”中找到。其他业务费用的比例有些不清楚。“其他运营成本”中的一项称为“健康”，应包括在内，但也可能有其他费用，例如与清洁鱼类有关的维护等也应包括在内，但是如果没有关于其他运营成本构成的更详细的信息，就很难确定其他相关的生物成本。在2015 年之前，没有关于医疗成本比例的信息，因此必须使用基于历史数据的模板规则。2015-2020年，卫生费用占其他运营成本的25%。

表 3. 不同的 饲料转化率 概念

饲料转化率的类型	评论	水平
乌托邦/理想 饲料转化率 (iFCR)	理想或乌托邦操作条件下的饲料转化率。没有压力, 疾病, 虱子或死亡。基于活重。	0.9-1.0
实验室实验的生物 饲料转化率 (bFCR-lab)	根据收集和称重的死鱼和饲料废物调整饲料转化率。基于活重。	0.95-1.0
来自田间/商业运营的生物 饲料转化率 (bFCR场)	根据死鱼和其他浪费调整饲料转化率。未针对饲料废物进行调整。基于活重。	1.0→
经济的饲料转化率活重 (eFCR)	基于收获的鱼 (内脏重量) 和饲料量。从内脏到活重的转换系数为 1, 215。	1.1→
经济饲料转化率 整鱼重量 (eFCR)	基于收获的鱼 (内脏重量) 和饲料量。从内脏到活重的转换系数为 1, 125。	1.2→
经济的 饲料转化率 (eFCR)	基于收获的鱼 (内脏重量) 和饲料量。	1.3→
饲料转化率	1/FCR	

计算生物成本的方法如下。出发点是报告的生产成本, 如表4所示, 其中包括资本成本。然后计算出理想的生产量, 即通过将饲料量除以iFCR来计算出给定的饲料量。2020年, 一家公司平均使用 21, 924 吨饲料, 生产 16, 609 吨鲑鱼 (整鱼重量) 和鳟鱼 (eFCR = 1.32)。如果普通公司达到eFCR = iFCR0.9, 那么产量将是21, 924吨饲料/ 0.9 = 24, 360吨鲑鱼和鳟鱼 (整鱼重量)。然后将所有成本要素 (收获成本除外) 除以转换为内脏重量的理想产量 (表3, 第3栏)。捕捞成本保持不变, 因为它仅适用于收获的鱼。然后, 间接生物成本估计为总生产成本 (即渔业局的计算加上资本成本) 与成本之和除以理想生产之间的差额。最后, 直接生物成本估计为其他运营成本的25%。然后, 总生物成本成为直接和间接生物成本的总和。

隐含的假设是, 除饲料和收获/包装外, 所有成本都是固定的。对于小鲑鱼、折旧和资本成本等若干成本要素来说, 这是正确的, 但对于其他成本要素, 假设工资、运输和可变成本等其他成本包括在“其他”业务费用总额中, 就不那么正确了。这可能是测量误差的来源, 并且会高估“生物”成本。同时, 人们对不同类型成本与“其他”运营成本的分配知之甚少, 也不知道“健康”部分是否包含与生物风险有关的所有成本。

表 4. 2020 年生产成本，适用于有和没有生物成本调整的普通公司。

挪威克朗/公斤	一般公司	最佳生产 (iFCR0.9)	最佳生产 (iFCR1.0)
产量 (圆重)	16, 609	24, 360	21, 924
生产 (内脏重量)	14, 765 人	21, 656	19, 490
饲料转化率	1.23	0.90	1.00
小鲑鱼成本	4.66	3.18	3.53
饲料成本	18.69	12.75	14.16
人工成本	3.62	2.47	2.75
折旧	2.97	2.03	2.25
其他运营费用	11.11	6.71	6.71
“生物成本”	0	16.72	13.79
海阶段的运营成本	41.06	43.84	43.84
资本成本	8.75	5.97	6.63
海相生产成本	49.81	49.81	49.81
收获 成本	4.55	4.55	4.55
生产成本	54.36	54.36	54.36

使用这种计算方法，生物成本成为最大的成本项目之一，iFCR为0.9，生物风险是2020年最大的成本项目。使用不同水平的理想饲料转化率，2020年的生物成本估计为13.8-16.7挪威克朗/千克内脏。人们可以将这些成本乘以产量的估计，但金额将是不确定的，因此这里不这样做。这种对总成本的估计将略高于其他计算（例如Iversen等人，2017年；Abolofia 等人，2017 年，Vedeler，2017 年和 Asche 等人，2022 年），但与其他研究不同，该估计是总生物成本的汇总衡量标准，包括虱子、疾病和其他与生物风险相关的成本。Rødseth（2016）使用了类似的方法，但使用了2012年的基准bFCR为1.13，与理想的饲料转化率s相比，该值较低。此外，Rødseth（2016）增加了利润损失的价值，估计2015年的总损失为70亿至80亿挪威克朗。本报告不包括利润损失。首先，这不是一件容易的事，因为单独增加产量会导致

三文鱼价格下降。其次，不确定在目前的MAB法规范范围内是否有可能增加产量。许多养鱼户的产量已经接近MAB限值。因此，实现假设的产量增加可能具有挑战性。

该方法中的测量误差意味着基于iFCR0.9的全部量不能归因于生物风险，但有理由相信纯生物成本将主导其他效应。尽管该方法存在缺陷，但它将提供关于公司和生产地区之间生物风险随时间推移的发展的有用信息。

3.3. 随时间推移的发展

图17显示了2005年后“生物成本”的显著增加，并且是随着时间的推移增长最大的成本项目。“生物成本”在2005年至2010年期间增加，到2012年下降，并在2012年至2020年期间增加了五倍。其中一些发展也可以在死亡率统计中看到。死亡率在2009年和2010年很高，到2012年有所下降，但此后有所上升。但以百分比衡量的2020年死亡率低于2010年，因此死亡率上升并不是全部解释。稍后我们将看到，自2010-2012年以来，*死鱼的重量显着增加*。下一章将更详细地讨论生物成本增加的原因。

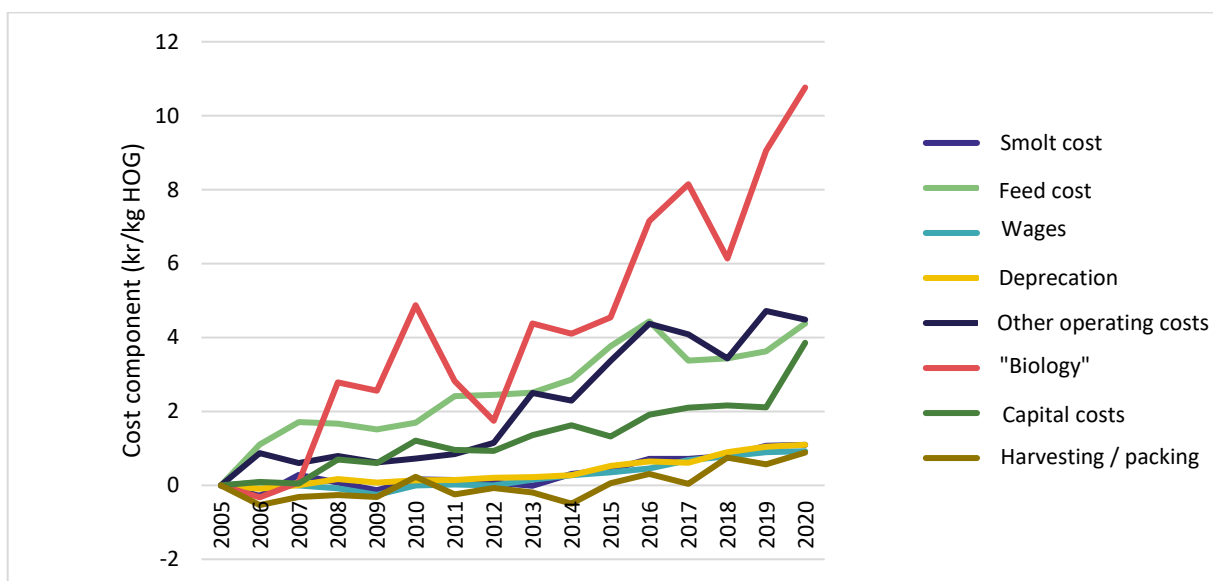


图 17. 随时间推移的生物成本。（iFCR0.9）。根据渔业局的报告，2015-2020年期间的卫生费用包括在内，而2015年之前的数字估计为其他运营成本的25%。

生物成本的大小将取决于iFCR的假设（图17）。

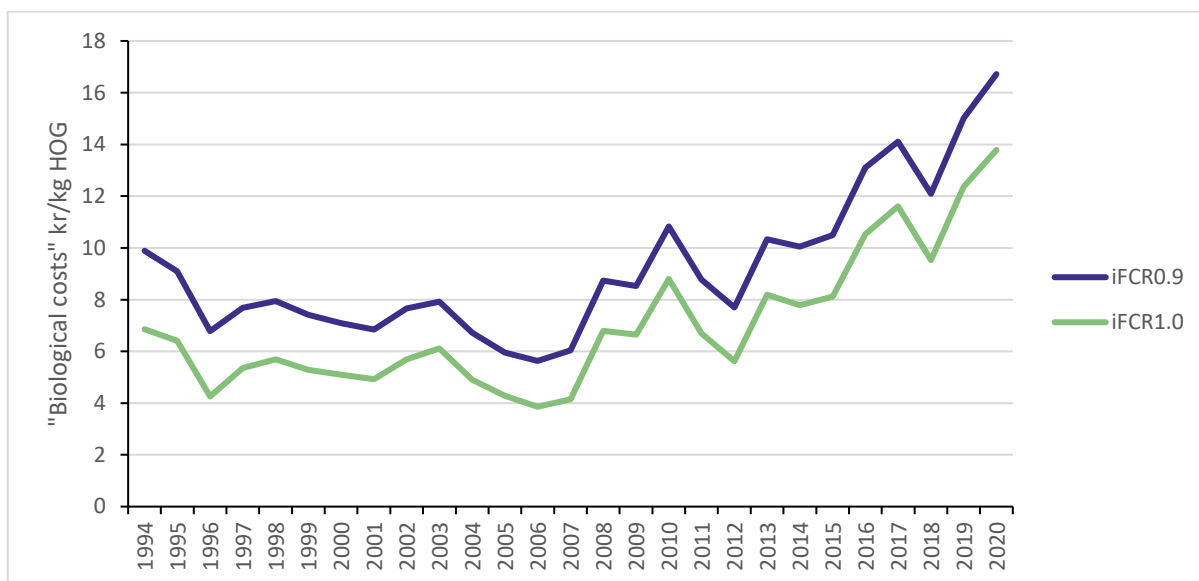


图 17. 生物成本。 iFCR0.9 与 iFCR1.0

2005年至2020年期间，饲料成本的增长为7.26挪威克朗/千克，未根据生物成本进行调整（见表2），在根据生物风险调整成本后，产量降至约4挪威克朗/千克。鉴于2005年至2020年间以美元计的饲料价格略有上涨（见图14），饲料成本增加的大部分原因是克朗贬值和生物成本增加。养鱼者最重要的成本，即饲料，既受货币风险和商品价格风险形式的市场风险，也受到生物风险的驱动。

3.4. 根据生物风险调整生产成本构成

分离生物成本可以更精确地分析其他成本项目。生物成本增加了它们在总生产成本中的份额（图18和图19），饲料成本不再是增加最多的成本要素，而是将其在总成本中的份额降低了10个百分点。饲料、小鲑鱼和工资等传统上最重要的成本组成部分的份额随着时间的推移而下降。2005年，它们几乎占成本的一半，而今天约为三分之一。生产成本增加的来源主要是生物风险、其他运营成本和资金成本。在传统的生产成本报表中，不包括其中两个因素，即生物成本和资本成本。

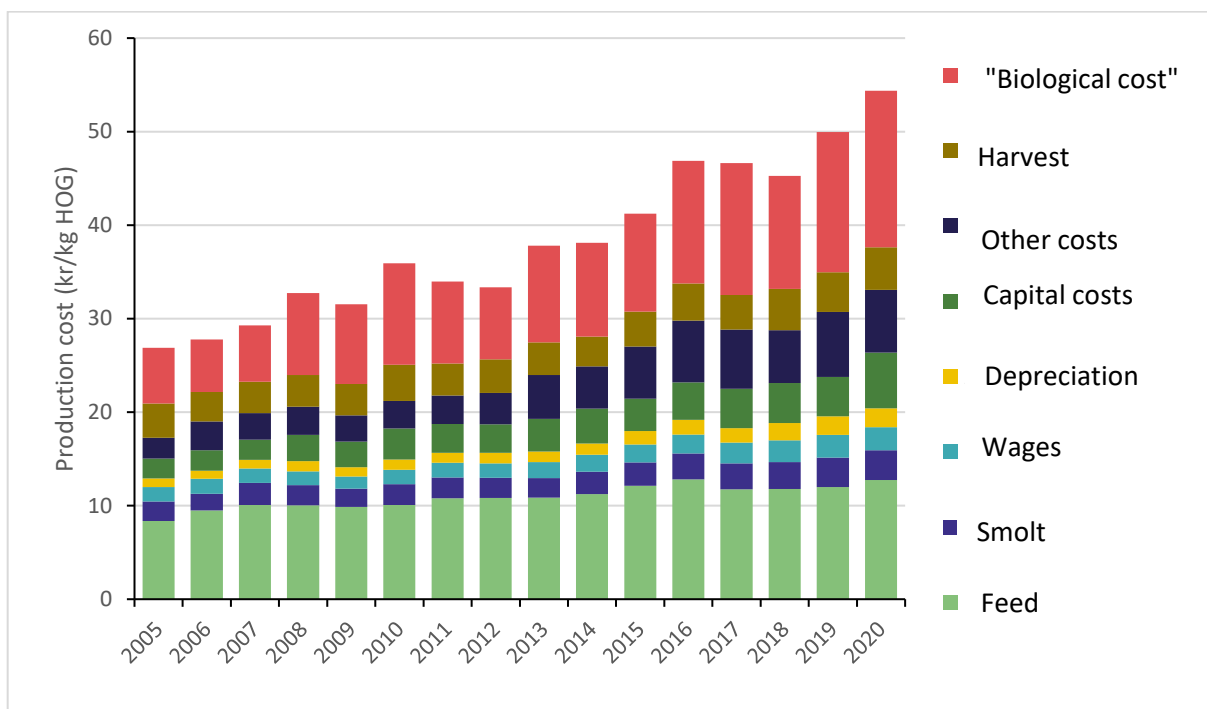


图 18. 调整后的生产成本。

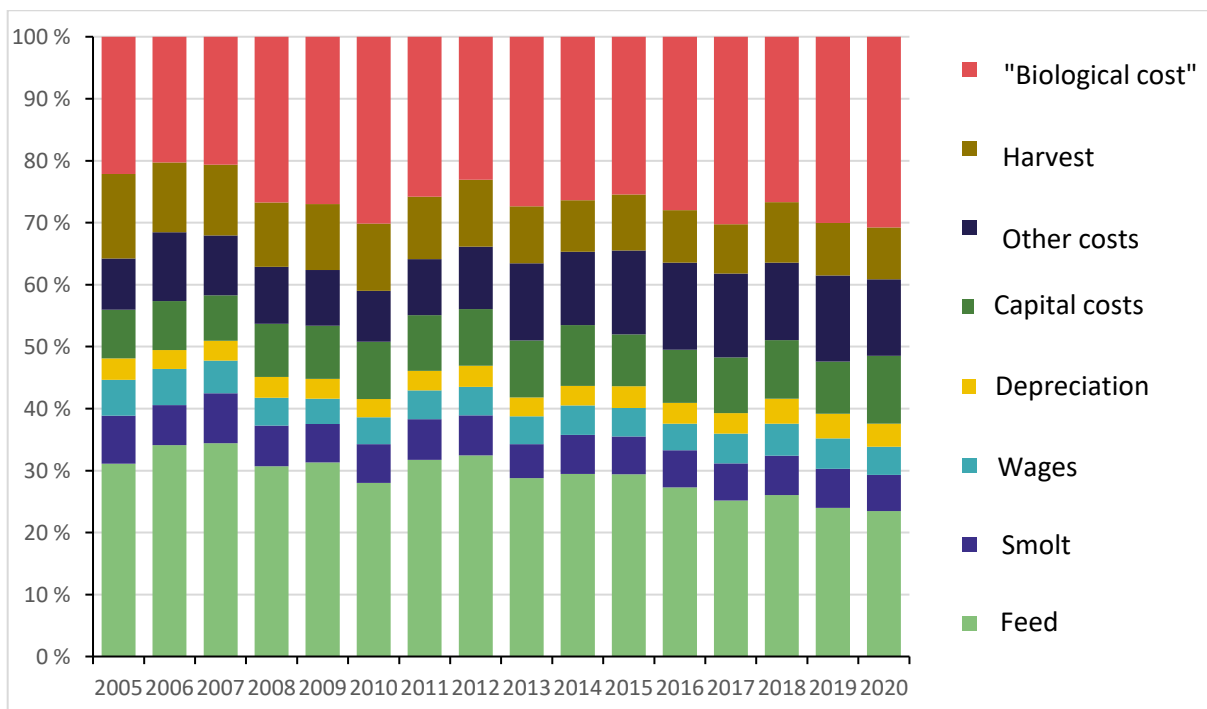


图 19. 成本构成的发展

3.5. 区域差异

在死亡率、疾病和虱子挑战方面存在显著的区域差异，这可能导致生物成本的差异。传统的成本列报方式忽略了海虱、疾病等的影响，使成本要素的比较复杂化。（表5）。2020年，

阿格德尔和罗加兰的饲料成本为21.28挪威克朗/公斤，而诺德兰的饲料成本为17.62挪威克朗，但差异的原因是什么？其他费用要素也存在很大的区域差异。各县之间eFCR的巨大差异表明不同的生物风险可能是一个重要原因。

表 5. 传统制造生产成本。固定 2020 挪威克朗。

挪威克朗/公斤	阿格德尔和罗加兰	挪威西部	特隆德拉格	诺德兰	特罗姆斯和芬马克
饲料转化率	1.52	1.42	1.40	1.19	1.34
小鲑鱼成本	6.91	6.33	5.31	4.22	5.57
饲料成本	21.28	19.27	20.08	17.62	19.72
人工成本	3.23	3.84	4.39	2.92	3.78
折旧	2.65	2.60	4.37	3.07	3.19
其他运营费用	11.01	12.93	9.90	11.15	11.37
“生物成本”	0	0	0	0	0
海阶段的运营成本	45.07	44.97	44.04	39.00	43.63
资本*	9.61	9.59	9.39	8.31	9.30
生产成本 海相	54.68	54.56	53.43	47.31	52.93
收获	5.25	4.79	4.49	4.28	4.79
生产成本	59.93	59.35	57.92	51.59	57.72

* 资本成本基于全国平均水平，但根据区域饲料转化率进行调整。

在接下来的两个表中，使用iFCR0.9（表6）和iFCR1.0（表7）减去生物成本。这种方法对各县来说比对整个国家来说要困难一些，因为缺乏每个地区的资本成本。因此，使用整个挪威的平均资本成本，但根据区域饲料转化率向上或向下调整。

表 6. 2020年每个地区的生产成本，根据“生物成本”进行调整（iFCR = 0.9）。

挪威克朗/公斤	阿格德尔和罗加 兰	挪威西 部	特隆德拉 格	诺德 兰	特罗姆斯和芬马 克
饲料转化率	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
小鲑鱼成本	4.09	4.01	3.41	3.19	3.74
饲料成本	12.60	12.21	12.91	13.33	13.24
人工成本	1.91	2.43	2.82	2.22	2.54
折旧	1.57	1.65	2.81	2.32	2.14
其他运营费用	4.90	6.18	4.80	6.36	5.77
“生物成本”	23.92	22.00	20.64	13.60	19.25
海阶段的运营成 本	48.99	48.48	47.40	41.02	46.69
资本*	5.69	6.08	6.03	6.29	6.25
生产成本 海相	54.68	54.56	53.43	47.31	52.93
收获成本	5.25	4.79	4.49	4.28	4.79
生产成本	59.93	59.35	57.92	51.59	57.72

* 资本成本基于全国平均水平，但根据区域饲料转化率进行调整。

在提取生物成本时，小鲑鱼、饲料、收获和折旧等其他成本要素的区域差异明显低于不分离生物风险时。在表2中，小龄鲑成本相差2.69挪威克朗/千克，而在表6中，小龄鲑成本最高和最低的地区之间的差异为0.90挪威克朗/千克。变化的减少也适用于其他成本项目。饲料成本的变化从每公斤3.66挪威克朗（表6）下降到不到三分之一。这意味着，根据饲料转化率的差异进行调整后，地区间的成本差异将大幅下降，这反过来又表明不同县域的生产成本差异主要是由于生物风险的差异。表7中可以看到相同的效果，但效果自然要低一些。

表 7. 2020 年每个地区的生产成本，根据“生物成本”进行调整（iFCR = 1.0）。

挪威克朗/公斤	阿格德尔 和 罗加兰	挪威西部	特隆德拉格	诺德兰	特罗姆 斯 和 芬马克
饲料转化率	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
小鲑鱼成本	4.54	4.46	3.79	3.55	4.16
饲料成本	14.00	13.57	14.34	14.81	14.72
人工成本	2.12	2.70	3.14	2.47	2.82
折旧	1.74	2.83	3.12	2.58	2.38
其他运营费用	4.90	6.18	4.80	6.36	5.77
“生物成本”	21.05	19.07	17.53	10.56	16.15
海阶段的运营成本	48.36	47.81	46.72	40.32	45.99
资本*	6.32	6.75	6.71	6.99	6.94
生产成本 海相	54.68	54.56	53.43	47.31	52.93
收获成本	5.25	4.79	4.49	4.28	4.79
生产成本	59.93	59.35	57.92	51.59	57.72

* 资本成本基于全国平均水平，但根据区域饲料转化率进行调整。

自 2005 年以来，所有县的生物成本都有所增加（图 20），主要是在罗加兰/阿格德尔和韦斯特兰，在诺德兰最少。对于一些县来说，每年都有相当大的差异。这可能是由于某些县的观测很少而导致测量误差。Møre og Romsdal 不包括在内，因为该县很少有当地公司。在罗加兰

/阿格德尔，每年都有很大的波动，一个可能的原因可能是参与联合区域合作（例如区域合作）的公司。

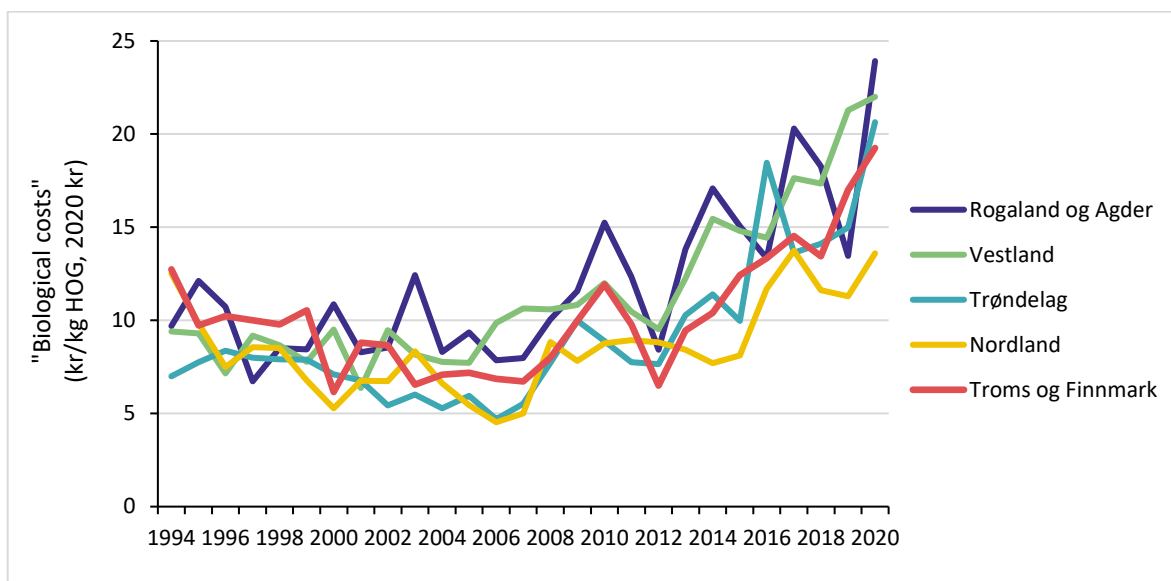


图 20. 1996-2020年期间每个县的生物成本（iFCR0.9）。固定 2020-nok。资料来源：根据渔业局盈利能力调查的数据自行计算。

此外，疾病流行会来来去去。在韦斯特兰县，PD爆发了大规模且长期的疫情，在2019年达到顶峰，但在后来的几年有所下降。在挪威北部，ISA一直是一个主要问题。这些疾病在其他县也爆发了一些疫情，但有些县的问题比其他县更大。虱子感染也存在区域和部位差异。此外，虱子问题的差异也可以通过不同的操作程序、公司战略和技术的使用来解释。⁴³

3.6. 大公司与小公司

渔业局还报告了不同规模公司集团的成本（表8），但由于规模原因，很难确定差异。研究还表明，小公司的盈利能力通常最高（Asche et al., 2018）。第1组（1-9个许可证）的公司平均营业额为2.5亿挪威克朗/年，因此即使是最小的类别也相对较大。根据欧盟立法和定义，被定义为中小型企业限制是年营业额为50 MEUR（~100 MNOK）和少于250名员工。尽管第1组的全职员工人数为~18，但营业额仅为营业额的一半，这意味着它被定义为一家大公司。拥有1个许可证的养鱼公司的营业额可能约为60 MNOK/年，而拥有9个许可证的公司营业额约为560 MNOK/年（产量（圆重）为MAB的1.5倍，鲑鱼价格为60挪威克朗/公斤内脏重量）。

⁴³请看这里的数字：<https://www.barentswatch.no/havbruk/sykdom>

表 8. 调整后的生产成本。不同尺寸的组。组 1 = 1-9 个权限，组 2 = 10-19 个权限，组 3 = 20+ 个权限。

挪威克朗/公 斤	平均公司 (iFCR0.9)	第 1 组 (iFCR0.9)	第 2 组 (iFCR1.0)	第 3 组 (iFCR1.0)
小鲑鱼成本	3.18	4.10	3.37	2.89
饲料成本	12.75	13.03	12.53	12.64
人工成本	2.47	2.22	2.04	2.59
折旧	2.03	1.79	1.67	2.13
其他运营费用	6.71	8.13	7.74	6.15
“生物成本”	16.72	15.45	20.03	16.83
海阶段的运营 成本	43.84	44.72	47.38	43.22
资本成本	5.97	5.43	4.66	6.42
海相生产成本	49.81	50.16	52.04	49.65
收获 成本	4.55	4.15	4.48	4.67
生产成本	54.36	54.31	56.53	54.32

4. 生物成本增加的原因

如前所述，2010年后生物成本增加可能有几个原因。以下是被确定为最重要的因素的摘要。

1. **要素投入价格较高。** 高 eFCR 意味着使用的饲料没有导致收获生产。当饲料价格上涨时，无论是通过饲料成分价格上涨还是克朗贬值，饲料使用效率降低的成本将比以前更昂贵。此效应也适用于其他输入因子。投入要素价格较高，放大了投入要素使用效率较低的负面影响。
2. **更严格的法规。** 1998年，引入了虱子计数和除虱的要求。从那时起，虱子限制已经降低了数倍（见图5）。2013年，引入了非常严格的虱子限制（春季0.2，其余时间0.5）。在2013-2016年期间，妄想症的数量增加了60%。此外，除虱方法也发生了范式转变（见下一点）。2017年，引入了交通信号灯系统，增加了对水产养殖中鲑鱼虱子的关注，并提供财政激励措施，以降低设施中的虱子水平。Institute of Marine Research（IMR）的研究人员进行的计算表明，在野生鲑鱼小鲑的感染压力变得如此之低以至于 PO 可以着色之前，红色 PO 中养殖鲑鱼上的成熟雌虱数量必须低于 0.03（山特维克等人，2021 年）。试图实现比今天更低的虱子数量将给成本和鱼类福利带来进一步的压力。

除了TLS等其他法规外，更严格的虱子限制导致每条养殖鱼类的成熟雌虱数量显著下降，每个地方的虱子数量也随之变化（图21）。对于最初虱子数量最高的PO，每个地方的虱子数量变化下降幅度最大（图22）。在过去10年中，超过虱子限制的地点数量有所下降，而韦斯特兰县的下降幅度最大（图23）。

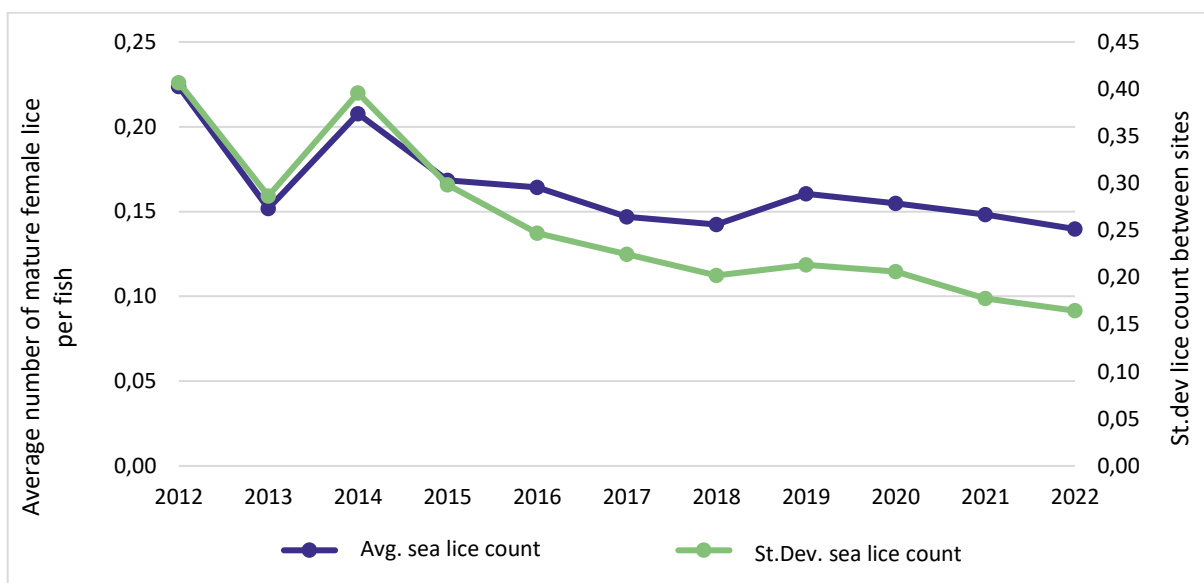


图 21. 每个站点每周成熟雌虱数量的年平均值， 以及每个站点每周成熟雌虱数量的标准差（Stdav）。资料来源：根据Barentswatch的数据自行计算。

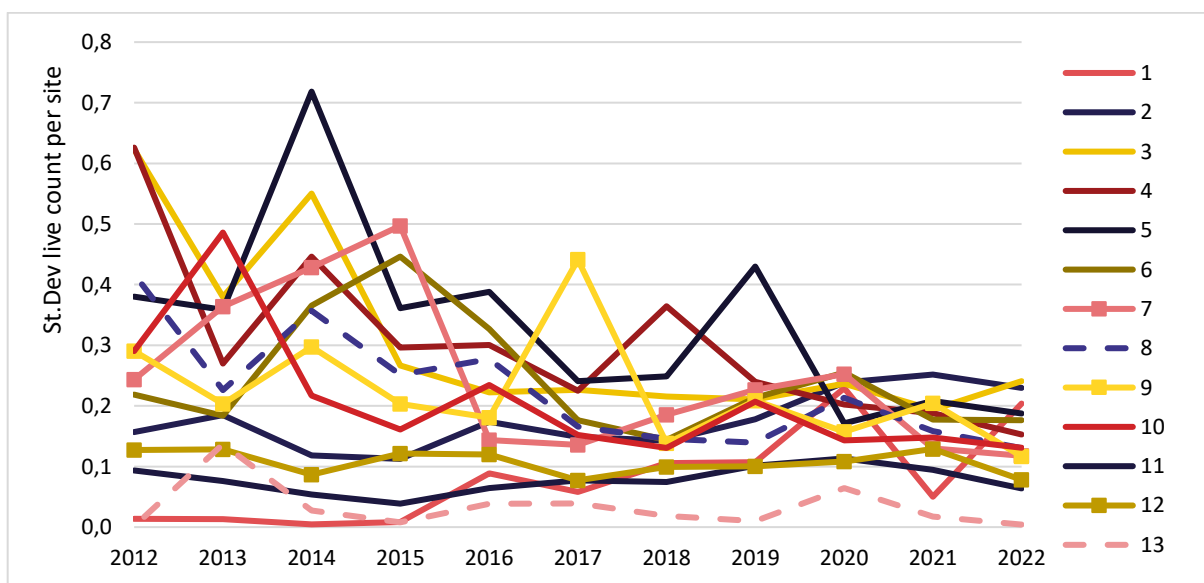


图 22. 生产区域每个站点每周成熟雌虱数量的标准偏差（1-13）。资料来源：根据Barentswatch的数据自行计算。

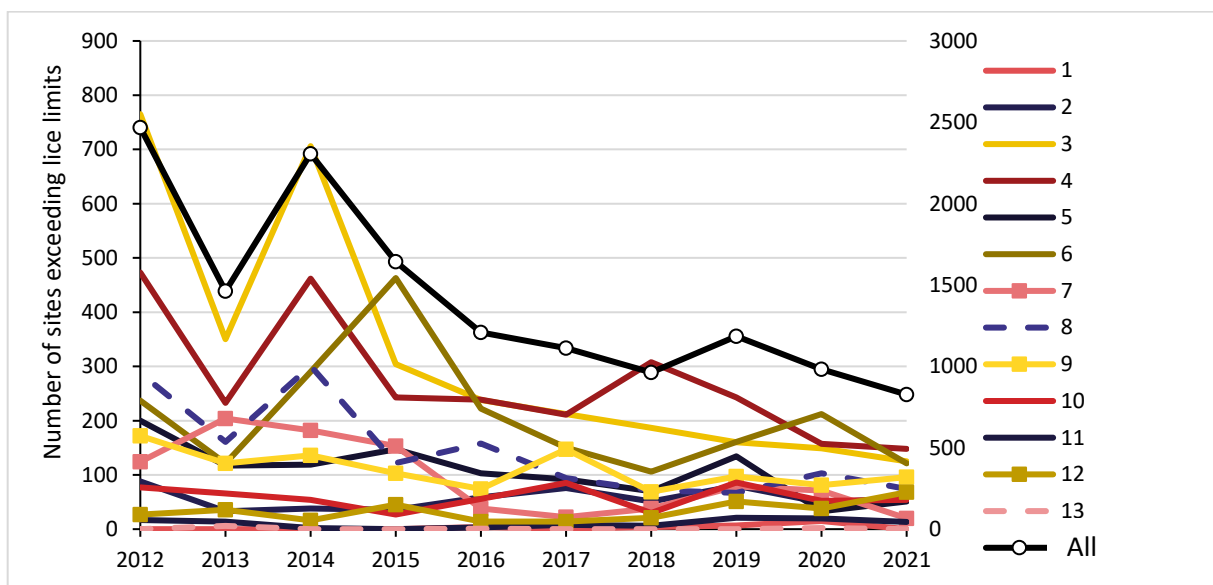


图 23. 每周超过虱子限制的平均站点数。资料来源：根据Barentswatch的数据自行计算。

趋势很明显，更严格的虱子法规导致 i) 虱子数量减少，ii) 虱子限制的减少，iii) 地点之间虱子数量的变化减少，以及iv) 养殖鲑鱼的虱子数量在绿色，红色和黄色PA之间的变化较小。

养鱼户已经适应了更严格的虱子法规， 每条鱼的虱子数量在各地以及生产区域之间变得更加均匀。

3. **增加使用非药物除虱方法。** 在2013-2015年期间，用药用除虱剂处理的数量急剧增加（图24），但由于同期鲑鱼虱子产生耐药性，效率下降，养鱼户不得不迅速找到新的除虱方法。从2015 年开始，淡水，机械和热除虱（图中称为“机械去除”）等非药用方法的使用急剧增加⁴⁴⁴⁵。在同一时期，清洁鱼的使用急剧增加，养鱼者也为每条清洁鱼支付了稳步上涨的价格（图26）。很难计算每个部位的治疗次数，因为大约80⁴⁶%的机械方法治疗是在部分部位进行的，而不是整个部位（部分脱节）。

⁴⁴参见科茨等人 2021a, 2021b, 登普斯特等人（2021）。

⁴⁵参见巴雷特等人（2020a）、布伊等人（2020b、2022）

⁴⁶用«机械»方法可能降低了清洁鱼类的有效性（Gentry 等人，2020 年）。

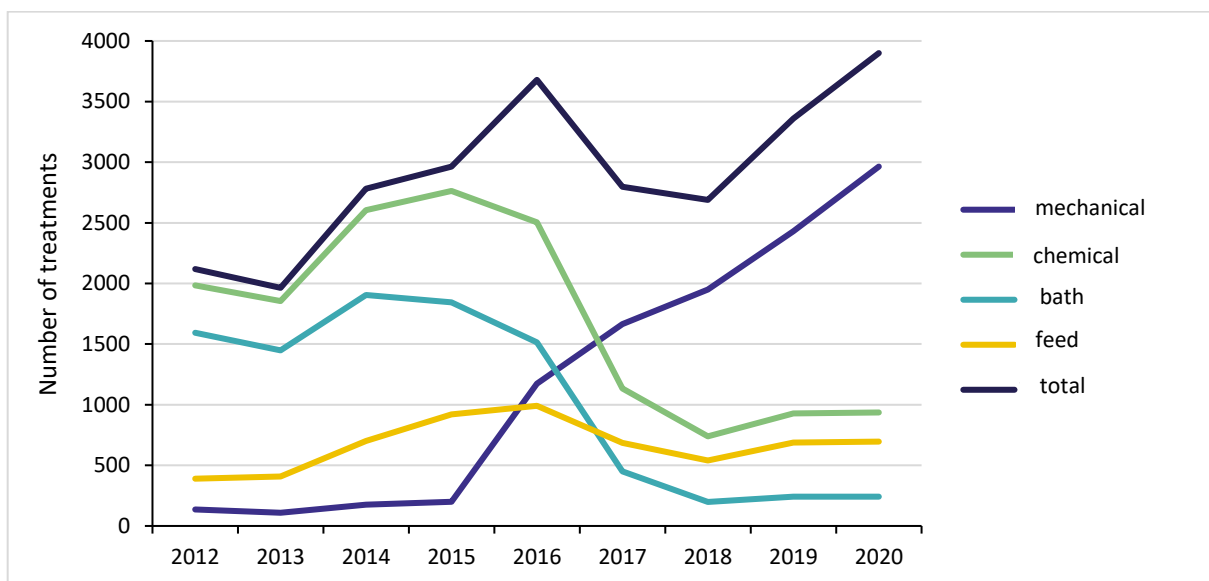


图 24. 除虱方法。 “机械处理”包括机械、热力和淡水处理。 “药物治疗”是“沐浴治疗”和“饲料治疗”的总和 。 资料来源：巴伦支观察。

机械除虱的频率增加了，每个站点每年1-5只虱子的比例下降了，而每个站点每年6-15只虱子的比例增加了（图25）。

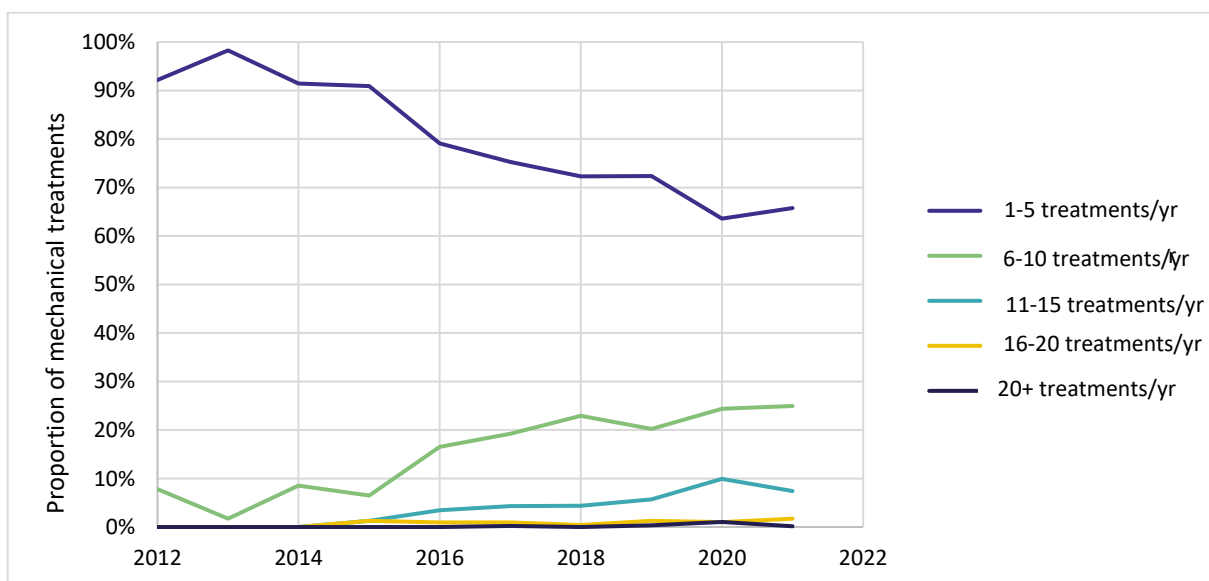


图 25. 每年每个站点机械妄想次数的组比例 。

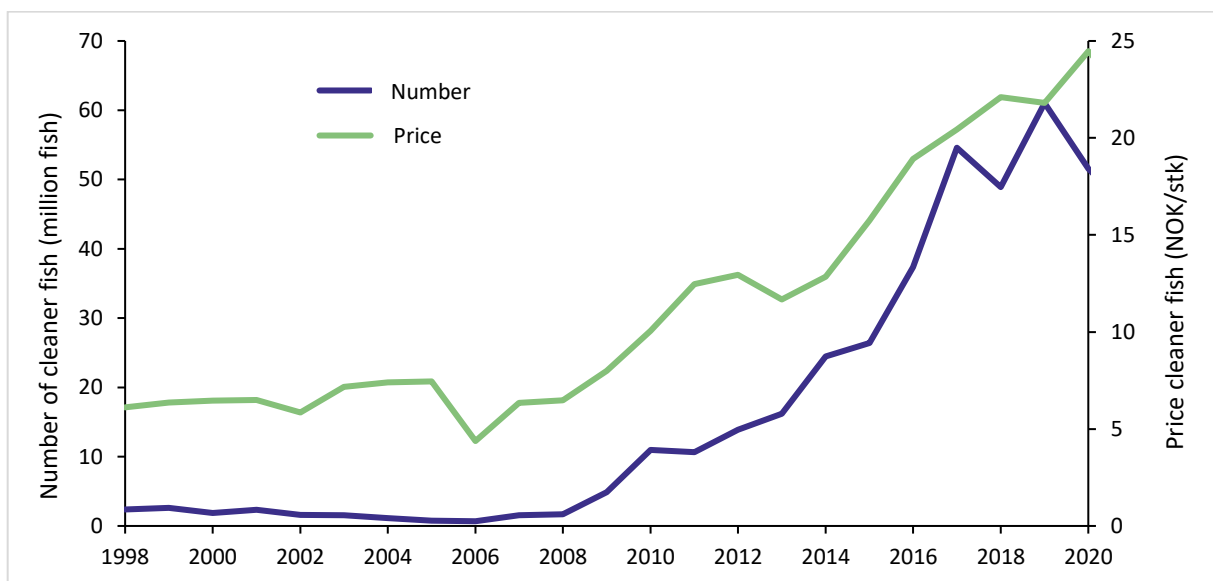


图 26. 暴露的清洁鱼数量（百万条鱼）和销售价格（挪威克朗/条）。价格经通货膨胀调整（2020 年固定挪威克朗）。渔业来源局。

除虱率存在地区差异。下图显示了 P A 3 和 P A 4 与 P A 7、P A 8 和 P A 9 的不同除虱方法的频率（图 27）。这些数字不能直接比较，因为场地数量和生产数量会有所不同。特别是生产将随着时间的推移而变化。由于 Nordland 有绿色 P A，而 Vestland 有黄色和红色，因此生产将以非常不同的速度发展，但这些地区在生产方面可能相对相似。2020 年，P A 3 和 P A 4 的圆重产量为 357，393 吨，而 P A 7、P A 8 和 P A 9 的圆重产量为 397，639 吨。尽管这两个地区的除虱频率都有所增加，但挪威西部的增幅最大。P A 3 和 P A 4 中使用⁴⁷“机械”除虱方法的增加从 2012 年的 55 次增加到 2020 年的 1，233 次，而在 P A 7、P A 8 和 P A 9 中，频率从 0 增加到 521。韦斯特兰县的增幅是北部的两倍多。

⁴⁷野生鲑鱼的虱子压力也存在区域差异。

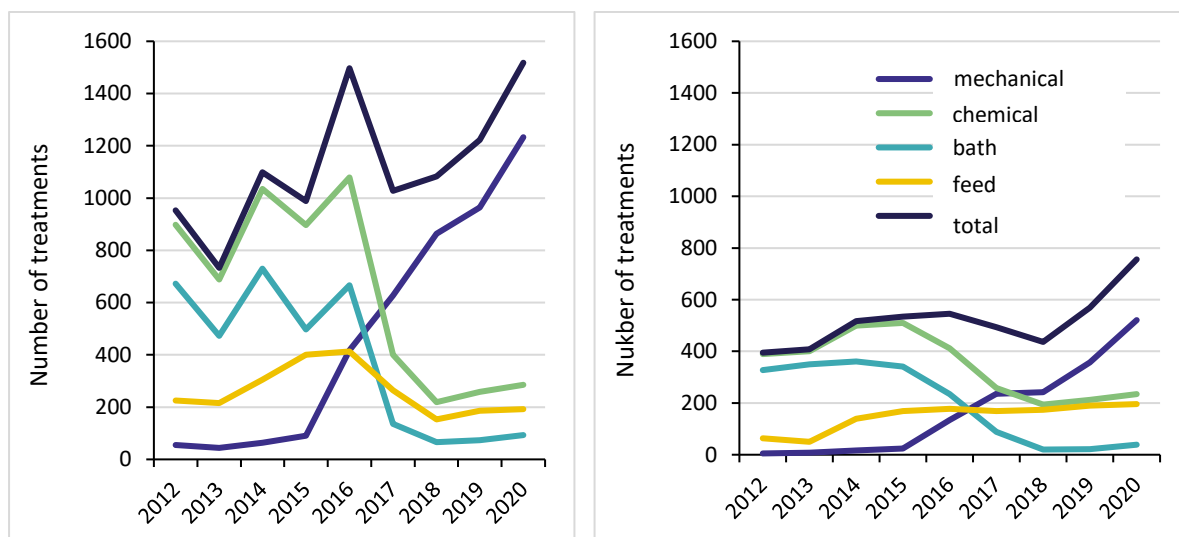


图 27.P A 3和P A 4（覆盖Vestland县）和P A 7, P A 8和P A 9（覆盖Nordland县大部分地区）中d检测方法 的频率。资料来源：巴伦支观察。

4. **死鱼的重量增加。**⁴⁸ 下图显示了整个国家的死亡率（图28），每个地区其他年份的海上死亡率（图29），以及每代和每个地区随时间推移的死鱼平均重量（图30）。尽管自2010年以来，以占海洋鱼类数量的百分比衡量的死亡率有所下降（图28，黄线），但大型鱼类的死亡率有所增加（图28，橙线），而最小鱼类的死亡率有所下降（图28，蓝线）。大鱼死亡率的增加比小鱼更昂贵，因为投入了更多的可变成本。此外，固定成本分布在 更少的公斤上。

⁴⁸有关死亡发展和死亡原因的更多信息，请参阅小鲑鱼和生长阶段，参见Bang Jensen等人。（2020），Bui 等人（2022），Bui 等人，（2020b），加斯内斯等人（2021），奥利维拉等人（2021），顿等人（2019a; 2019b）、佩尔松等人（2022）和斯维兰·瓦尔德等人（2021、2022）。

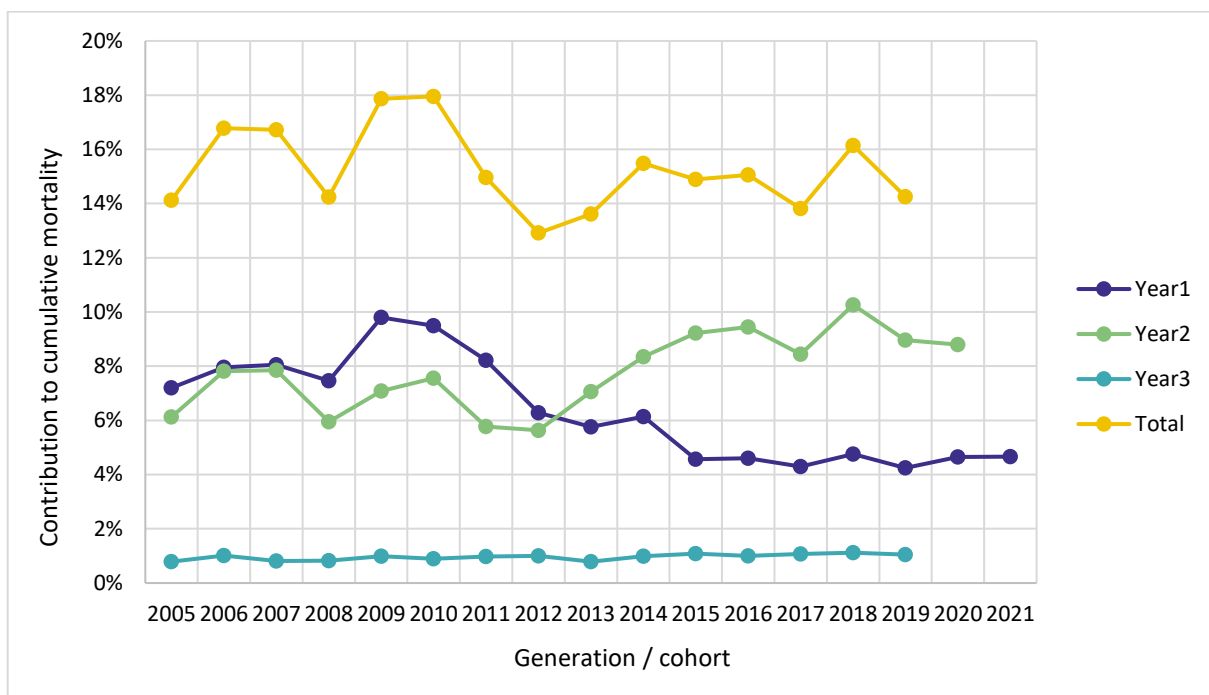


图 28. 每代人的死亡率和在海中的年数。死亡率的计算方法是：登记的死鱼数量除以每代总释放量。海洋中的第一个日历年=深蓝色线，海洋中的第二个日历年=绿线，海洋中的第三个日历年=绿松石线，总死亡率=黄线。资料来源：根据渔业局的生物量统计计算得出。

历史上，海洋中第二年的 鱼类死亡率在韦斯特兰县最高，在 诺德兰最低。自13G（2013年释放的鱼类）以来，挪威西部大型鱼类的死亡率增加了一倍多。特别是，12G和16G之间急剧增加。挪威中部的增幅也很大，但不如挪威西部那么高。

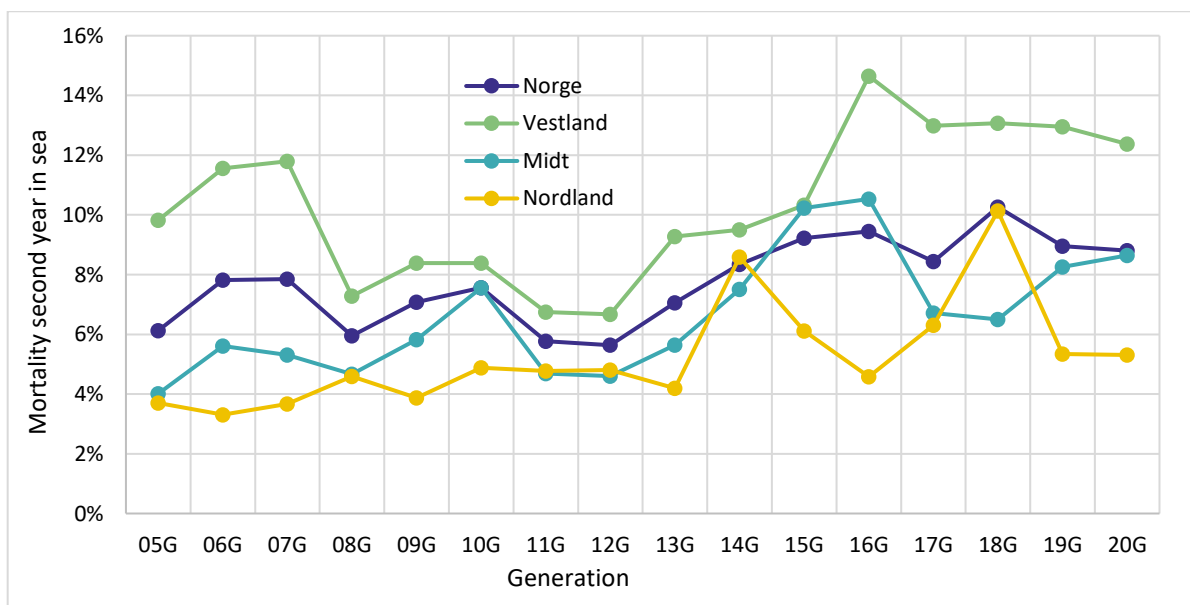
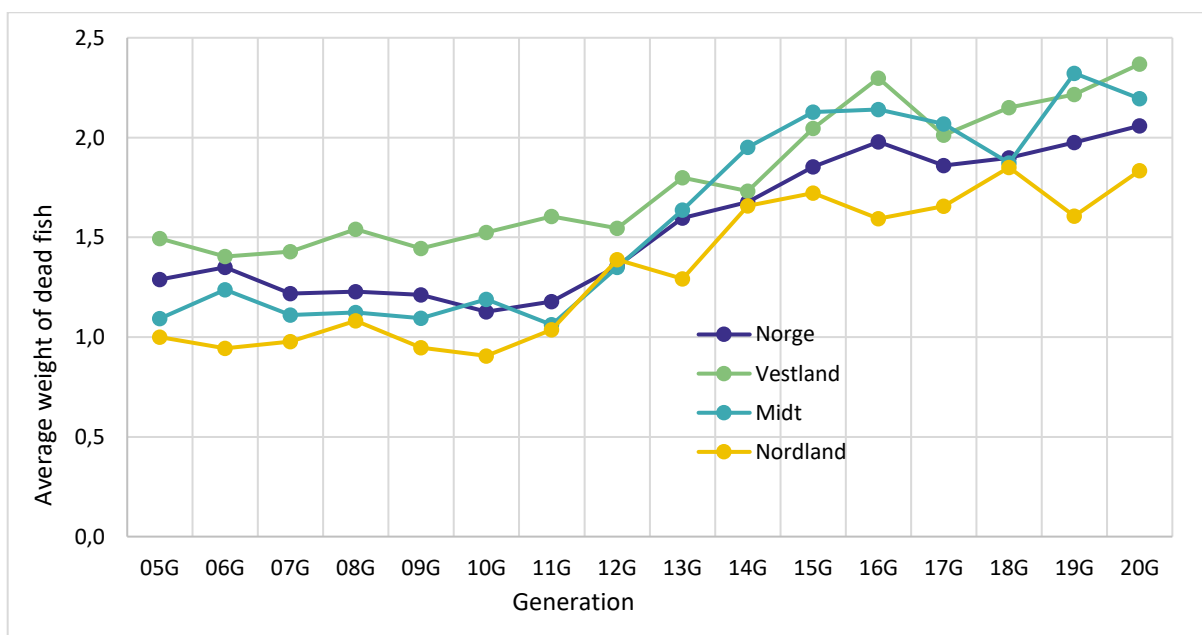


图 29.第二年鱼类在海上的死亡率，整个国家和三个地理区域（韦斯特兰，挪威中部和诺德兰）。死亡率的计算方法是：登记的死鱼数量除以每代总释放量。资料来源：根据渔业局的生物量统计计算得出。

自12G队列（2012年释放的鱼）以来，死鱼的平均重量有所增加。在挪威西部，它已从1.5公斤增加到略低于2.5公斤，增加了近1公斤。其他地区死鱼的平均重量也有所增加。在诺德兰，死鱼的重量从1公斤增加到近2公斤。在全国范围内，死鱼的平均重量增加了近1公斤。死鱼重量增加加上大型鱼类死亡率增加是生物成本增加的重要驱动因素。此外，要素投入品价格的上涨增加了这种低效率来源的价格。在财务上，这将是昂贵的，因为已经投入了大量资金来生产一条重达2-2.5公斤的鱼。这一发展促使人们增加了对眩晕船的投资，这些电击船可以捕捞与治疗有关的鱼类，这些鱼可能会死亡并导致生产损失。潜在地，增加眩晕船的使用可能会导致未来死鱼重量的减少。其他可能对鱼类福利有积极贡献的因素是对小鲑鱼质量的日益关注。一些研究人员和从业人员指出，RAS设施生产的小鲑鱼与大型鱼类死亡率增加之间存在联系，但由于大型鱼类死亡率增加的原因很复杂，因此在得出结论之前，这是一个需要更多研究的主题。然而，一些研究已经表明，小鲑鱼质量是养鱼产量损失的重要解释因素（Pincinato等人，2021）。^{49,50}



⁴⁹例如见巴雷特等人（2022）。

⁵⁰例如参见Frisk等人。（2020年）和<https://ilaks.no/skjelde-fisken-er-jo-halvdau/>,<https://ilaks.no/skjelde-vi-har-enda-mer-a-ga-pa/>,<https://ilaks.no/beitnes-johansen-alt-tyder-pa-at-ras-fisk-er-mindre-robust/>.

图 30. 海上其他年份死鱼重量的区域差异。根据渔业局的生物量统计数据自己的计算。

5. **减少收获重量。** 2011年至2016年间，收获重量减少了600克（图31）。从那时起，平均收获重量略有增加（~200克）。收获重量的最大下降恰逢越来越多地使用“机械”除虱方法的挑战时期。一种可能的解释是，鱼被收获而不是暴露于另一轮的妄想中。此外，生产水平 接近M A B限值的公司也可能是一个解释因素（通常被称为“MAB 屠宰”⁵¹）。 捕捞重量的下降对养鱼户的财务业绩产生了严重的负面影响。首先，固定成本分布在更少的公斤上。此外，捕捞和销售的鱼数量较少，这单独导致销售收入降低，此外，小鱼的价格将低于大鱼。 1-2公斤鲑鱼的平均折扣约为每公斤15挪威克朗，而鲑鱼则为4-5公斤。

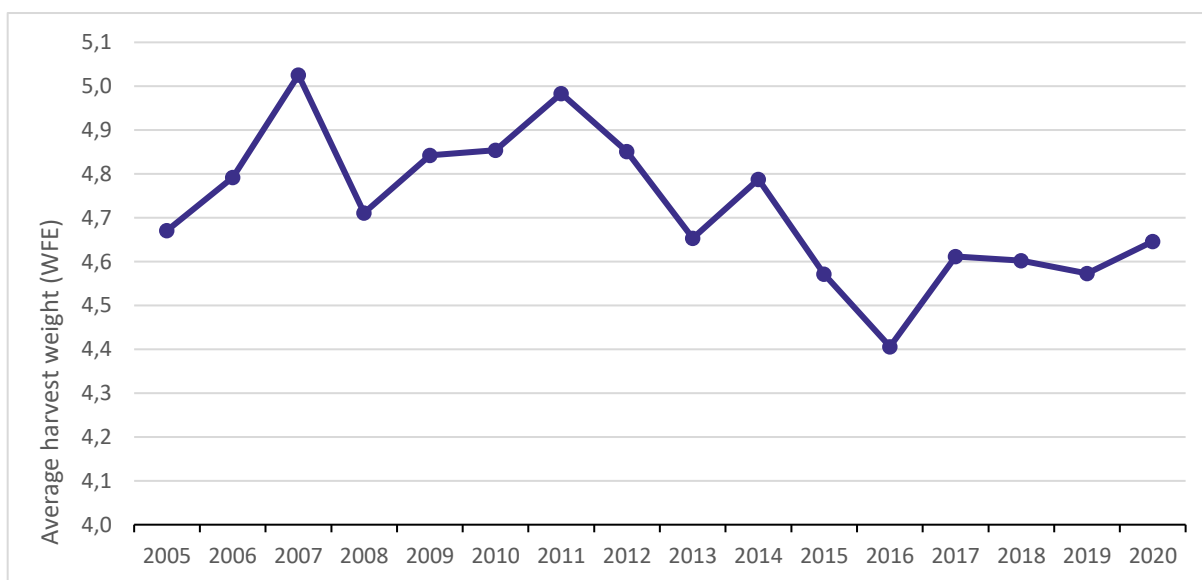


图 31. 其他年份的海上捕捞重量（WFE）。每一代。资料来源：根据渔业局的生物量统计计算得出。截断的 y 轴。

自2010年以来，收获时间发生了重大变化（图32）。2010年，大约一半的鱼是在第二年海上捕捞的，其余的是在第三年收获的。这可能有几个原因，例如释放在海洋中存活时间较短的较大小鲑鱼（在海洋中的生产周期较短），强制捕捞（和较低的捕捞重量），以及春季释放量而不是秋季释放量的增加。Iversen等人（2019）记录了春季与秋季发布的比例从2005年的

⁵¹ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/august/bloggebater-berger-fisk-etter-avlusing>. 另见巴雷特等人（2022）。

65 : 35上升到2014年的53 : 47，因此这可能不是一个解释。因此，更大的小鲑鱼/更短的生产时间和更多的生物学挑战仍然是可能的解释因素。⁵²

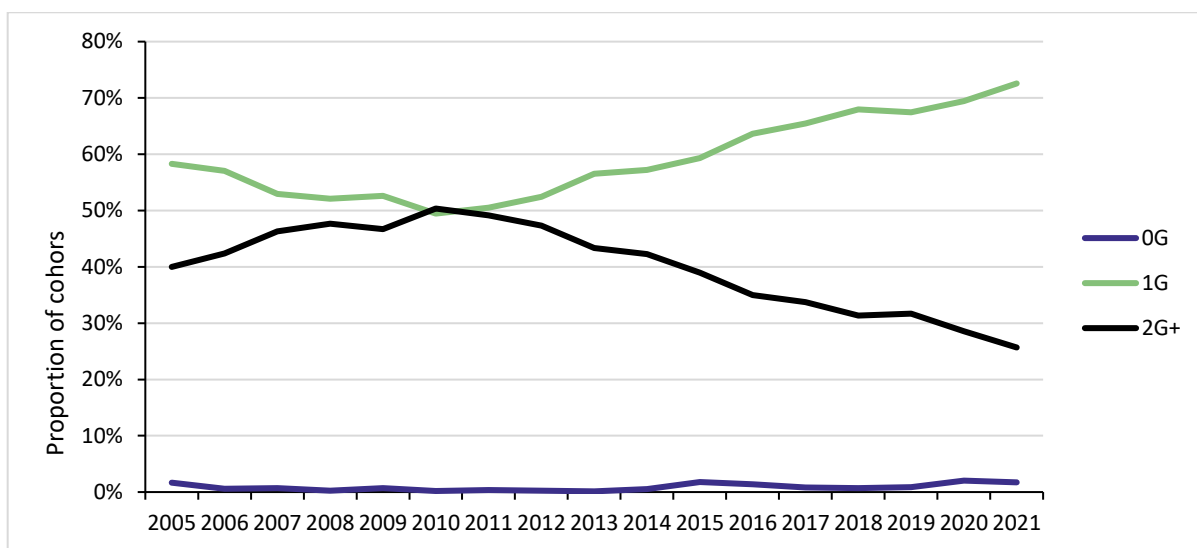


图 32. 0G = 与出海的年份相同，1G = 在海上的第二年，2G+ 是在海上的第三年或更早。

释放到海洋中的小鲑鱼的大小有所增加（Iversen等人，2017年;2019年），但关于平均小鲑鱼大小的信息尚未公开。但是，通过查看250g以上和以下鱼类组成的小鲑鱼释放比例，可以说出小鲑鱼后的比例。自2010年以来，大龄小鲑的比例有所增加，最大的增幅发生在2014年之后（图33）。

⁵²并不意味着鱼是3岁的时候收获。秋季释放的鱼将只有一年多的历史，因为它开始了第三个日历年的海上航行。

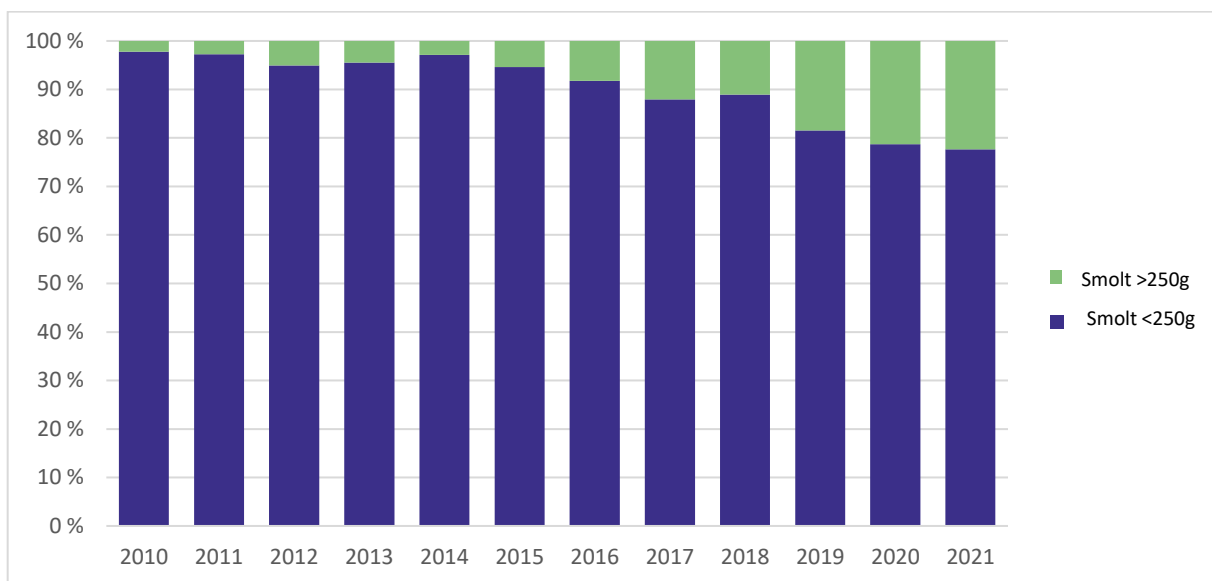


图 33. 小鲑鱼大小。250克以上和以下释放的二龄鲑比例。资料来源：根据渔业局的统计数据自行计算。

6. 提高经济饲料转化率。 上述数字辅以其他信息，记录了大型鱼类死亡率增加，死鱼重量增加，脱口更频繁，“机械”除虱方法的使用增加，PD / ISA长期爆发。疾病，寄生虫感染，治疗会导致压力和生长减少。疾病不一定会导致急性死亡，但可能是一种长期的慢性疾病，对生长和鱼类福利产生负面影响。PD是一种 不一定杀死鱼（即急性死亡）的疾病，但会导致鱼变瘦，利用饲料的能力降低。此外，鱼必须在治疗中挨饿。这些都是提高经济饲料转化率的因素。自2005年以来，饲料转化率有所提高，与2005年的1.2相比，现在高于1.3，1990年代降至1.15（图34）。

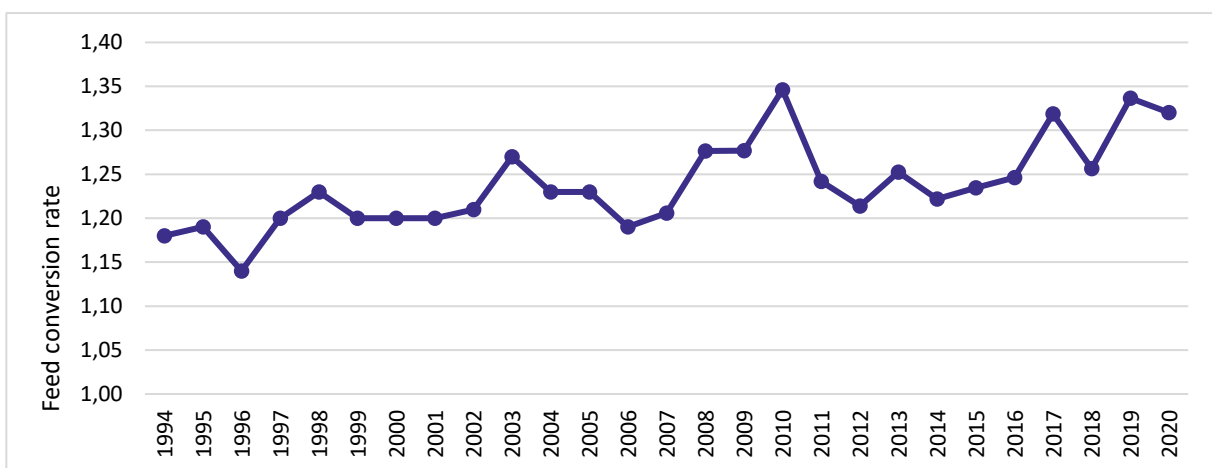


图 34. 平均经济饲料转化率（eFCR）。资料来源：渔业利润调查局。

饲料转化率存在很大的地理差异（图35）。对于2020年释放的鱼类，韦斯特兰县（eFCR = ~1.35）明显高于诺德兰县（eFCR = ~1.15）。自11G以来，地区之间的差异有所增加。

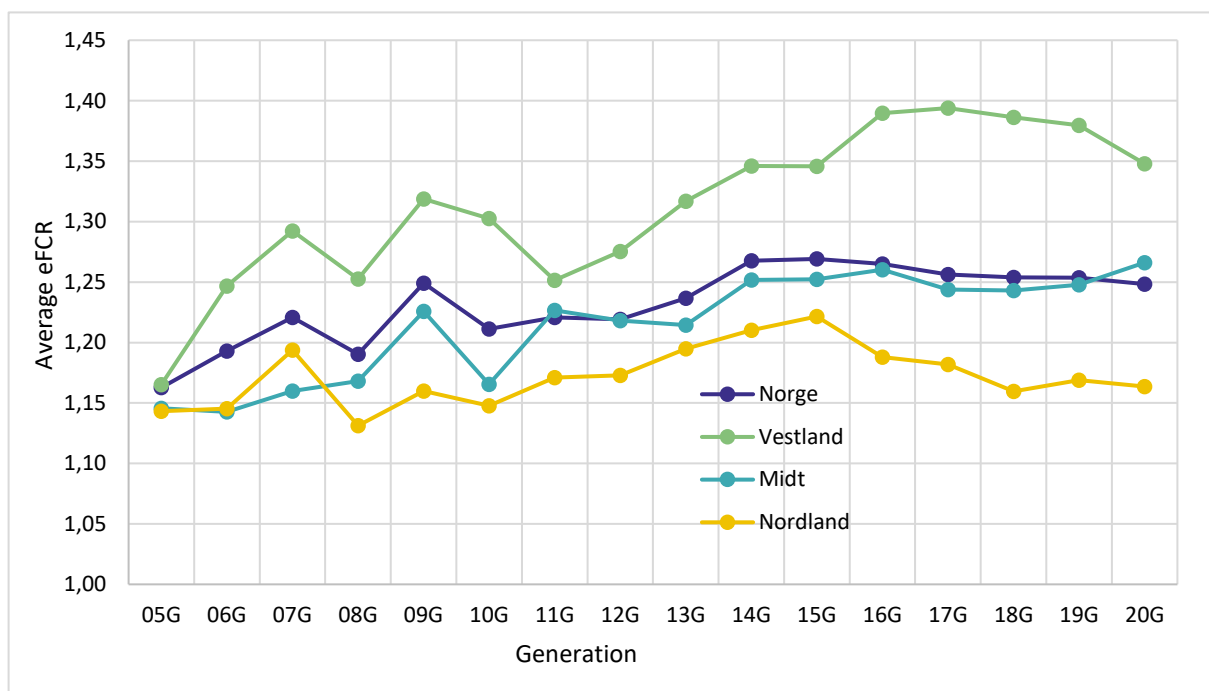


图 35.样本县的每代 经济 饲料转化率。根据渔业局的生物量统计。

5. 结论

2005-2020年期间，水产养殖生产成本的增长速度是通货膨胀的3-4倍，成本的增加不能仅仅用要素投入价格上涨来解释。在过去两年中，成本爆炸并没有减弱。相反，这种趋势仍在继续，包括资本在内的生产成本接近每公斤内脏重量60挪威克朗。与2016年相比，生产成本的增加使得保持历史盈利能力变得更加困难。一些研究调查了成本发展的原因，并将虱子、小龄鲑和 资本密集度增加确定为重要的解释因素。“生物成本”是一种受到大量宣传但尚未量化到很大程度的成本。本报告根据报告的生产和理想/乌托邦式运营情况之间的成本差异来计算生物风险的成本。虽然理想的饲料转化率代表了没有疾病和虱子的设施的最佳/理想运行，但经济饲料转化率将随着生物风险的增加而增加。实现的饲料转化率和理想的饲料转化率之间的差异为我们提供了间接生物成本水平的信息（例如死亡率、生长减少、饥饿等）。直接生物成本是根据有关卫生成本的信息计算的，间接成本和直接成本的总和得出总生物成本。

结果表明，生物成本是鲑鱼养殖中最大的成本项目之一，自2005年以来，特别是自2012年以来，这一水平显著增加。2020年，“生物学成本”估计为 10-14挪威克朗/千克，而饲料成本约为13-14挪威克朗/千克。在增加27.49挪威克朗/千克内脏重量（2020-挪威克朗固定）中，生物学成本占9.50-10.76挪威克朗/千克，占增长的35-40%，而饲料、其他运营成本和资本则为40-45 %。除了成本增加外，生产成本的变化也有所增加，尤其是在2012年之后。计算背后的方法很简单，并且会产生测量误差，从而给出不确定的估计值。应进行进一步研究，以找到可以提高估计精度的方法。

生物成本增加的原因很复杂，但主要与更严格的环境法规和养鱼者对限制的反应、死鱼重量的增加以及疾病爆发有关。2013年，引入了非常严格的虱子限制，导致更频繁的妄想，药物使用增加和清洁鱼类的释放增加。2015年左右，药用除虱剂的有效性下降，导致突然过渡到新的和未经测试的非药用机械方法（包括热方法），这反过来又导致鱼类福利和健康减少，并增加大型鱼类的死亡率。在过去的10年里，平均死鱼重量从1公斤左右增加到2公斤，翻了一番。平均捕捞重量下降，第一年出海捕捞的鱼比例增加。过去十年的特点是PD和ISA的频繁和长期爆发。这些因素的总和增加了生物风险，导致生物学成本增加，饲料转化率经济提高。

挪威和其他生产国更严格的环境法规导致产量增长受限，因此鲑鱼和虹鳟鱼价格上涨。因此，尽管成本增加，营业利润率仍保持在较高水平（尽管每年差异很大）。一个重要的问题是这是否会持续下去。成本增加会增加行业风险，而生物成本上升表明生物风险增加。该行业在成本阶梯上爬得越来越高，这增加了 对破坏性发展的敏感性，例如新技术没有与开放式

网箱相同的生物学挑战。高鲑鱼价格增加了替代技术的盈利能力，如近海和半封闭设施，加上开放式网箱成本的增加，降低了传统技术对生物成本高的公司的相对竞争力。

该分析还有另一个重要贡献。它显示了负外部性的内化程度增加。负外部性是经济学家用来描述由于公司活动而产生的社会成本的术语，这些成本不由企业本身承担，在公司成本和社会成本之间制造了楔子。污染就是这样一个例子。典型的教科书例子是一家工厂污染并为其他人或企业增加成本。经典的教科书解决方案是对公司征收环境税（庇古税），该税设定为等于环境破坏的边际成本。由于税收，公司的成本将随着环境损害成本水平的增加而增加，符合污染者付费原则。用技术术语来说，这被称为负外部性的内部化。然而，这种经典的教科书定义很少涵盖水产养殖中最重要的外部因素，如虱子和疾病。虽然海虱和鲑鱼养殖疾病对野生鲑鱼的影响符合外部性的经典定义，但它们并没有充分描述水产养殖中鲑虱和鱼病对社会的代价。因此，⁵³空间外部性一词更合适，描述了企业相互污染的情况，并可能引起公地悲剧。在水产养殖中，鲑鱼虱和疾病将在工厂之间传播。这将增加虱子和疾病多发地区的养鱼户的成本，并提供外部性的部分内部化。最近的研究表明，现行法规放大了这种影响。本报告的分析结果表明，空间外部性带来的社会成本是巨大的，主要由农民自己承担。更严格的环境和鱼类健康法规，如虱子限制和交通信号灯系统，促成了社会虱子和疾病成本的内部化。虱子水平高的地区（Vestland）的生物成本也最高，而虱子水平低的地区（Nordland）的生物成本最低。这些发现将对水产养殖业的法规和税收选择产生影响。例如，当养殖者的虱子成本已经很高，并且随着地理区域内海虱感染的增加而增加时，对养殖鲑鱼征收鲑鱼虱子环境税效果如何？此外，研究结果将为其他税种（例如资源租金税）的优化设计提供有用的信息。资源利息税如何在一个由环境法规创造非凡盈利能力的行业中发挥作用，并且

⁵³见阿什，F.，埃格特，H.，奥格伦德一个。罗海姆，C.A.和史密斯，医学博士（2022）。水产养殖：外部性和政策选择。环境经济与政策评论，16（2），282–305 和 Estay，M.，&斯特兰伦德，J.K.（2022）。进入、位置和最佳环境政策。资源与能源经济学，70，101326。

主要外部性部分内部化且范围相当大，尚未在学术环境中进行研究。也没有评估水产养殖资源租金税的环境后果。^{54,,555657}

⁵⁴参见Estay, M.和斯特兰伦德, J. K. (2022) .进入、位置和最佳环境政策。资源与能源经济学, 70, 101326。

⁵⁵看奥格伦德和索伊尼 (2020)。

⁵⁶奥格伦德和索伊诺 (2020) 是一个例外。

⁵⁷NOU 2019 : 18«水产养殖税»没有检查资源租金税的环境后果，即使它是红外 任务，但假设当前的环境法规已经足够（见第26页-第27条第2.3款）。然而，最近的研究表明，环境法规加剧了水产养殖中的环境挑战。

1. 引用

- Abolofia, J., Asche, F., & Wilen, J. E. (2017). The cost of lice: quantifying the impacts of parasitic sea lice on farmed salmon. *Marine Resource Economics*, 32(3), 329–349.
- Afewerki, S., Asche, F., Misund, B., Thorvaldsen, T., & Tveteras, R. (2022). Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Reviews in Aquaculture*.
- Anderson, J. L., Asche, F., & Garlock, T. (2019). Economics of aquaculture policy and regulation. *Annual Review of Resource Economics*, 11, 101–123.
- Aponte, F. R. (2020). Firm dispersion and total factor productivity: Are Norwegian salmon producers less efficient over time?. *Aquaculture Economics & Management*, 24(2), 161–180.
- Arnason, R., & Bjørndal, T. (2020). *Rents and rent taxation in Norwegian aquaculture*.
- Asche, F. & B. Misund (2016). Hedging efficiency of Atlantic salmon futures. *Aquaculture Economics & Management* 20(4), 368–381.
- Asche, F. & Bjørndal, T. (2011). *The economics of salmon aquaculture*. John Wiley & Sons.
- Asche, F., & Roll, K. H. (2013). Determinants of inefficiency in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 300–321.
- Asche, F., Bjørndal, T., & Sissener, E. H. (2003). Relative productivity development in salmon aquaculture. *Marine Resource Economics*, 18(2), 205–210.
- Asche, F., Eggert, H., Oglend, A., Roheim, C. A., & Smith, M. D. (2022). Aquaculture: Externalities and Policy Options. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(2), 282–305.
- Asche, F., Guttormsen, A. G., & Nielsen, R. (2013). Future challenges for the maturing Norwegian salmon aquaculture industry: An analysis of total factor productivity change from 1996 to 2008. *Aquaculture*, 396, 43–50.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2016a). Determinants of the futures risk premium in Atlantic salmon markets. *Journal of Commodity Markets*, 2(1), 6–17.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2016b). The spot-forward relationship in Atlantic salmon markets. *Aquaculture Economics & Management* 20(2), 222–234.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2016c). Fish Pool Prices – What do they tell us about future salmon prices? *Norwegian Fish Farming* No.8 2016, p.74–77.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2018). Varsko here! Cyclical prices. *Norwegian Fish Farming* 5/2018, 8-9.
- Asche, F., Misund, B., & Oglend, A. (2019). The case and cause of salmon price volatility. *Marine Resource Economics*, 34(1), 23–38.
- Asche, F., Pincinato, R. B. M., & Tveteras, R. (2021). Productivity in Global Aquaculture. In *Handbook of Production Economics* (pp. 1–37). Singapore: Springer Singapore.
- Asche, F., Roll, K. H., & Tveteras, R. (2009). Economic inefficiency and environmental impact: An application to aquaculture production. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(1), 93–105.

- Asche, F., Roll, K. H., & Tveterås, S. (2008). Future trends in aquaculture: productivity growth and increased production. In *Aquaculture in the Ecosystem* (pp. 271–292). Springer, Dordrecht.
- Asche, F., Roll, K. H., Sandvold, H. N., Sørvig, A., & Zhang, D. (2013). Salmon aquaculture: Larger companies and increased production. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 322–339.
- Asche, F., Sikveland, M., & Zhang, D. (2018). Profitability in Norwegian salmon farming: The impact of firm size and price variability. *Aquaculture economics & management*, 22(3), 306–317.
- Bang Jensen, B., Qviller, L., & Toft, N. (2020). Spatio-temporal variations in mortality during the seawater production phase of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 43(4), 445–457.
- Barrett, L. T., Oppedal, F., Robinson, N., & Dempster, T. (2020a). Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2527–2543.
- Barrett, L. T., Overton, K., Stien, L. H., Oppedal, F., & Dempster, T. (2020b). Effect of cleaner fish on sea lice in Norwegian salmon aquaculture: a national scale data analysis. *International Journal of Parasitology*, 50(10–11), 787–796.
- Barrett, L., Oldham, T., Kristiansen, T. S., Oppedal, F., & Stien, L. H. (2022). Declining size-at-harvest in Norwegian salmon aquaculture: Lice, disease, and the role of stunboats. *Aquaculture*, 738440.
- Berge, D. M. (2002). *The dance around goldfish: business policy and government regulation in Norwegian fish farming 1970–1997*. University of Bergen.
- Blomgren, A., Fjellidal, Ø. M., Quale, C., Misund, B., Tveterås, R., & Kårtveit, B. H. (2019a). *Mapping of investments in fisheries and catch, aquaculture and fishing industry, 1970–2019*. NORCE Report 12-2019. <http://hdl.handle.net/11250/2621211>
- Blomgren, A.; Fjellidal, E.M.; Misund, B.; Quale, C. & Tveterås, R. (2019b). Major investments in the aquaculture industry. *Norwegian Fish Farming 2019*; Volume 8. pp. 148–153.
- Bui, S., Geitung, L., Oppedal, F., & Barrett, L. T. (2020a). Salmon lice survive the straight shooter: A commercial scale sea cage trial of laser delousing. *Preventive veterinary medicine*, 181, 105063.
- Bui, S., Madaro, A., Nilsson, J., Fjellidal, P.G., Iversen, M.H., Brinchman, M.F., Venås, B., Schrøder, M.B. & Stien, L.H. (2022). Warm water treatment increased mortality risk in salmon. *Veterinary and animal science*, 17, p.100265.
- Bui, S., Stien, L. H., Nilsson, J., Trengereid, H., & Oppedal, F. (2020b). Efficiency and welfare impact of long-term simultaneous in situ management strategies for salmon louse reduction in commercial sea cages. *Aquaculture*, 520, 734934.
- Coates, A., Johnsen, I. A., Dempster, T., & Phillips, B. L. (2021a). Parasite management in aquaculture exerts selection on salmon louse behaviour. *Evolutionary Applications*, 14(8), 2025–2038.
- Coates, A., Phillips, B. L., Bui, S., Oppedal, F., Robinson, N. A., & Dempster, T. (2021b). Evolution of salmon lice in response to management strategies: A review. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1397–1422.

- Dempster, T., Overton, K., Bui, S., Stien, L.H., Oppedal, F., Karlsen, Ø., Coates, A., Phillips, B.L. & Barrett, L.T., 2021. Farmed salmonids drive the abundance, ecology and evolution of parasitic salmon lice in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, pp.237–248.
- Estay, M., & Stranlund, J. K. (2022). Entry, location, and optimal environmental policies. *Resource and Energy Economics*, 70, 101326.
- Directorate of Fisheries (1984). *Profitability surveys of fish farms*.
- Directorate of Fisheries (2009). *Profitability survey for fish production Salmon and rainbow trout*.
- Folkedal, O., Macaulay, G., Fosseidengen, J.E., Mikkelsen, G., Myrland, J., Sjøvegjarto, B., Klepaker, T.O., Fernö, A., Dempster, T., Oppedal, F. & Stien, L.H. (2022). Deployment of hydroacoustic feeding control in salmon sea-cages; biological and technical considerations. *Aquaculture*, p.738700.
- Frisk, M., Høyland, M., Zhang, L., Vindas, M. A., Øverli, Ø., & Johansen, I. B. (2020). Intensive smolt production is associated with deviating cardiac morphology in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 529, 735615.
- Gåsnes, S. K., Oliveira, V. H., Gismervik, K., Ahimbisibwe, A., Tørud, B., & Jensen, B. B. (2021). Mortality patterns during the freshwater production phase of salmonids in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(12), 2083–2096.
- Gentry, K., Bui, S., Oppedal, F., & Dempster, T. (2020). Sea lice prevention strategies affect cleaner fish delousing efficacy in commercial Atlantic salmon sea cages. *Aquaculture Environment Interactions*, 12, 67–80.
- Greaker, M. & L. Lindholt (2022). *The resource rent in Norwegian aquaculture from 1984 to 2020—is the rent ripe for taxation?* SSRN Working Paper.
- Greaker, M., Vormedal, I., & Rosendal, K. (2020). Environmental policy and innovation in Norwegian fish farming: Resolving the sea lice problem?. *Marine Policy*, 117,
- Hersoug, B. (2021). Why and how to regulate Norwegian salmon production?—The history of Maximum Allowable Biomass (MAB). *Aquaculture*, 545, 737144.
- Hersoug, B. (2022). "One country, ten systems"—The use of different licensing systems in Norwegian aquaculture. *Marine Policy*, 137, 104902.
- Hersoug, B., Andreassen, O., Johnsen, J. P., & Robertsen, R. (2014). *What limits access to sea area for the aquaculture industry?*
- Iversen, A., Asche, F., Hermansen, Ø., & Nystøyl, R. (2020). Production cost and competitiveness in major salmon farming countries 2003–2018. *Aquaculture*, 522, 735089.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2015). *Cost drivers in salmon farming*.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2016). *Costs for salmon farming in competitor countries. Driving forces and significance for the competitive situation*.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E. J. (2017). *Cost development in salmon farming – with focus on feed and lice costs*. Nofima report series.

- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Hess, E. J., Rolland, K. H., Garshol, L. D., & Marthinussen, A. (2019a). *Cost development and understanding of driving forces in Norwegian salmon farming*. Final report. Nofima report series.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Marthinussen, A., & Garshol, L. D. (2018). *Cost drivers in aquaculture 2018, focus on smolt and capital tie-up*. Nofima report series.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Rolland, K. H., & Garshol, L. D. (2019b). *Competitiveness of Norwegian farmed salmon: Costs and cost drivers in Norway and competitor countries*. Nofima report series.
- Larsen, M. L., & Vormedal, I. (2021). The environmental effectiveness of sea lice regulation: compliance and consequences for farmed and wild salmon. *Aquaculture*, 532, 736000. 103942.
- Misund, B. & Tveterås, R. (2020a). *Economic rents in Norwegian aquaculture*. NORCE Report. <https://hdl.handle.net/11250/2837743>
- Misund, B. (1995). Light manipulation, starvation and feeding – Effect on fish longitudinal growth and slaughter quality, *Norwegian Fish Farming*. <https://www.kyst.no/lysmanipulering-sulting-og-nedfring-effekt-pa-fiskens-lengdevekst-og-slaktekvalitet/239201>
- Misund, B. (1996). *Starving and interval feeding of salmon*. Master's thesis University of Tromsø.
- Misund, B. (2016). The value relevance of reporting biological assets at fair value. A study of Norwegian salmon farming companies. *Practical Economics & Finance*, 2016/4, 437–451.
- Misund, B. (2017). Aquaculture. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/akvakultur>
- Misund, B. (2017). Financial ratios and prediction on corporate bankruptcy in the Atlantic salmon industry. *Aquaculture Economics & Management*, 21(2), 241–260.
- Misund, B. (2018). Common and fundamental risk factors in shareholder returns of Norwegian salmon producing companies. *Journal of Commodity Markets*, 12, 19–30.
- Misund, B. (2018a). Valuation of salmon farming companies. *Aquaculture Economics & Management*, 22(1), 94–111.
- Misund, B. (2018b). Volatility in the salmon market. *Economist* 2:41–54.
- Misund, B. (2019a). Fish farming, *Store norske leksikon*. <https://snl.no/fiskeoppdrett>
- Misund, B. (2019b). Feed conversion rate. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/f%C3%B4rfaktor>
- Misund, B. (2021). Cages. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/merd>
- Misund, B. (2022a). Aquaculture. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/havbruk>
- Misund, B. (2022b). Cleaner fish. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/reusefisk>
- Misund, B., & Asche, F. (2016). Hedging efficiency of Atlantic salmon futures. *Aquaculture Economics & Management*, 20(4), 368–381.
- Misund, B., & Nygård, R. (2018). Big fish: Valuation of the world's largest salmon farming companies. *Marine Resource Economics*, 33(3), 245–261.
- Misund, B., & Tveterås, R. (2019). A blue change of pace. Total need for investments towards 2030 and 2050. Technical Report. URL: <https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2019/04/BI%C3%A5tt-Taktskifte-Investeringsbehov.pdf>

- Misund, B., & Tveterås, R. (2020b). Sustainable Growth, Resource Rent and Taxes in Aquaculture. *Resource Rent and Taxes in Aquaculture* (October 1, 2020).
- Misund, B., Martens, S., Nyrud, T. & B. Dreyer (2018). *Contract market in the first-hand sale of fish*. Final report. Nofima Report 9/2018.
- Misund, B., Oglend, A. & R.B.M. Pincinato (2017). The rise of fish oil: From feed to human nutritional supplement. *Aquaculture Economics & Management* 21(2), 185–210.
- Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R., & Rolland, K. (2019c). *Resource rent tax in aquaculture – A knowledge base*, Final report.
- Misund, B., Tveterås, R., Blomgren, A., Fjellidal, Ø.M., & Quale, C. (2019a). Significant investments in development permits. *Norwegian Fish Farming 2019*; Volume 8. pp. 144–147.
- NOU 1977:39 (1977). *Fish farming* (Lysø Committee).
- NOU 2019:18 (2019). *Taxation of aquaculture activities*.
- Oglend, A., & Soini, V. H. (2020). Implications of entry restrictions to address externalities in aquaculture: The case of salmon aquaculture. *Environmental and Resource Economics*, 77(4), 673–694.
- Oliveira, V. H., Dean, K. R., Qviller, L., Kirkeby, C., & Bang Jensen, B. (2021). Factors associated with baseline mortality in Norwegian Atlantic salmon farming. *Scientific Reports*, 11(1), 1–14.
- Osmundsen, T. C., Almklov, P., & Tveterås, R. (2017). Fish farmers and regulators coping with the wickedness of aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 21(1), 163–183.
- Osmundsen, T. C., Olsen, M. S., & Thorvaldsen, T. (2020). The making of a louse-Constructing governmental technology for sustainable aquaculture. *Environmental Science & Policy*, 104, 121–128.
- Osmundsen, T. C., Olsen, M. S., Gauteplass, A., & Asche, F. (2022). Aquaculture policy: Designing licenses for environmental regulation. *Marine Policy*, 138, 104978.
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2019a). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398–1417.
- Overton, K., Oppedal, F., Stien, L. H., Moltumyr, L., Wright, D. W., & Dempster, T. (2019b). Thermal delousing with cold water: Effects on salmon lice removal and salmon welfare. *Aquaculture*, 505, 41–46.
- Persson, D., Nødtvedt, A., Aunsmo, A., & Stormoen, M. (2022). Analysing mortality patterns in salmon farming using daily cage registrations. *Journal of Fish Diseases*, 45(2), 335–347.
- Pincinato, R. B. M., Asche, F., & Roll, K. H. (2021). Escapees in salmon aquaculture: A multi-output approach. *Land Economics*, 97(2), 425–435.
- Pincinato, R. B., Asche, F., Diaper, H., Skrudland, A., & Stormoen, M. (2021). Factors influencing production loss in salmonid farming. *Aquaculture*, 532, 736034.
- Reve, T., & Sasson, A. (2012). *A knowledge-based Norway*. Universitetsforlaget.
- Robertsen, R., Andreassen, O., Hersoug, B., Karlsen, K. M., Osmundsen, T., Solås, A. M., ... & Tveterås, R. (2016). *Outright or straight rule? Handling and application of regulations for the aquaculture industry*.

- Robertsen, R., Mikkelsen, E.I., Karlsen, K.M., Solås, A.M., Hersoug, B., Tveterås, R., Misund, B., Dahl, I.V., Osmundsen, T.C. & Sjørgård, B. (2020a). *Aquaculture management towards 2030*, final report.
- Robertsen, R.; Hersoug, B.; Karlsen, Kine M.; Mikkelsen, E.I.; Misund, B.; Osmundsen, T.C.; Solås, A.-M.; Sjørgård, B.; Dahl, I.V.; & Tveterås, R. (2020b). *Who's going to decide what? Aquaculture management 2030*. Nofima Report.
- Roll, K. H. (2013). Measuring performance, development and growth when restricting flexibility. *Journal of Productivity Analysis*, 39(1), 15–25.
- Sandvik, A. D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksgvoll, M. S., Ådlandsvik, B., & Johnsen, I. A. (2021). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 78(5), 1781–1792.
- Sandvik, A. D., Dalvin, S., Skern-Mauritzen, R., & Skogen, M. D. (2021). The effect of a warmer climate on the salmon lice infection pressure from Norwegian aquaculture. *ICES Journal of Marine Science*, 78(5), 1849–1859.
- Solås, A. M., Hersoug, B., Andreassen, O., Tveterås, R., Osmundsen, T., Sjørgård, B., ... & Robertsen, R. (2015). *Legal framework for the Norwegian aquaculture industry*, Mapping the current status.
- Sveier, H. & Lied, E. (1998). The effect of feeding regime on growth, feed utilisation and weight dispersion in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in seawater. *Aquaculture*, 165(3–4), 333–345.
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O.T., Nilsen, F., Horsberg, T.E. & Jackson, D., 2013. Salmon lice – impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of fish diseases*, 36(3), pp.171–194.
- Tveterås, R. & B. Misund (2019). Higher costs on land than successful offshore operations. *Norwegian Fish Farming* 1/2019, 50–53. <https://www.kyst.no/aqkva-produksjonskostnader/hoyere-kostnader-pa-land-enn-vellykket-drift-i-sjo/380855>
- Tveterås, R. (1999). Production risk and productivity growth: Some findings for Norwegian salmon aquaculture. *Journal of Productivity Analysis*, 12(2), 161–179.
- Tveterås, R., Bruland, G., Handeland, S., Misund, B., Nilsen, A. & T. Solberg (2021). *Sustainable growth with closed facilities in the sea*. Stiiim Aquacluster Report.
- Tveterås, R., Hovland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøyl, R., Bjelland, H., Misund, A., & Ø. M. Fjellidal. (2020a). *"Value creation potential and roadmap for offshore aquaculture."* Main report. UiS: Stavanger, Norway.
- Tveterås, R., Hovland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøyl, R., Bjelland, H., Misund, A., & Ø. M. Fjellidal. (2020b). *"Value creation potential and roadmap for offshore aquaculture."* Card report. UiS: Stavanger, Norway.
- Tveterås, R., Misund, B., Roche Aponte, F., & Pincinato, R. B. (2020). *Regulation of salmon aquaculture towards 2030: Incentives, economic performance and sustainability*. Stavanger: NORCE Norwegian Research Centre Report 24-2020.

- Tveterås, R., Reve, T., Haus-Reve, S., Misund, B., & Blomgren, A. (2019). *A competitive and knowledge-based aquaculture industry*. BI Norwegian Business School, Oslo. Report.
- Vassdal, T., & Sørensen Holst, H. M. (2011). Technical progress and regress in Norwegian salmon farming: a Malmquist index approach. *Marine Resource Economics*, 26(4), 329–341.
- Vedeler, H. V. (2017). Viral diseases in salmonid aquaculture : *Quantifying economic losses associated with three viral diseases affecting Norwegian salmonid aquaculture*. NHH Master's thesis.
- Walde, C. S., Stormoen, M., Pettersen, J. M., Persson, D., Røsæg, M. V., & Jensen, B. B. (2022). How delousing affects the short-term growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 738720.
- Walde, C.S., Bang Jensen, B., Pettersen, J. M., & Stormoen, M. (2021). Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(7), 899–912.
- Warren-Myers, F., Vågseth, T., Folkedal, O., Stien, L. H., Fosse, J. O., Dempster, T., & Oppedal, F. (2022). Full production cycle, commercial scale culture of salmon in submerged sea-cages with air domes reduces lice infestation, but creates production and welfare challenges. *Aquaculture*, 548, 737570.
- Young, N., Brattland, C., Digiovanni, C., Hersoug, B., Johnsen, J.P., Karlsen, K.M., Kvalvik, I., Olofsson, E., Simonsen, K., Solås, A.M. & Thorarensen, H. (2019). Limitations to growth: Social-ecological challenges to aquaculture development in five wealthy nations. *Marine Policy*, 104, pp.216–224.
- Zhang, D., & Tveterås, R. (2022). Influence of Price Variability and Financial Ratios on Business Failure in the Atlantic Salmon Industry. *Marine Resource Economics*, 37(2), 183–200.