

# **Sambandsvävar för att utveckla elevers systemgeografiska kunnande**

**Lotta Dessen Jankell**



**Nordidactica**

**- Journal of Humanities and Social Science Education**

**2023:2**

Nordidactica – Journal of Humanities and Social Science Education

Nordidactica 2023:2

ISSN 2000-9879

The online version of this paper can be found at: [www.kau.se/nordidactica](http://www.kau.se/nordidactica)

## Sambandsvävar för att utveckla elevers systemgeografiska kunnande

Lotta Dessen Jankell

Stockholms universitet, Institutionen för ämnesdidaktik (IÄD)

*Abstract: The school subject of Geography deals with complex issues that involve changes of the Earth systems that human systems are depending of, such as climate change and related key sustainability issues. The subject content requires an understanding of complex multicausal and dynamic relationships between nature, people and societies and span over large temporal and spatial scales. A systems approach has been suggested as a way of dealing with this complexity. This article reports from a design study that examines how different factors in Geography teaching can enable or impede, different aspects of upper secondary students' systems geographical knowing. Furthermore, the article discusses how this knowing can also be seen as aspects of critical thinking in geography. The teaching intervention used a specifically designed system geographical connection model. The purpose of the article is to contribute with four tentative design principles that aim to provide teaching conditions for students to: I) experience the idea of a complex issue in terms of a specific system, II) test and use system geographical concepts for constructing the system, III) examine and anchor the constructed system in place-specific contexts and IV) synthesise, interpret and evaluate consequences based on different perspectives in order to develop critical thinking. With these principles the article contributes with knowledge that teachers can use to organise geography teaching around sustainability issues and discuss how system aspects can contribute to critical thinking in geography.*

**NYCKELORD:** SYSTEMGEOGRAFISK SAMBANDSVÄV, SYSTEMTÄNKANDE, SYSTEMGEOGRAFISKT KUNNANDE, GEOGRAFIUNDERVISNING, DESIGNPRINCIPER, PRAKTIKTEORI, HÅLLBAR UTVECKLING

**About the author:** Lotta Dessen Jankell är doktorand i geografididaktik på Stockholms universitet, utbildar ämneslärare i geografi och är verksam som gymnasielärare i geografi, biologi och naturkunskap i Sverige.

## Inledning och bakgrund

Den här artikeln undersöker hur geografiundervisning kan utveckla elevers systemtänkande som ett sätt att förstå och förklara komplexa samhällsfrågor som rör systemförändringar. Artikeln diskuterar också hur systemaspekter kan ses som en del av geografisk kunskap och kritiskt tänkande i geografi.

För att öka ungas förståelse för komplexa samhällsproblem som rör systemförändringar anser forskare från olika utbildningsfält att skolundervisning bör göra det möjligt för elever att utveckla *systemtänkande* (Cox, Steegen & Elen 2018; Hmelo-Silver, Marathe & Liu 2007; Jacobson & Wilensky 2014; Richmond 1993; Rieckmann 2018; Roychoudhury et al. 2017). Det gäller särskilt i relation till frågor som rör förändringar i jordens system, som påverkar och påverkas av människan såsom klimatförändringar (IGU 2016). Dessa frågor utgör en allt större del av innehållet i skolämnet geografi och kännetecknas av snabb föränderlighet och stor komplexitet av multikausala och dynamiska interaktioner mellan människa, natur och samhällen på olika platser på jorden (Cox, Steegen & Elen 2018). Interaktionerna kan inte förklaras genom enkla samband utan behöver förstås som sammanvävda orsakssamband som förändras dynamiskt i flera led (Arnold & Wade 2015; Lezak & Thibodeau 2016). Det är ett ämnesinnehåll som spänner över stora tids- och rumsdimensioner (IGU 2016). Frågorna betecknas ibland som *wicked*, vilket kan förstås som oberäkneliga och förknippade med flera osäkerheter samtidigt som de berör mänsklighetens framtid (Block, Van Poeck & Östman 2019; Brown, Harris & Russel 2010). Internationellt har skolämnet geografi ett särskilt ansvar för den här typen av ämnesinnehåll, och systemtänkande anses vara ett sätt att hantera komplexiteten och göra frågorna möjliga att organisera, förklara, analysera och tolka (Cox, Steegen & Elen 2018; Haubrich, Reinfried, & Schleicher 2007; Mehren, Rempfler, Buchholz, Hartig & Ulrich-Riedhammer 2018).

Systemtänkande förklaras generellt som ett sätt att förstå en helhet som system (Arnold & Wade, 2015; Checkland, 1981). Ett system består av många komponenter som påverkar och är beroende av varandra och tillsammans skapar en övergripande helhet (Wiek, Withycombe, Redman & Banas Mills 2011). Systemtänkande har därför blivit synonymt med helhetstänkande och används för att förklara hur processer fungerar eller för att förstå bakomliggande faktorer till komplexa problem (Meadows, 2008).

I den här artikeln används begreppet *systemgeografiskt kunnande*, vilket innefattar att kunna konstruera kausala samband, beskriva sambandens karaktär och beteende och förklara konsekvenser baserat på platskontext och skala. Kunnandet innefattar även förmågan att syntetisera sambanden till en integrerad helhet som kan användas för att tolka och värdera komplexa geografiska frågor utifrån olika perspektiv (Dessen Jankell & Johansson 2022). Systemgeografiskt kunnande innefattar geografiska relationella aspekter som att kunna förklara samband mellan natur-människa-plats (Jackson 2006; Lambert & Morgan 2010) och holistiska dimensioner, som att förstå världen som en integrerad helhet (Buttimer 1982; Favier & van der Schee 2014). Att kunna reflektera kring vad som orsakat en viss händelse, hur saker fungerar i en viss kontext, hur

förändringar påverkar hela systemstrukturer och tolka konsekvenser utifrån olika perspektiv anses även grundläggande för att utveckla kritiskt tänkande i relation till samhällsliga problem (Bermudez 2015; Sæther 2019; Wetlesen & Eie 2019).

Ett problem är dock att kunskapen om hur elever kan utveckla olika aspekter av systemtänkande genom geografiundervisning är begränsad (Cox, Steegen & Elen 2018; Mehren et al. 2017). Särskilt i en nordisk kontext, trots att läroplaner för gymnasieämnet i exempelvis Sverige formulerat att elever ska ges möjlighet att utveckla kunskaper om ”jorden som ett sammanflätat, föränderligt och komplext system” (SNAE 2011). En ”systemsyn” anses också viktig för att kunna analysera rumsliga mönster och processer på olika skalnivåer samt förklara samspel mellan människa, samhälle och natur (SNAE 2011). Även internationellt finns begränsad kunskap om beprövade undervisningsmodeller och studier med fokus på hur geografiundervisning kan utformas så att systemgeografiskt kunnande kan utvecklas. I Flandern (Belgien) har en studie undersökt så kallade kausala diagram (causal diagrams) som använts för att utveckla elevers systemtänkande. Det visade sig att eleverna hade svårt att hantera komplexiteten i geografiska frågor där många komponenter skulle vävas samman samt att relatera sambanden till platskontexter (Cox, Steegen & Elen 2018). Cox et al. (2018, 2020) menar att det finns potential i att använda systemmodeller som redskap i geografiundervisning om komplexa frågor, men att geografiska aspekter, som plats och skala behöver bli explicita redskap.

Detta inspirerade till en svensk designstudie som empiriskt undersökte vad elever behöver kunna för att använda systemprinciper och systemmodeller för att ta sig an en komplex geografisk fråga. Studien undersökte också vad det innebär att utveckla olika aspekter av systemgeografiskt kunnande. I studien användes en så kallad *systemgeografisk sambandsväv* för att stimulera elever att konstruera komplexa kausala samband, att använda platskontexter och att syntetisera sambanden till en helhet som kunde användas för analys och kritisk reflektion av konsekvenser (Dessen Jankell & Johansson 2022). Detta visade sig vara utmanande och flera aspekter av systemgeografiskt kunnande kom inte till uttryck. Antagandet gjordes att det kunde ha med utformningen av undervisningen att göra och därför genomfördes en andra cykel i syfte att överbrygga de utmaningar som identifierats. Syftet med den här artikeln är att använda resultatet i denna andra cykel och diskutera vilka aspekter av systemgeografiskt kunnande som kan komma till uttryck beroende på utformning av undervisningen och besvara följande fråga:

- Vilka undervisningssituationer behöver etableras i arbetet med sambandsvävar för att möjliggöra utvecklandet av elevernas systemgeografiska kunnande?

Artikeln avser ge ett geografididaktiskt bidrag i form av empiriskt grundade principer för undervisningen samt ett teoretiskt bidrag genom att diskutera på vilka sätt utveckling av systemgeografiskt kunnande kan ses som en aspekt av kritiskt tänkande i geografi.

I följande avsnitt klargörs tidigare forskning som beskriver systemtänkande som generell och ämnesspecifik förmåga. Vidare diskuteras hur systemaspekter kan sägas ingå i geografisk kunskaps och kritiskt tänkande i geografi. Metodavsnittet förklarar forskningsdesignen, deltagare, datamaterial och analys. I resultatet analyseras de undervisningssituationer som etablerades och faktorer som möjliggjorde eller hindrade att aspekter av systemgeografiskt kunskaps och kritiskt tänkande utvecklades. Baserat på resultaten diskuteras tentativa principer i ljuset av läroplaner, geografididaktisk forskning och implikationer för undervisningen.

## **Systemtänkande i olika ämnen**

Ur ett kulturhistoriskt perspektiv har systemtänkande utvecklats med utgångspunkt i människans behov av att förstå en komplex, föränderlig verklighet. Det har uttryckts som att "systemtänkaren" försöker förstå helheten genom dess komponenter och hur de är kopplade till varandra, påverkar varandra, reagerar på förändringar och skapar ett holistiskt fenomen (Wiek et al. 2011; Arnold & Wade 2015). I naturvetenskapliga discipliner (exempelvis klimatologi, miljögeografi, geovetenskap och systemekologi) har systemtänkande utvecklats för att kunna förklara och förstå naturprocesser i termer av system (Wainwright, 2016). Genom systemmodeller och systemanalyser produceras därmed kunskap om jordens system. I läroplaner för naturvetenskapliga skolämnen och didaktisk forskning är systemtänkande därför relativt vanligt kopplat till: ekosystem (Hmelo-Silver, Marathe, & Liu 2007; Mambrey, Schreiber & Schmiemann 2020), evolutionära processer (Centola, Wilensky & Mckenzie 2000), vattnets kretslopp (Ben-Zvi-Assaraf & Orion 2010) och dynamiska processer i jordskorpan (Stieff & Wilensky 2003). Forskningen har bidragit med kunskap om vad systemtänkande kan innebära i relation till ämnen som biologi, kemi och geovetenskap, men också om elevers svårigheter att hantera exempelvis kausala aspekter och synteser, vilket är grunden för systemtänkande (Hmelo-Silver, Marathe & Liu 2007; Jordan, Brooks, Hmelo-Silver, Eberbach & Sinha 2014).

I samhällsvetenskapliga discipliner används systemaspekter för att beskriva och analysera sociala och ekonomiska relationer och strukturer i samhället, förklara maktstrukturer och resonera kring förändringar av samhällsliga system. Systemaspekter öppnar möjligheten att zooma in och ut i komplexa frågor och därmed belysa problem på olika nivåer (Bermudez 2015).

## **Systemtänkande som en dimension av kritiskt tänkande**

Kritiskt tänkande är ett mångfacetterat och svårfångat begrepp som ofta hanteras som ett generellt fenomen. Larsson (2011) har beskrivit vad kritisk förmåga i samhällskunskap innefattar i termer av att kunna: 1) analysera samband, 2) byta perspektiv, 3) problematisera innehåll och 4) formulera välgrundade omdömen för att kunna ta beslut. Utifrån denna beskrivning finns flera paralleller till systemtänkande, vilket därför kan ses som en dimension av kritiskt tänkande (Skolforskningsinstitutet 2022).

Genom att utveckla systemtänkande antas elever bli medvetna om hur samhällssystem är uppbyggda, vilka faktorer som påverkar systemstrukturer och hur eleverna är en del av systemen och påverkar dem (Sæther 2019). Systemaspekter kan användas som redskap för att rekonstruera och förklara kausala samband, så att argument kan föras baserat på kunskap om de mekanismer som beskriver vad som orsakat en viss händelse (Bermudez 2015). Det skapar förutsättningar att kritiskt granska hur saker fungerar i en viss kontext, vad som sker och kan ske i flera led och hur förändringar påverkar hela systemet (Bermudez 2015; Sæther 2019; Wetlesen & Eie 2019). Det gör det möjligt att resonera kring hur olika sätt att handla får olika konsekvenser och resonera kring effekter av olika beslut (Block et al. 2019; Sæther 2019). Bermudez (2015) menar att systemaspekter därför är nödvändiga redskap för att kunna förklara processer liksom sociala och samhälleliga konflikter, vilket kan ses som dimensioner av kritiskt tänkande i relation till samhälleliga problem.

### **Systemtänkande som kritiskt tänkande i geografi**

Wetlesen och Eie (2019, 2022) har bidragit till att beskriva aspekter av kritiskt tänkande i geografi och de utgår ifrån en modell som lyfter fram geografiska nyckelbegrepp (se Dessen Jankell, Sandahl & Örbring 2021). Modellen kan användas av elever och lärare som redskap för att undersöka geografiska frågor och utveckla geografisk kunskap (Lambert 2011). Utifrån detta har Wetlesen och Eie identifierat ett par aspekter av en kritisk geografisk förmåga. Den första aspekten handlar om att göra kritiska bedömningar av geografiska källor och representationer. Den andra aspekten handlar om att tänka relationellt, kontextuellt och platsspecifikt med avseende på samband mellan natur och samhälle, mellan geografiska nivåer från lokal till global, och mellan eleven och världen (Wetlesen & Eie 2019). Författarna bygger på Lim (2015) som argumenterar för att undervisning i samhällsorienterat kritiskt tänkande bör fokusera på att utveckla relationella och kontextuella dimensioner eftersom samhällsfrågor inte går att förklara enbart utifrån logiska resonemang.

Relationella aspekter av geografiskt tänkande handlar om förståelse för interaktioner och samverkan mellan natur, människa och platser (Jackson 2006). Wetlesen och Eie (2022) menar att olika dimensioner av plats bidrar till relationella aspekter av kritiskt tänkande, särskilt när plats och skala kombineras med begreppet samband, eftersom elever då kan resonera kring platsrelaterade konsekvenser som grund för beslut som fattas, nu och i framtiden. Inom forskningsfältet *Geoliteracy* anses denna sambandsförståelse bidra till att ge elever egna erfarenheter av hur beslut kan ställas i relation till andra människor, platser, samhällssystem och maktförhållanden (Dolan 2019; Möller 2001).

Detta exemplifieras i en studie av hållbarhetsundervisning där elever ändrade sina privata vanor (Sæther 2019). Systemaspekterna öppnade upp för kritisk reflektion kring möjligheter och begränsningar med att förändra egna och andras handlingar och vilka konsekvenser det kan få. Således kunde elevernas beslut relateras till större system. Systemaspekterna gjorde det också lättare att zooma in och ut, från helhet till enskild

faktor, makro till mikro, globalt till lokalt (jfr Bermudez 2015), vilket är viktiga aspekter av geografisk kunskap.

### **Systemtänkande som geografisk kunskap**

Att det finns olika synsätt på systemtänkande i relation till undervisning och lärande skapar en intressant ingång till betydelsen av både systemtänkande och kritiskt tänkande i skolämnet geografi, eftersom det är tvärvetenskapligt. Systemtänkande i geografi behöver därmed innefatta såväl naturgeografiska aspekter som komplexa samhällsfrågor där mänskligt agerande och naturprocesser kan vävas samman.

Ämnesdidaktisk forskning som undersökt innebörden i systemtänkande i geografi är dock begränsad och förmågan beskrivs ofta i generella termer. Ett exempel är studien genomförd av Mehren et al. (2018), där de undersökt innebörden i det de talar om som systemdynamisk kompetens. Detta innefattar att kunna organisera ett komplext innehåll som system och synliggöra systemets struktur genom att konstruera en modell som återspeglar systemets beteende och funktioner samt använda modellen för att göra prognoser. Tanken är att om elever utvecklar systemkompetens kan de ta sig an såväl naturdrivna system (exempelvis ekosystem och geosystem) som mänskligt drivna system (exempelvis ekonomiska och sociala system). Trots att förklaringen av systemkompetens är empiriskt prövad i relation till geografiundervisning innefattas inte rumsliga aspekter som plats och skala. Förklaringen synliggör inte heller vad elever behöver lära sig för att förstå och kunna tolka samband mellan naturens processer och mänskliga handlingar, som vilar på olika principer. Det är exempelvis skillnad på ett naturgeografiskt kausalt samband, som att koldioxid orsakar förstärkt växthuseffekt och de beteenden som styr mänskliga verksamheter med påverkan på klimatet. Därför är geografiska frågor komplexa att hantera och när systemanalyser och systemmodeller introducerats i relation till geografiskt innehåll har det skapat utmaningar för elever.

Studien genomförd av Cox, Steegen och Elen (2018) visar elevers svårigheter att identifiera faktorer involverade i ett problem när flera olika källor används och att koppla samman natur-människa faktorer till komplexa, integrerade system. Karkdijk (2022) visar på liknande utmaningar när elever ska använda många komponenter för att lösa ett komplext problem, men de som klarar av det konstruerar ett sammanvävt system innan de löser problemet. Eleverna tycks därmed använda systemprinciper för att skapa en idé om en helhet innan de tolkar problemet.

Kramming (2017) har genomfört en av få nordiska studier om systemtänkande i en geografiundervisningskontext och menar att det är särskilt utmanande för elever att förklara cirkulära samband eller längre orsakskedjor. Systemperspektivet kommer då inte till uttryck i förklaringar av natur-människa-relationer. Mambrey, Schreiber och Schmiemann (2020) menar att för att elever ska klara den typen av utmaningar behöver de kunna förklara kausala aspekter, särskilt indirekta konsekvenser, som ligger till grund för systemtänkande. Många elever visar sig dock ha svårt att identifiera indirekta samband. Penner (2000), har också visat att elever har särskilt svårt att syntetisera samband mellan olika skalnivåer. Yli-Panula, Jeronen och Lemmetty (2020) menar att

geografiundervisning därför behöver ha fokus på samband mellan olika skalor, platser, människa, natur och helhet och att arbeta med systemtänkande kan vara ett sätt.

I Tyskland ses geografiämnet som ett systemämne där elever förväntas lära sig genomföra geografiska systemanalyser, vilket innebär att sammanlänka företeelser och förändringar på olika platser (DGfG 2012). Systemtänkande som geografisk kunskap behöver således innefatta geografiska aspekter, som plats och skala. Detta framkom också i studien av Dessen Jankell och Johansson (2022).

En annan aspekt som framkom i studien av Dessen Jankell & Johansson (2022) var att eleverna behöver lära sig hantera systemmodeller och systemprinciper, vilket innefattar att kunna: 1) konstruera kausala samband, 2) urskilja karaktären på olika samband, 3) förklara konsekvenser baserat på platskontext och skala samt 4) syntetisera sambanden till ett integrerat system som kan utgöra bas för tolkning och kritisk reflektion.

Resultatet visar också att det var utmanande och svårt för eleverna (Dessen Jankell & Johansson 2022). En utmaning för eleverna var att hantera principer för att konstruera kausala samband som representerade ett specifikt problem som system. Ifrågasättandet av de specifika sambanden var något som inte kom till uttryck i de flesta grupper i arbetet med sambandsväven och resonemangen tenderade att bli generella snarare än specifika (jfr. Cox et al. 2018; Jordan et al. 2014). Det bidrog till att eleverna drog snabba slutsatser och hindrade fördjupad kritisk reflektion av innehållet och problemen.

En annan utmaning för eleverna var att kunna beskriva sambandens karaktär (direkta/indirekta, positiva/negativa, säkra/osäkra) och urskilja hur samband och relationer kan tolkas utifrån olika synsätt. Exempelvis att förklara naturprocesser med hjälp av kausala principer, medan mänskliga handlingar behöver förklaras i termer av möjlig påverkan (Dessen Jankell & Johansson 2022). Eleverna hade även svårt att använda specifika platskontexter samt skalnivåer och syntetisera dem till en helhet i tolkning av konsekvenser, vilket även konstaterats av bland andra Cox, Elen och Steegen, (2020).

En tredje utmaning var att eleverna inte baserade sina tolkningar på de samband de konstruerat, vilket bland annat ledde till svårigheter att reflektera kritiskt kring konsekvenser. Det kan ha berott på att de inte fick möjlighet att använda sina modeller över längre tid för att genomföra djupare analyser av problemen de arbetade med. Forskargruppen upptäckte att arbetet med att konstruera sambandsvävar väckte många frågor hos eleverna om ämnesinnehållet, men det saknades möjlighet för eleverna att vidare undersöka dessa frågor (Dessen Jankell & Johansson 2022).

Sammanfattningsvis går det att se paralleller mellan systemgeografiskt kunnande och kritiskt tänkande i geografi, framförallt gällande sambandsaspekten. Systemgeografiskt kunnande handlar om att kunna konstruera, förklara och kritiskt reflektera kring samband mellan naturens processer och mänskliga verksamheter på olika platser över tid samt att se sin egen roll i detta (Dessen Jankell & Johansson 2022). Genom att utforma undervisning som kan utveckla olika aspekter av systemgeografiskt kunnande kan även relationella aspekter av kritiskt tänkande komma till uttryck i arbete med frågor om förändringar i jordens system där mänskliga handlingar har betydelse.



## Teoretiska och metodologiska utgångspunkter

För att undersöka hur faktorer i geografiundervisning kan påverka utvecklandet av olika aspekter av elevers systemgeografiska kunnande utformades studien som en designstudie (McKenney & Reeves 2014). En teoretisk utgångspunkt för designen av undervisningen som utformades var praktikteori. Praktikteori utgår från antagandet att mänsklig kunskap och utveckling är ett resultat av de praktiker vi deltar i och konstitueras socialt, kulturellt och historiskt genom människors handlingar (Vygotskij 2001; jfr Stetsenko & Arievidtch 2008). Kunskap ses utifrån denna tradition inte som uppdelad i teori och praktik, utan holistiskt som olika aspekter av samma *kunnande*. Ur ett praktikteoretiskt perspektiv är redskap, såväl fysiska som intellektuella, centrala för kunskapsutvecklingen, eftersom de bär på eller *medierar* tidigare utvecklade kunskaper (Wertsch 1998). Mänskliga kunskaper ses alltså som *inbyggda* i redskapen, men för att kunskap ska medieras behöver den som ska lära sig ges möjlighet att använda redskapen i meningsfulla sammanhang (Wertsch 1998). Därigenom kan specifika sätt att handla möjliggöras (jfr Stetsenko & Arievidtch 2008). I det här fallet är det *systemgeografiskt kunnande* som eleverna ska ges möjlighet att utveckla. Det innefattar att kunna organisera komplext innehåll som berör systemförändringar genom att använda systemprinciper (icke linjär kausalitet och dynamiska relationer) som redskap för att konstruera samband och geografiska begrepp som plats och skala för att förklara och tolka konsekvenser (Dessen Jankell & Johansson 2022). De kvalitativt skilda aspekterna av kunnandet utgör också den teoretiska analysram som elevernas handlingar analyseras utifrån, vilka presenteras i tabell 3. Med detta som utgångspunkt designades undervisningssituationer för att efterlikna en praktik där aspekter av kunnandet skulle kunna utvecklas.

## Metod

Designstudien genomfördes som en intervention tillsammans med geografilärare med olika ämneskombinationer som var verksamma på två gymnasieskolor i Sverige. De hade lång erfarenhet (minst 10 år) av arbete med ämnesövergripande projekt och var vana vid ämnesinnehållet. De deltog i planering av undervisningsdesignen liksom i delar av analys- och utvecklingsarbetet i linje med principer för undervisningsutvecklande designforskning (McKenney & Reeves 2014). Deltagandet var frivilligt och utgick ifrån ett gemensamt intresse av att utveckla undervisning om komplexa frågor. Deltagarna var kända av författaren som tidigare kollegor eller genom ett nätverk för lärarfortbildning (UHR)<sup>[1]</sup>. Författaren är verksam geografilärare, men undervisade inte lektioner som ligger till grund för data i den här studien. Deltagande lärare och elever hade även deltagit i den första cykeln (Dessen Jankell & Johansson 2022) där *den systemgeografiska sambandsvävsmodellen* prövades vid ett tillfälle. Urvalet av elever skedde naturligt då de gick i de klasser lärarna undervisade, och lektionerna som utformades var del av ordinarie verksamhet. Eleverna som deltog gav sitt skriftliga medgivande och forskningen är etikprövad (2018/1804). Endast data från elever som gav sitt medgivande ingår som underlag för analys. Tabell 1 visar deltagarna och vilken design som prövades i respektive deltagargrupp.

TABELL 1

Tabellen visar när interventionerna ägt rum, vilka elev- och lärargrupper som deltagit samt typ av undervisningsdesign.

År	Skola	Elevgrupp	Lärargrupp	Design
2019	Gymnasium ca 1000 elever Program NaNa**	(17-18 år, n=30 en klass)	(n=2, en klass) Lärarna undervisade i: Geografi/religion Geografi/biologi	<b>A</b> "Systempraktik"
2019	Gymnasium ca 800 elever Program NaSa*	(17-18 år, n=60 två klasser)	(n=4, 2 per klass) Lärarna undervisade i: Geografi/samhällskunskap Geografi/biologi/kemi Geografi/PHU*** Samhällskunskap/historia	<b>B</b> "Kartläggning"
2020	Gymnasium ca 1000 elever Program NaNa	(16-17 år, n=30 en klass)	(n=2) Lärarna undervisade i: Geografi/religion Geografi/biologi (samma som i A)	<b>C</b> "Rekonstruktion av samband"

\* = Naturprogram med samhällsriktning, \*\* = Naturprogram med naturinriktning, \*\*\* PHU = politik och hållbar utveckling

Den systemgeografiska sambandsvävsmodell som prövades i studien (refererad till som *sambandsväven*) är anpassad för gymnasieelever för att hantera ett komplext ämnesinnehåll som berör systemförändringar som påverkar och påverkas av människor. Den är i grunden en systemdynamisk modell som vilar på principer för icke-linjär kausalitet och dynamiska processer (Mehren et al. 2018). För att visualisera *kausala samband* användes pilar → som visade kausalitetens riktning (vad som orsakar vad). För att visa positiva/negativa *korrelationer* användes +/-, där (+) påverkar en annan komponent i *samma* riktning och (-) påverkar en annan komponent i *motsatt* riktning. Möjlighet att visualisera *plats* och *skala* gavs genom att lägga in kartor, bilder och symboler, samt att använda färger eller andra symboler för att kritiskt tolka och *värdera konsekvenser* som *hållbara/ohållbara* utifrån olika perspektiv.

### Undervisningsdesign och genomförande

Som tidigare nämnts framkom att det var utmanande att; 1) kunna hantera principer för att konstruera kausala samband som representerade ett specifikt problem som system, 2) beskriva olika karaktärer på samband (direkta/indirekta, positiva/negativa, säkra/osäkra) och använda geografiska platskontexter för att förklara konsekvenser, 3) syntetisera samband och använda modellerna som redskap för att kritiskt reflektera kring konsekvenser. Den sista aspekten var särskilt utmanande för eleverna och forskargruppen noterade en tendens att elever "hoppade över" viktiga steg när sambanden syntetiserades, tolkades och värderades. Det ledde till att förklaringar inte baserades på de faktiska orsakssambanden, vilket tycktes hindra kritiska reflektioner (Dessen Jankell & Johansson 2022).

Med detta som utgångspunkt utformades tre designupplägg (A, B och C) med målet att skapa situationer som kunde stimulera systemgeografiska handlingar (se tabell 3) och därmed göra det möjligt för fler aspekter av kunnandet att komma till uttryck. Genomgående i de tre uppläggen var den systemgeografiska sambandsväven, men de faktorer som varierade var: när och hur systemmodellarbetet introducerades, om innehållet i form av begrepp var givet eller inte, hur eleverna fick möjlighet att använda modellerna i undervisningen samt det specifika innehållet. Uppläggen presenteras nedan och sammanfattas i tabell 2 samt i bilaga 1.

TABELL 2

*Tabellen visar de faktorer som byggdes in i olika designupplägg.*

Faktorer	Design A "systempraktik"	Design B "Kartläggning"	Design C "Rekonstruktion"
<b>När</b> sambandsväven introduceras.	Tidigt i momentet.	Tidigt i momentet.	Sent i momentet.
<b>Hur</b> sambandsväven introduceras.	Gemensam kollaborativ uppgift på tavlan.	Gemensam kollaborativ uppgift på tavlan.	Läraren gav instruktioner om hur sambandsväven skulle konstrueras.
<b>Begrepp</b> (innehåll).	Inga begrepp givna.	Flera centrala begrepp givna.	Alla begrepp givna och fastsatta på A3.
<b>Hur</b> eleverna fick möjlighet att använda sambandsväven.	Genom hela momentet (4 lektioner à 80 minuter särskilt avsatta för arbete med sambandsväven).	Vid start och kartläggning av den fråga de arbetade med (2 lektioner à 80 min).	I slutet av momentet för att <i>rekonstruera</i> innehållet de arbetat med (1 lektion à 80 min).
<b>Innehållet</b> /frågan som eleverna arbetade med.	<i>Vad finns det för orsaker till och konsekvenser av global konsumtion och produktion av jätteräkor/nötkött i tropisk skog?</i>	<i>Vilka orsaker finns det till den ökade mängden koldioxid i atmosfären och vilken roll har människan?</i>	<i>Hur påverkar förändringar i klimatet Arktis och andra regioner?</i>

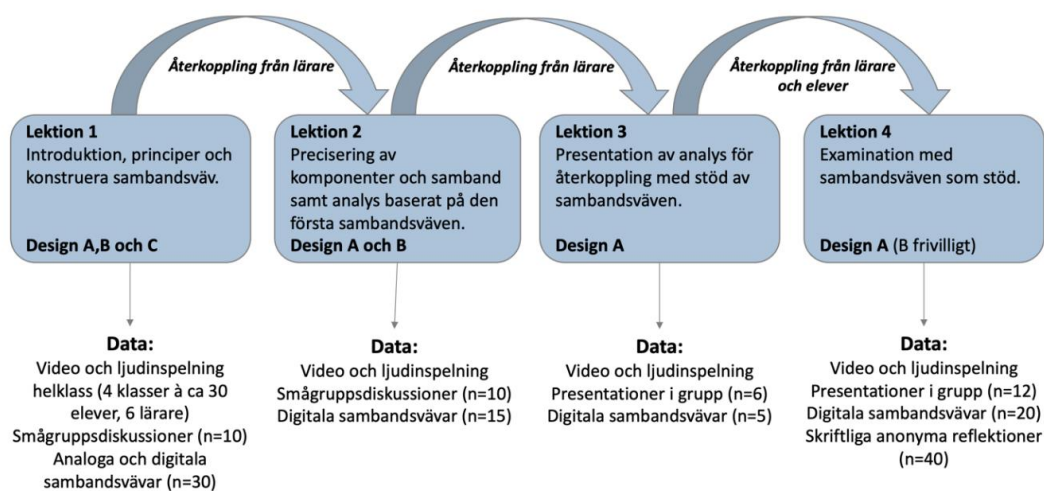
**Design A**, kallas "systempraktik", och försökte efterlikna en praktik där systemmodeller används över tid för att analysera ett problem. Där var tanken att introducera sambandsväven tidigt på ett sätt som gjorde det möjligt att tillsammans pröva systemprinciper för att ge plats för resonemang om principerna. På det sättet ville vi skapa förutsättningar för att använda dem som analysredskap av komponenter, samband och helhet stegvis utifrån de frågor som genererades av eleverna. Eleverna gavs inga färdiga begrepp utan kunde välja relevanta begrepp vartefter deras kunskap om problemen växte.

**Design B**, kallas "kartläggning", och tanken var även här att introducera sambandsväven tidigt för att skapa förutsättningar att tillsammans pröva systemprinciperna som ett sätt att ta sig an ett problem. Skillnaden var att centrala begrepp var givna och det fanns mindre tid. Därigenom kunde vi undersöka om och i så

fall hur det påverkade vilka aspekter av kunnandet som möjliggjordes eller hindrades och vilka frågor som genererades.

*Design C*, kallas ”rekonstruktion”, och designades för att kunna jämföra vilka aspekter av systemgeografiskt kunnande som kom till uttryck om modellen introducerades sent i ett moment, alla begrepp var givna och uppgiften hade fokus på samband och inte på att utforska begrepp och pröva principer, vilket efterliknade tidigare forskning (Dessen Jankell & Johansson 2022). Varje elevgrupp fick givna begrepp fastsatta på A3 papper och instruerades av läraren att skapa kausala samband med pilar samt använda +/- för att visa korrelationer.

Undervisningen med sambandsväven genomfördes under fyra lektionstillfällen (à 80 minuter) i design A, två i design B och ett lektionstillfälle i design C. Mellan lektionerna fick eleverna återkoppling av lärare och data samlades in under respektive lektion (Figur 1).



FIGUR 1

*De fyra lektionerna, syftet med respektive lektion, vilken design som prövats på respektive lektion samt de data som samlades in under respektive lektion.*

## Forskningsdata

Data samlades in genom videoinspelningar i helklass där tavlan filmades, samt i smågruppsdiskussioner (n=10 grupper med 2–4 elever per grupp). Även de sambandsvävar som producerades (n=70) samt skriftliga anonyma reflektioner (n=40) utgör data. Datamaterialet har inte analyserats i avsikt att undersöka enskilda individers systemgeografiska kunnande eller vilka egenskaper hos eleverna som kan förklara varför vissa men inte andra utvecklar olika aspekter av kunnandet. Det är inte heller syftet med artikeln men nämns då det kan ses som en begränsning. Av etiska skäl har lärare och elever oidentifierats vid transkribering och återgivning av utsagor.

## Analys

För observation och analys av elevernas handlingar i undervisningssituationerna används de aspekter av systemgeografiskt kunnande som definierats av Dessen Jankell och Johansson (2022). Tabell 3 beskriver dessa fyra kvalitativt skilda aspekterna samt indikatorer på handlingar som behöver realiseras för att kunnandet ska utvecklas och sambandsvävens principer ska manifesteras som redskap.

TABELL 3

*Kvalitativt olika aspekter av systemgeografiskt kunnande och indikationer för att kunnandet utvecklas i arbetet med sambandsväven. Källa: Dessen Jankell & Johansson (2022)*

Aspekt av systemgeografiskt kunnande	Handlingar som behöver komma till uttryck för att kunnandet ska utvecklas	Indikatorer på att kunnandet utvecklas
<b>Konstruera</b> kausala samband som representerar ett specifikt problem, fenomen eller företeelse som system	Identifiera komponenter och koppla samman dem till orsakssamband med hjälp av kausala principer.	Formulerar frågor och förklarar; Vad som påverkar vad. Använder pilar för att visualisera kausalitetens riktning.
<b>Beskriva och kartlägga</b> sambanden och korrelationernas beteende och karaktär	Beskriva olika karaktär på samband och relationer i termer av; direkt/indirekt kausalitet, positiva och negativa korrelationer, dynamiska relationer, osäkra eller säkra samband, möjlig påverkan.	Formulerar frågor och förklarar; Hur något påverkar något annat. Använder + och – symboler för att visa positiva/negativa korrelationer, binder samman relationer till dynamiska loopar.
<b>Kontextualisera</b> konsekvenser baserat på plats och skala	Förankra komponenter och samband i geografiska platskontexter och resonera i termer av platsbaserade konsekvenser samt i relation till rumslig skala.	Formulerar frågor och förklarar; Var något sker och vilka konsekvenser det får i relation till platsens förutsättningar och den skala som används. Använder kartor, platsnamn eller bilder för att visualisera platskontext samt symboler för skala.
<b>Syntetisera</b> relationerna till ett integrerat holistiskt system och använda systemet för att kritiskt tolka och värdera konsekvenser	Använda modellen som utgångspunkt för att kritiskt tolka och värdera helheten baserat på de specifika samband som konstruerats.	Formulerar frågor och förklarar; Hur konsekvenser kan tolkas, vilka drivkrafterna är och vilka som är känsliga faktorer. Använder färger eller symboler för att värdera och visualisera konsekvenser utifrån olika perspektiv.

Indikatorerna användes vid den teoretiskt informerade tematiska analysen (Braun & Clarke 2006) av elevers handlingar. Datamaterialet transkriberades i sin helhet av författaren och det som styrde kodningen var de fyra kvalitativt olika aspekterna av systemgeografiskt kunnande (Tabell 3). Enheten för analysen var elevernas handlingar i arbetet med sambandsväven och analysfrågorna var: *Vem gör vad med vilka redskap? Vilka frågor ställs? Vilka principer används? Hur verbaliseras och visualiseras systemgeografiska principer?* Ett uttalande som ”När jag köper sushi i Motala påverkar jag en kvinnas jordbruk i Bangladesh, då räkodlingar tar marken och klimatet påverkas globalt” kategoriserades som en indikation på att kunna: *konstruera indirekta samband och kontextualisera konsekvenser baserat på plats och skala*. Den andra tematiken var faktorer i upplägget: hur och när sambandsväven introducerades, om begrepp var givna eller inte, hur eleverna fick möjlighet att använda sambandsväven i momentet och vilket innehåll som bearbetades.

Efter en första sammanställning av data gjordes ett urval av segment där systemgeografiska handlingar identifierats för fördjupad analys. Tematikerna

relaterades till varandra för att avgöra vilka situationer som etablerades och vad i situationerna som påverkade att vissa handlingar möjliggjordes eller hindrades. Kunskandet som kom till uttryck ställdes i relation till faktorer i undervisningen. Exempelvis att elever som fått givna begrepp inte resonerade om andra faktorer än de givna. Mellan lektionerna analyserades sambandsvävarna, vilket ledde till vissa justeringar i nästa lektion. I slutet analyserades sambandsvävarna igen.

Forskargruppen som utgjordes av författaren och undervisande lärare hade tidigare erfarenhet av att arbeta med sambandsväven. Det underlättade urvalet av sekvenser för analys. Då både hinder och möjligheter med sambandsväven var av intresse minskades risken att välja sekvenser med övervikt åt något håll. Begränsningen kan vara att analysen var teoretiskt styrd och att vi förväntade oss vissa handlingar och utmaningar och kanske uppmärksammade dessa särskilt. Därmed kan det ha funnits handlingar som inte uppmärksammades i samma utsträckning. Å andra sidan har processen varit transparent och gruppen har fortlöpande diskuterat materialet, så att inte aspekter av de situationer som etablerades skulle förbises. I relation till de frågor som undersökts ansågs analysen ge en rättvis bild av det kunnande som kom till uttryck. Eftersom forskningen genomförts i autentisk miljö med tre olika grupper av elever och lärare går det inte att dra säkra slutsatser om att ett visst upplägg alltid leder till att en specifik undervisningssituation etableras och ett visst kunnande därmed utvecklas. Slutsatser kan däremot dras om hur olika aspekter av kunnandet kom till uttryck och därmed kunde forskningsfrågan besvaras.

## **Resultat**

Forskningsfrågan besvaras genom att beskriva de aspekter av systemgeografiska handlingar som kom till uttryck och sedan relatera dem till faktorer i de olika undervisningsuppläggen som tycks avgörande för de situationer som etableras. Resultatet av analysen visar att alla aspekterna av systemgeografiskt kunnande (tabell 3) kom till uttryck men dominerar i vissa undervisningsupplägg. Utifrån analysen preciseras tentativa principer som beskriver de undervisningssituationer som behöver etableras för att olika aspekter av systemgeografiskt kunnande ska komma till uttryck. I resultatbeskrivningen används design A som huvudsakligt narrativ eftersom alla aspekter av kunnandet kommer till uttryck i den designen, vilket diskuteras i relation till de andra uppläggen.

### **Undervisningssituationer designade för konstruktion av kausala samband**

När det gällde att kunna hantera principer för att konstruera kausala samband som representerar ett specifikt problem som system visar resultatet att kunnandet kom till uttryck, men det fanns kvalitativa skillnader beroende på vilka situationer som etablerades.

I design A och B introducerades uppgiften med sambandsväven som en gemensam uppgift där elever och lärare kunde konstruera samband på tavlan. Eleverna som deltog

i undervisningen utformad enligt design A och B hade deltagit i den första cykeln av studien och använt sambandsvävar vid ett tillfälle i slutet av ett moment.

I design B startade uppgiften med att två begrepp sattes upp på tavlan: *CO<sub>2</sub> i atmosfären* och *Jordens medeltemperatur*. Läraren frågade vad det kunde finnas för samband emellan. I design A användes inga begrepp utan uppgiften introducerades med att fyra illustrationer sattes upp på tavlan (*ko*, *regnskog*, *jätteräka* och *mangroveskog*). Efter korta samtal i smågrupper etablerades en situation där eleverna i både design A och B engagerades att gemensamt diskutera (verbalisera) och visa (visualisera) sambanden på tavlan och hur de kunde illustreras.

I design A, där det inte fanns givna begrepp utgick eleverna ifrån egna erfarenheter. Exempelvis hade en elev läst att ”regnskog försvinner för att ge plats åt köttproduktion eftersom efterfrågan på kött i världen ökat”. När läraren bad eleven beskriva hur sambandet kunde visualiseras förklarade eleven hur pilar och +/- symboler kunde användas för att visa sambanden på tavlan, vilket illustreras i bild 1 a-c och excerpt 1. Resten av klassen ansåg att sättet att symbolisera sambandet med pil och +/- fungerade och ifrågasatte inte att den kausala relationen kunde uttolkas som att regnskog ”orsakar/leder till” produktion av nötkött. Läraren stimulerade eleverna att fortsätta reflektera kring innebörden av den relation som illustrerats på tavlan. En graf ritades upp och eleverna fick resonera kring om grafen visade samma slags relation som sambandet de illustrerat med pilar och +/- (Bild 2a-b).

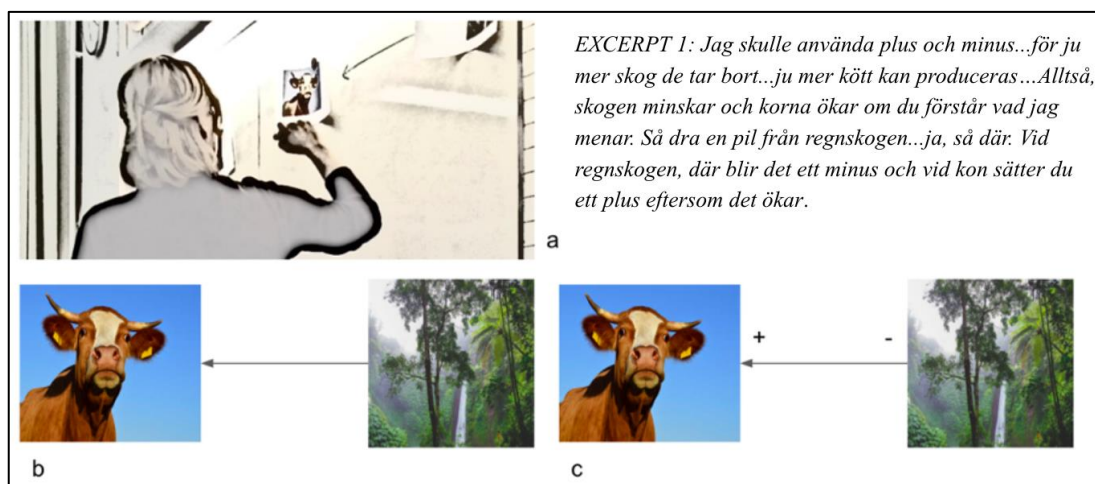


BILD 1 A-C

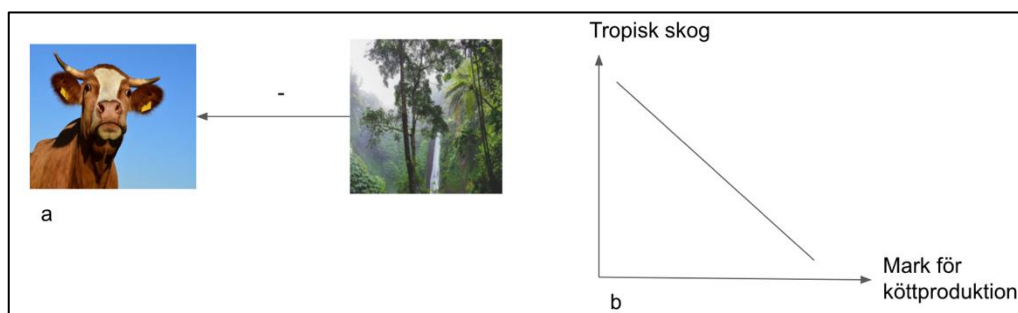


BILD 2 A-B

Eleverna ansåg att sambandet stämde – ”ju mer köttproduktion desto mindre regnskog” – men de ansåg att det saknades komponenter och att det behövdes ”mellansteg för att göra det tydligare”. En elev ritade in *sojaodling* och visade med plus och minus vilken faktor som ökade respektive minskade (Bild 3a). En annan elev kompletterade så att det framgick att regnskog försvinner ”*genom att sojaodling ökar*” (Bild 3b).

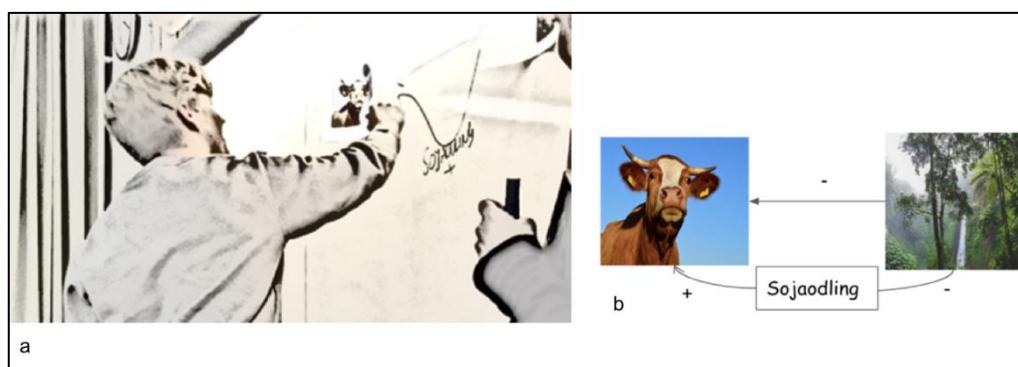


BILD 3 A-B

Ytterligare en elev (Bild 4 a-b, Excerpt 2) kompletterade och förde in  $CO_2$  och *avskogning* som begrepp (Bild 4a). De kausala relationerna började framträda såväl symboliskt på tavlan som i elevernas resonemang (Excerpt 2):



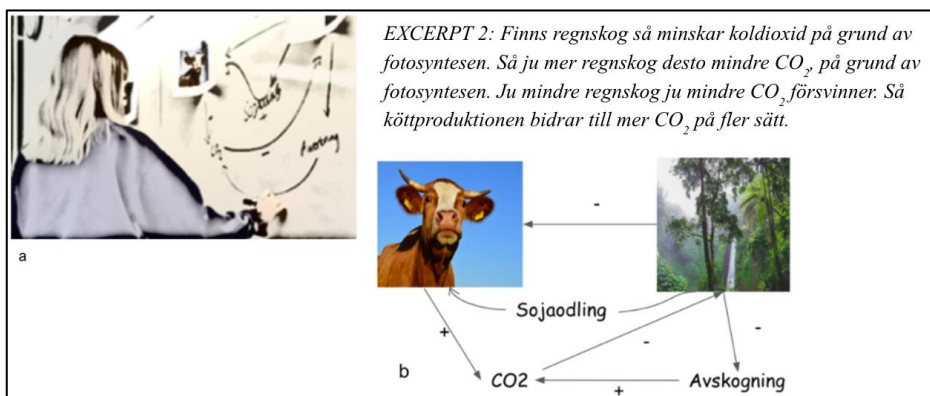


BILD 4 A-B

När pilarna hamnade i en riktning som inte stämde med det som verbalt uttrycktes (Bild 4b), ifrågasatte eleverna betydelsen av symbolerna. Det visade sig att vissa elever uppfattade att sambandet som visualiserats betydde ”där regnskog finns kan avskogning ske, vilket är negativt” medan andra menade att pilen betydde ”orsakar” eller ”leder till” en negativ korrelation. Eftersom det blev otydligt togs beslut att pilarna skulle visa hur ”en faktor leder till/orsakar en annan”, vilket skrevs upp på tavlan. Eleverna kom också fram till att om komponenter ”påverkar varandra i samma riktning används + och olika riktning -”. Plus och minus skulle inte användas för att tolka eller värdera något som ”hållbart/ohållbart”. Då de också behövde symboler för att tolka och värdera konsekvenser föreslogs rött för ohållbart/försämring och grönt för hållbart/förbättring.

En elev ifrågasatte om inte allt kunde vara både hållbart och ohållbart utifrån olika perspektiv (Excerpt 3). Elevens fråga synliggjorde dels att konsekvenser kan värderas olika beroende på perspektiv och att fler konsekvenser sker samtidigt. Därför drogs fler pilar som illustreras i Bild 5 där avskogning leder till minskad biodiversitet = ekologisk försämring (röd pil), ökad ekonomisk tillväxt för Brasilien = ekonomisk förbättring (grön), fler arbetstillfällen för producenter av kött = social förbättring (grönt) och hot mot ursprungsbefolkning = social försämring (rött). Lärarna föreslog också att FN:s *Globala mål* kunde användas för att få fler nyanser i tolkningarna av konsekvenser och för att synliggöra hur olika intressen kunde krocka.

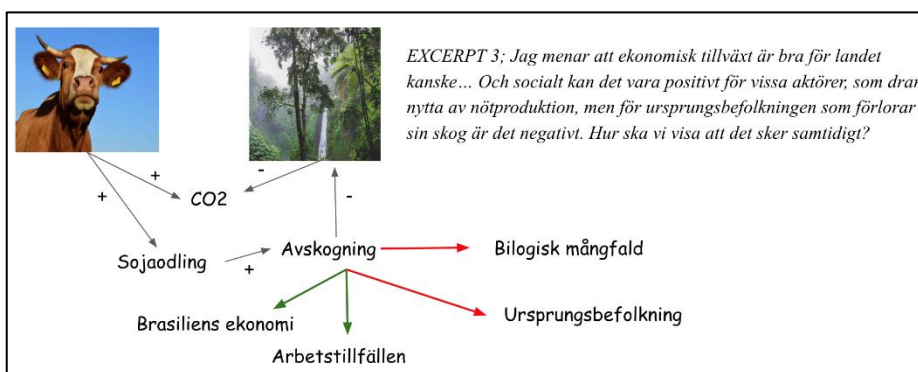


BILD 5

I den situation som etablerades upptäckte eleverna att beroende på vilka begrepp de valde kunde relationerna se olika ut. Om de valde begreppet *regnskogsområden*, så *minskade* dessa i relation till nötproduktion, men valde de *avskogning*, så *ökade* den. Bilden som visade regnskog kunde alltså innehålla flera olika begrepp som behövde identifieras. Insikterna gjorde att det växte fram ett nytt förslag (Bild 6) där pilar ändrat riktning och nya begrepp (*efterfrågan*) tillförts (Bild 6).

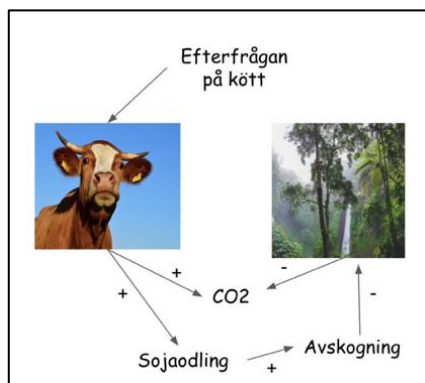


BILD 6

I design B etablerades en situation där frågor och resonemang, precis som i design C fokuserades på att förklara begreppen som läraren satte upp och samband emellan dem. Å andra sidan stimulerades eleverna också att diskutera vilka symboler som kunde användas och betydelsen av dem på liknande sätt som i design A. De samband som konstruerades ifrågasattes och prövades och karaktären på sambanden jämfördes med grafer. Resonemangen fokuserades kring hur relationer kunde ha olika karaktär och att vissa samband inte kunde förklaras som kausala på grund av många osäkerheter, vilket exemplifieras i Excerpt 4.

The image shows a student in a classroom setting, pointing at a whiteboard. The whiteboard has a diagram with a dashed arrow and some handwritten text. The student is looking at the board with a thoughtful expression.

*EXCERPT 4: Och om polaris minskar kommer det att öka risken för översvämning fast det är ju inte säkert vad som händer med infrastruktur. Det beror väl på var översvämningen sker, så det kan inte vara ett direkt orsakssamband. Vi ritade en streckad pil och skrev "var?".*

Excerpt 4 visar hur eleven identifierade skillnaden mellan säkra kausala samband som "vi vet", och osäkra samband som kan bero på "var" något sker, vilket symboliserades med streckad pil. Det stimulerade till gemensam reflektion kring skillnader mellan direkta och indirekta samband och hur säkert ett samband är i långa orsakskedjor. I både design A och B diskuterades olika osäkerhetsaspekter, exempelvis att ett samband mellan ökad *koldioxid* och *växthuseffekt* är kausalt och säkert, medan sambandet mellan ökad *medeltemperatur* och *översvämningar* är osäkert eftersom det

beror på plats och tid. Eleverna reflekterade kring om osäkra samband kunde ”vara med i sambandsväven”. Lärarna förklarade att genom att undersöka en viss situation kunde sambanden bli säkrare, men att vissa samband var osäkra och att antaganden behövde baseras på viss osäkerhet och ”det vi vet just nu”. I det sammanhanget föreslogs symboler för att visa var något skett (karta, platsnamn), skala för olika konsekvenser lokalt och globalt (glob, kartsymbol) och tid (kort pil och lång pil) och osäkra samband (streckad pil) (Bild 7). När lektion 1 i design A och B var slut hade ett gemensamt system konstruerats på tavlan, vilket eleverna använde som utgångspunkt i sina grupper att arbeta vidare med.

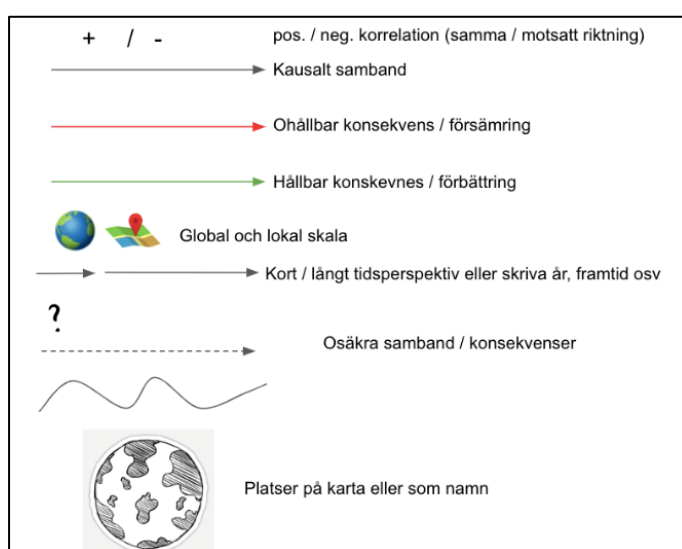


BILD 7

*Principer och symboler som eleverna kom överens om att använda.*

I design C, där varje elevgrupp på 2–3 elever fått givna begrepp fastsatta på A3-papper, etablerades en situation där eleverna formulerade frågor om innehållet, som berörde klimatförändringar i Arktis. Karaktären på frågorna var fokuserade på vad begreppen betydde, vad som påverkade vad samt vad pilar och  $+/-$  kunde användas till. Situationen som etablerades bjöd in eleverna att resonera kring ämnesinnehållet, med fokus på faktorer som påverkade klimatförändringar i Arktis. Karaktären på handlingarna var att konstruera komponenterna till ’rätt’ samband och situationen bjöd inte in till resonemang kring vilka komponenter som var relevanta, om sambanden kunde tolkas olika, om det fanns olika slags samband eller om konsekvenserna var säkra eller osäkra. I vissa elevgrupper initierades frågor kopplat till hur resurser som fiske påverkades och resonemang om hur människor påverkade utsläpp av fossila bränslen fördes. Situationen stimulerade däremot inte till fördjupade resonemang om människors agerande eller maktstrukturer och eleverna resonerade inte om sig själva i relation till sambanden i väven. I design C var systemet klart när lektionen var slut och varje elevgrupp hade konstruerat i princip likadana system (Bild 8). I reflektionerna efteråt uppgav många av eleverna att de genom arbetet med sambandsväven fått syn på ”hur

allt hänger ihop” och de hade etablerat en gemensam idé om systemet, komponenterna som samverkar och sambanden dem mellan.

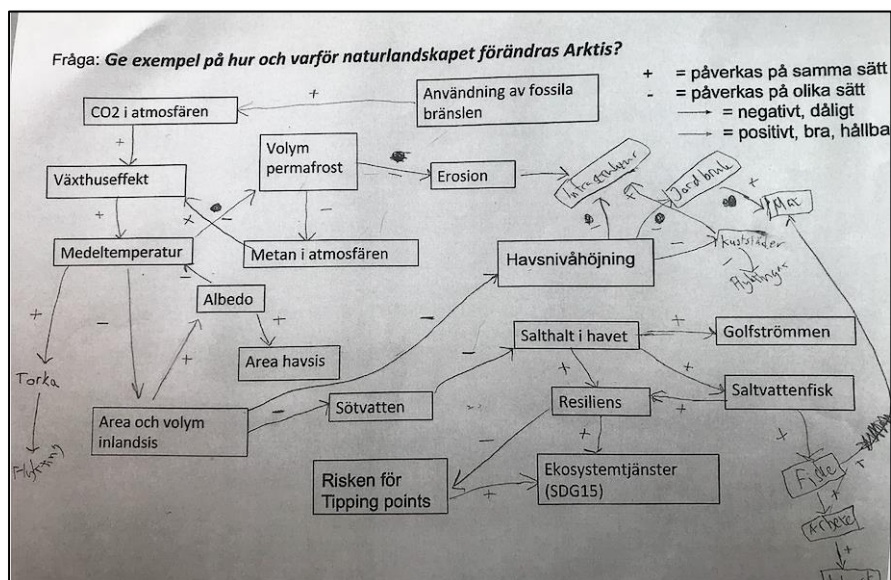


BILD 8

Exempel på färdig sambandsväv konstruerad av elevgrupp i design C

### Förutsättningar för konstruktion av kausala samband

I alla undervisningssituationer etablerades förutsättningar för eleverna att resonera kring innehållet utifrån kausala principer, vilket styrde resonemangen om orsaker och konsekvenser. Arbetet med sambandsväven tycktes bjuda in eleverna att formulera frågor om kausala samband och att använda principer för att konstruera kausala samband i de undervisningssituationer som etablerades. En faktor som påverkade frågornas karaktär var om begreppen var givna eller inte. När begreppen inte var givna (design A) skapades förutsättningar att identifiera komponenter och resonera kring val av begrepp samt att upptäcka att valet av begrepp styrde vilka samband som kunde konstrueras. Situationen stimulerade till frågor om ämnesinnehållet, vilket styrdes av elevernas erfarenheter av den specifika frågan. Det var en aspekt som inte kom till uttryck i de andra uppläggen. Innehållet som diskuterades i A var bredare och baserades på elevernas förförståelse, medan det i B och C kretsade kring de givna begreppen.

När begreppen satt fast (design C), stimulerades inte eleverna till resonemang om principer eller om det behövdes fler symboler för att visa på olika slags samband. Istället stimulerades eleverna till resonemang om begreppen och att konstruera ”rätt” samband. Att begreppen satt fast tycktes indikera att det fanns ”ett sätt” att koppla samman dem. Det var också flera naturgeografiska faktorer, vilket kan ha påverkat uppfattningar om att det fanns ett ”rätt svar”. Å andra sidan tycktes det faktum att begreppen satt fast skapa en gemensam idé om systemet de arbetade med och rikta elevernas fokus på

detaljer kring orsaker och konsekvenser. Exempelvis att konsekvenser varierar om olika isar smälter (permafrost, glaciärer, havsis). Därmed möjliggjordes en naturvetenskaplig systemaspekt av innehållet.

I design A och B var systemidén inte ”färdig”, utan eleverna gavs tillfälle att gemensamt med lärarna bygga upp systemet steg för steg. Det gav tillfälle till frågor om innehållet och om principer för att konstruera samband och reflektera kring det system som växte fram. Trots att eleverna i A och B tidigare använt sambandsväven och dess principer (se Dessen Jankell & Johansson 2022) hade de olika erfarenheter av innebörden. Situationen som etablerades i det gemensamma arbetet på tavlan hade därför betydelse som ett sätt att pröva principer ihop med innehållet. Pilar, +/-, färger, symboler för skala och platser befästes därigenom som redskap för att organisera de frågor eleverna arbetade med. Tillsammans konstruerade de samband och beslutade om en gemensam principiell grund för att visualisera det framväxande systemet samt visa hur konsekvenser kunde värderas (jfr Tväråna 2019).

### **Undervisningssituationer designade för användande av platskontexter**

När det gällde utmaningen att kunna karakterisera och kontextualisera samband med hjälp av geografiska platskontexter för att förklara specifika problem (jfr Cox et al. 2018; Dessen Jankell & Johansson 2022) etablerades olika förutsättningar i de tre designuppläggen.

I design A och B etablerades en situation där de frågor som eleverna formulerade under lektion 1 och den sambandsväv de konstruerade utgjorde grund för arbetet under lektion 2. Lärarna använde modellerna för att ge återkoppling i syfte att stimulera till fördjupade resonemang om sambanden (Bild 9). Eleverna i både A och B hade således möjlighet att bearbeta sambanden, men förutsättningarna påverkade vilka handlingar som möjliggjordes när det gällde vilka frågor som formulerades om sambanden, aktörer och platskontexter.

I design B etablerades en situation under första lektionen som stimulerade till frågor om samband och begrepp, men inte till resonemang om detaljer eller platsexempel, vilket lärarna kommenterade. Under lektion 2 tillkom typer av platser, så som *kustområden*, *önationer*, *polarområden* (bild 9). Även osäkra samband synliggjordes med streckade pilar kopplat till mänskliga faktorer som *infrastruktur* och *anpassningar*. Eleverna använde också färger för att visa tolkning av konsekvenser. Situationen bjöd in eleverna att resonera utifrån de givna begrepp och grafer de fått (ökad koldioxid, minskad biodiversitet, ökad befolkning osv) på global nivå (bild 9). Kontexten som kom till uttryck var människans påverkan på olika system på global nivå. Resultatet efter två lektioner var integrerade modeller av liknande karaktär som representerade en översiktlig, global systemnivå av faktorer i mänsklighetens historia som orsakat dagens klimatproblem och människans roll i detta (Bild 9).

# SAMBANDSVÄVAR FÖR ATT UTVECKLA ELEVERS SYSTEMGEOGRAFISKA KUNNANDE

Lotta Dessen Jankell

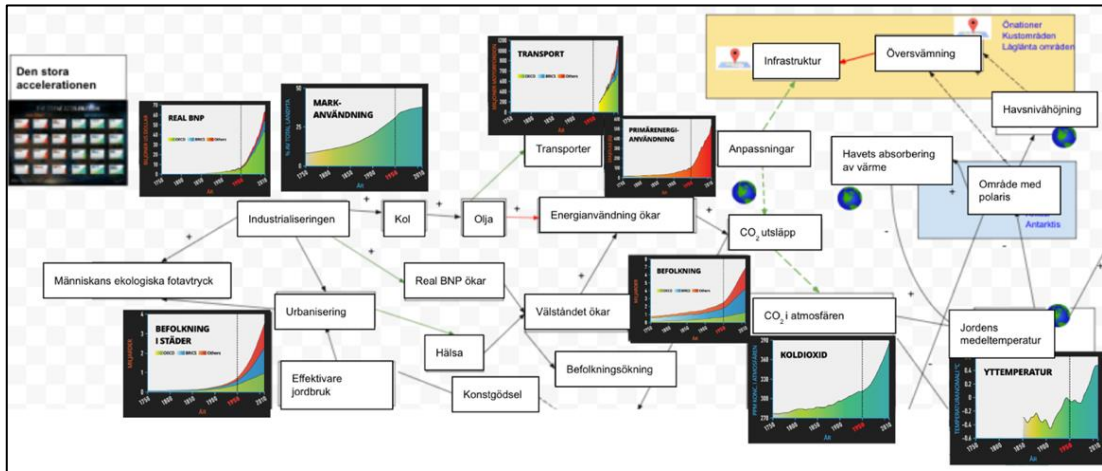


BILD 9

Exempel på färdig sambandsväv konstruerad av en elevgrupp i design B.

I design A, där inga begrepp var givna formulerades under första lektionen frågor kring vilka aktörer som var inblandade i problemen och hur "osäkra" sambanden var kopplat till mänskligt agerande. Flera ansåg att det var svårt att "få in aktörer" i sina modeller när de skulle använda kausala principer. Exempelvis att visa hur Brasiliens president orsakade avskogning för "han kan ju inte vara en komponent som ökar eller minskar". För att kunna förklara sambanden uppstod frågor om vilka aktörerna var, vad de gjorde och var problemen ägde rum. Det var även frågor lärarna ställde baserat på elevernas modeller (Bild 10).

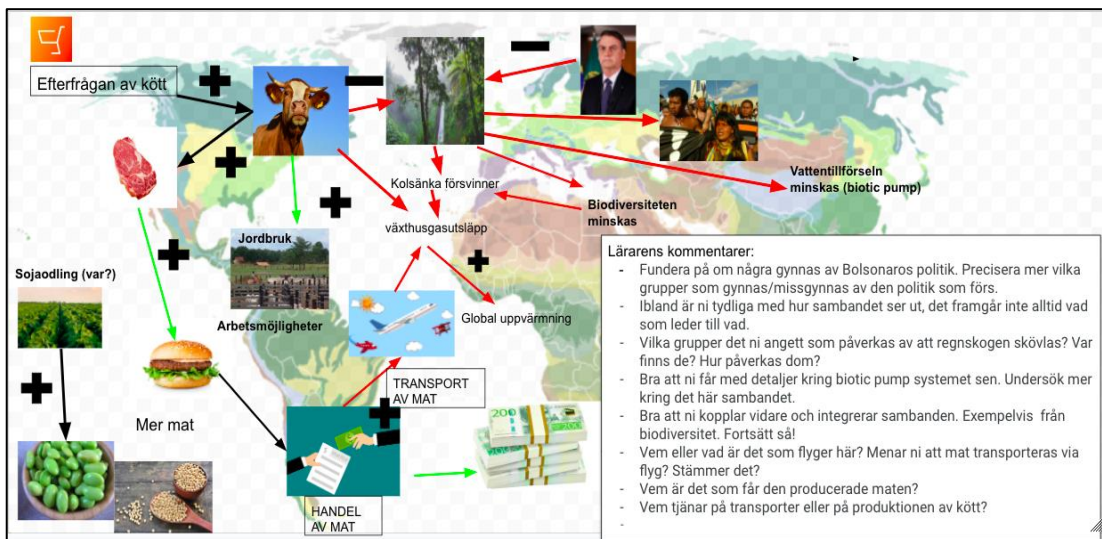


BILD 10

Exempel på hur lärare använt sambandsvävar som underlag för återkoppling.

Lärarnas kommentarer och elevernas frågor etablerade en riktning för undersökande av geografiska frågor som: ”Var sker avskogningen?”, ”Var ligger regnskogen i Brasilien?”, ”Hur skiljer sig regnskog från annan mark på en satellitbild?”, ”Är den tätare? Grönare?”, ”Hur stor är skalan?”, ”Finns soja och råkor i samma regnskog?”, ”Vem tjänar och förlorar på räkodlingar?”, ”Hur ser räkodlingarna ut?”. Svaren inhämtades genom artiklar på internet och digitala kartor och eleverna blev medvetna om att det var svårt att identifiera ett specifikt område i ett stort land som Brasilien eller i Bangladesh delta. De sökte efter ledtrådar, som en intervju med en lastbilschaufför som mindes ”hur det var förr” när det fanns vilda djur längs en väg, som nu var ”oändliga sojabönsfält”. Eleverna sökte upp vägen, vilket ledde dem till området Mato Grosso, ett av Brasiliens största områden för sojaodling. De var påtagligt nöjda då de lokaliserat området där avskogningen skett.

Andra elever preciserade aktörers påverkan genom att identifiera lagar som gynnade avverkning, använde korruptionsstatistik och belyste ekonomiska incitament. Exempelvis hur mycket sushi som konsumerades i Sverige och vilka aktörer som tjänade på produktionen lokalt, regionalt och globalt. Lärarna guidade eleverna i hur de kunde se skillnad i rumsliga mönster mellan regnskog och skövlad mark med hjälp av satellitbilder, men det var eleverna som drev sökandet och prövade metoder och redskap (kartor, satellitbilder, artiklar, statistik) för att precisera sambanden i modellerna. Sambandsväven styrde sökandet, och en alltmer specifik och komplex bild av hur tropisk skog påverkades av global handel framträdde. En elev uttryckte det som ”att lägga pussel och söka efter bitarna för att förstå hur bilden ska se ut”. Sambandsvävarna som konstruerades visar en mångfald av sätt att visualisera system av olika karaktär (Exempel bild 11–14).

I design C etablerades en situation där de givna begreppen initierade till resonemang om förutsättningar i arktiska områden med fokus på naturprocesser på regional nivå. Eleverna stimulerades även till resonemang om vilka som påverkades (*fiskare, kustländer*, Bild 8) av förändringarna. Situationen gav däremot inte utrymme för fördjupning av specifika exempel.

### **Förutsättningar för användande av platskontexter**

Analysen visar att systemgeografiskt kunnande utifrån aspekten att förankra ett specifikt problem i platskontexter kom till uttryck på olika sätt i undervisningen. I design C etablerades en situation där den kontext som fick betydelse var förankrad i de begrepp som eleverna fått givna om Arktis. Modeller och resonemang gav en regional bild av faktorer som påverkade arktiskt klimat. Även i design B etablerades en kontext som var styrd av givna begrepp och grafer och modellerna gav en relativt generell bild av ett globalt problem. Situationerna möjliggjorde inte fördjupning av innehållet utifrån specifika exempel. I design A etableras en situation som möjliggjorde utveckling av systemgeografiskt kunnande där platsbundna faktorer och specifika aktörer fick avgörande betydelse för analysen. När faktorerna inte var givna var det svårare att konstruera sambanden, vilket gav upphov till frågor om vilka faktorer som var inblandade, var något ägde rum och om olika aktörers roll i problemet. Eftersom

eleverna hade tid och stöd av lärarna att undersöka problemen kunde varje samband kontextualiseras med hjälp av texter och geografiska källor (digitala kartor, satellitbilder).

### Undervisningssituationer designade för syntes av samband och reflektion

När det gäller utmaningen att syntetisera samband och kunna använda de integrerade modellerna för kritisk reflektion av problemen och dess konsekvenser var det framförallt i design A som möjligheter till detta etablerades. Under lektion 3 (som bara genomfördes i design A) gavs eleverna möjlighet att muntligt redogöra för sina analyser med stöd i sambandsväven, och de fick också kommentarer från lärare och andra elever. Vid detta tillfälle användes sambandsvävarna som redskap för att förklara de problem som undersökts genom att synliggöra sambanden och med olika symboler illustrera var något skett, vilka konsekvenserna var och hur konsekvenserna tolkats av eleverna. Några elever hade valt att göra flera sambandsvävar som visade olika skalnivåer: en översiktlig global, en regional och en specifik lokal. Sambandsvävarna kunde också vara tematiska, med naturvetenskaplig eller samhällsvetenskaplig prägel. Ett exempel är en elev som använde tre olika sambandsvävar för att illustrera räkodling i Bangladesh. Med hjälp av sambandsvävarna förklarade och visualiserade eleven hur en konsument som köper sushi i Motala (Bild 11) är sammanlänkad med kvinnor som förlorar odlingsmark i Bangladesh på grund av räkodling (Bild 12). Eleven hade också konstruerat en specifik sambandsväv (Bild 13) för att visualisera de naturgeografiska förutsättningar som förklarade varför det specifika området hade bra förutsättningar för räkodlingar samt hur havslivet påverkades.

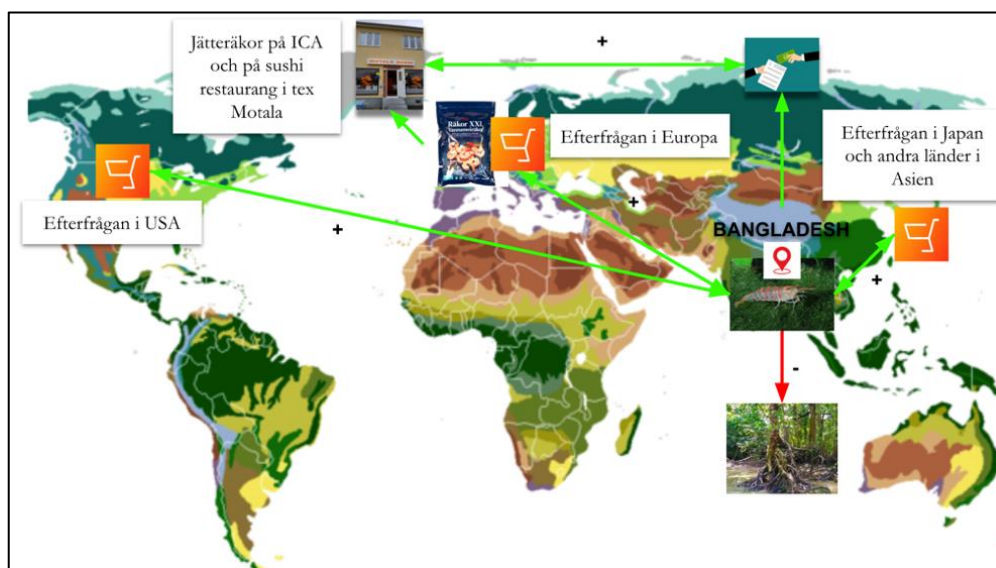


BILD 11



SAMBANDSVÄVAR FÖR ATT UTVECKLA ELEVERS SYSTEMGEOGRAFISKA KUNNANDE

Lotta Dessen Jankell

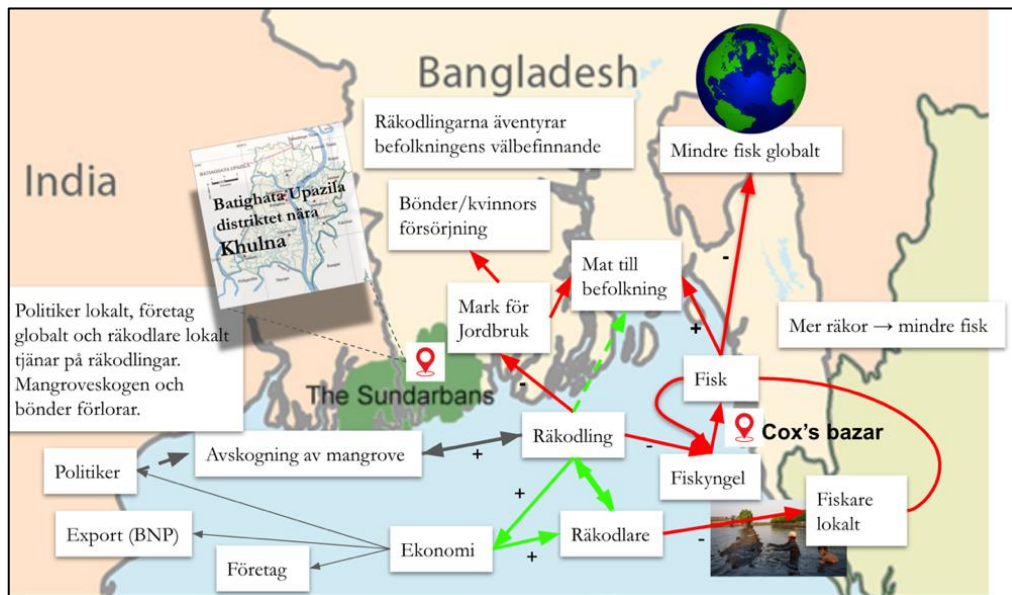


BILD 12

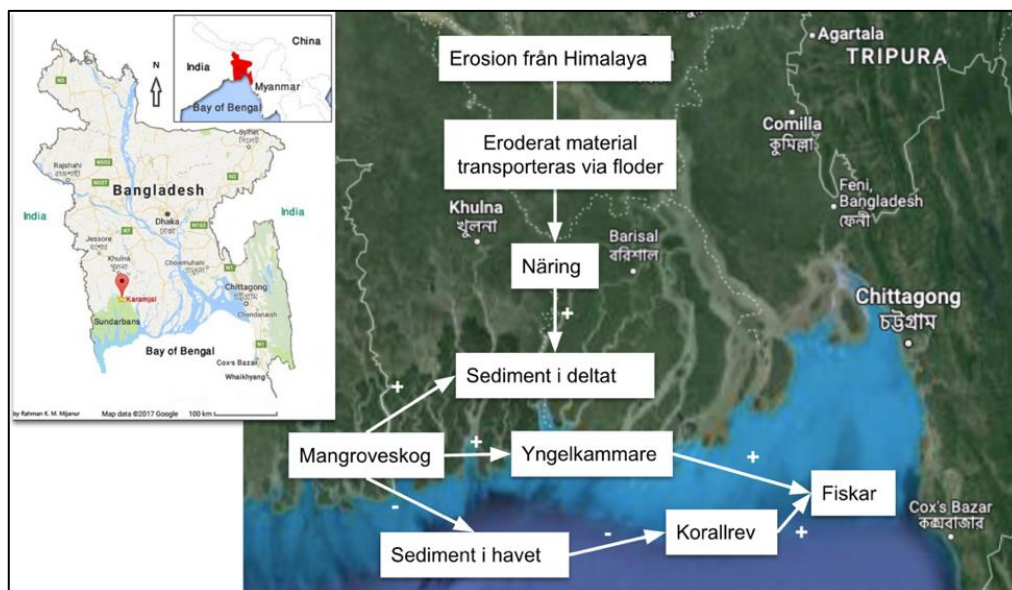


BILD 13

BILD 11-13

Exempel på sambandsvävar konstruerade av en elev i design A.

Eleven redogjorde för några samband i taget och lät sambanden 'växa fram' till en helhet. De konsekvenser som eleven såg som särskilt ohållbara markerades i rött medan det som ansågs hållbart utifrån något perspektiv var grönt. Liknande tillvägagångssätt användes av fler elever, vilket skapade engagemang hos dem som lyssnade. Spontana frågor ställdes om sambanden som presenterades, och kritiska reflektioner initierades utifrån fler perspektiv på exempelvis konsumenters påverkan på fiskare, räkodlare och

kustmiljöer. När läraren bad dem identifiera drivkrafter i systemen de konstruerat genom att ta bort en faktor och se vad som hände, skapades möjlighet för argumentation. Exempelvis argumenterade några för att efterfrågan var den viktigaste faktorn för att lösa problemet. Andra menade att det handlade om ekonomiska incitament för maktthavare globalt och lokalt som behövde förändras. Läraren pekade på vikten av att förtydliga relationerna mellan den lokala skalan och den globala skalan, eftersom det annars gav en ”förenklad bild” av problemet. Många ansåg att sättet med flera sambandsvävar gav en tydligare bild av problemet och att det blev ”lättare att följa med i pilarna”. De enklare sambandsvävarna, som bara gav en översikt, ansågs inte ge lika bra förståelse för problemets komplexitet. Fler elever inspirerades under lektion 3 att bearbeta sina sambandsvävar och exempelvis fördes globala målen in för att få fler perspektiv. De slutliga modellerna som presenterades under lektion 4 hade utvecklats, vilket möjliggjorde precisa tolkningar av problemen från fler perspektiv (Bild 14).

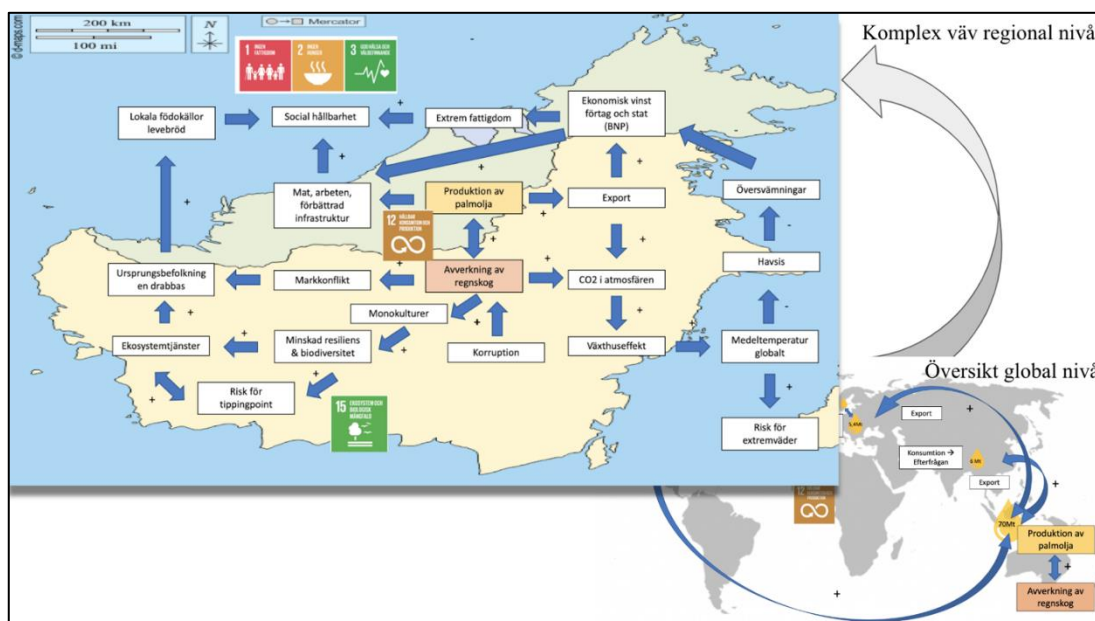


BILD 14

Exempel på färdig sambandsväv konstruerad av en elev i design A.

Efteråt reflekterade eleverna kring hur sambandsväven bidrog som ett ”kitt” för att ”zooma in”, visa exempel och förklara samband på lokal nivå och sedan ”zooma ut” till en större skala. De ansåg att det stöttade deras analys att kunna ”följa sambanden” när konsekvenser synliggjordes. Andra ansåg att för många detaljer i väven gjorde det ”rörigt” och valde därför att konstruera en översikt att fördjupa tolkningarna från.

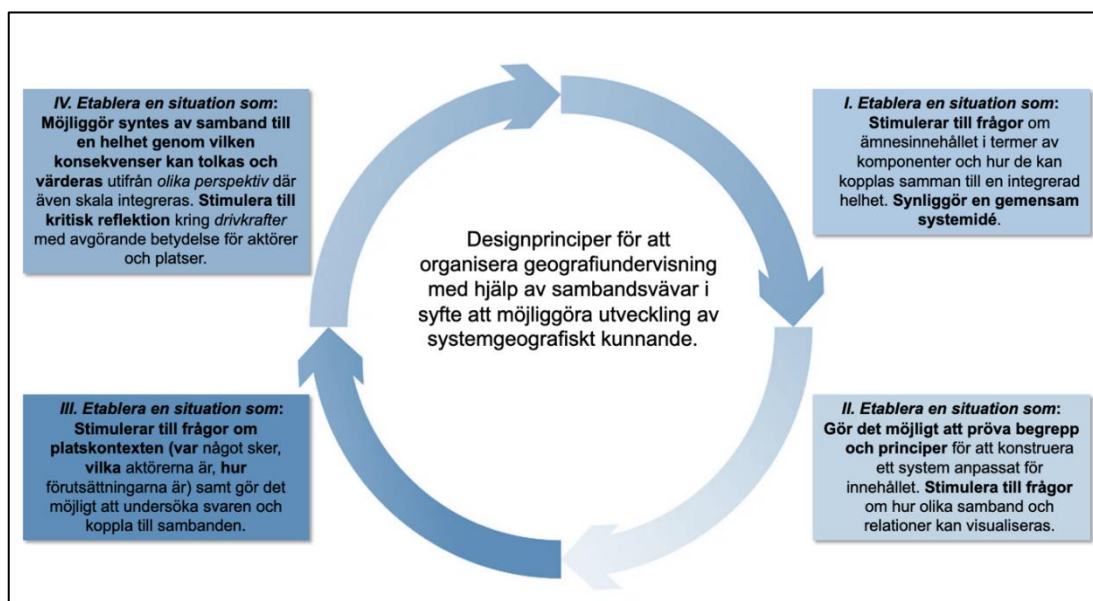
### Förutsättningar för syntes och reflektion

Situationen som etablerades under lektion 3 och 4 (design A) gjorde det möjligt för eleverna att använda modellerna de konstruerat för att förklara de komplexa problemen.

Lektion 3 tycktes ha särskild betydelse för reflektion då de elever som presenterade sina analyser och lärare och elever som lyssnade gavs möjlighet att resonera utifrån de samband som konstruerats (Bild 10–13). Genom att sambandsvävarna synliggjorde såväl orsakssamband som hur de tolkats öppnade det för resonemangen kring drivkrafter i de system som illustrerats, olika perspektiv på dessa och konsekvenser. Eleverna som presenterade och kommenterade kunde få belegg att argumentera för varför vissa faktorer kunde anses vara hållbara eller ohållbara. Modellerna skapade också utgångspunkt för andra att pröva olika perspektiv i relation till de samband som illustrerades. När olika skalnivåer användes etablerades en situation som gjorde det möjligt att syntetisera det som skedde på en nivå med en annan (jfr Jordan et al. 2014; Penner 2000).

## **Designprinciper**

Syftet med studien var att undersöka vilka undervisningssituationer i arbetet med sambandsvävar som behöver etableras för att möjliggöra utveckling av elevernas systemgeografiska kunnande. För att kunna svara på det har faktorer i undervisningen med sambandsvävar identifierats, som verkar möjliggöra eller hindra utveckling av olika aspekter av kunnandet. Baserat på tidigare forskning gjordes antaganden om vilka utmaningar elever har med att hantera sambandsvävens principer, vilka låg till grund för de tre undervisningsuppläggen. Resultatet visar vilka aspekter av systemgeografiskt kunnande som blir möjliga för eleverna att utveckla i de olika designuppläggen och vilka situationer i undervisningen som tycks möjliggöra utvecklingen. De faktorer som prövades var: när och hur sambandsväven introducerades, olika tillgång till begrepp och specifikt innehåll samt hur sambandsväven användes i momenten. Baserat på analysen formulerades fyra tentativa principer, vilka sammanfattas i figur 2 nedan och diskuteras vidare under nästa rubrik.



FIGUR 2

*Fyra tentativa designprinciper för att etablera situationer som möjliggör olika aspekter av systemgeografiskt kunnande.*

De första två tentativa designprinciperna (I, II) bidrar till att ge förutsättningar för elever att erfara hur system, samband och relationer kan synliggöras och konstrueras. De andra två (III, IV) visar hur undervisningen kan etablera situationer som gör det möjligt för elever att syntetisera, analysera, värdera och kritiskt reflektera kring de system som konstruerats baserat på platskontexter och skala. Att designprinciperna (figur 2) är cykliska beror på att system kan konstrueras olika beroende på vilka samband och system undervisningen vill belysa. Inför ett nytt moment finns det därför anledning att etablera situationer som synliggör vilka system momentet handlar om och låta eleverna reflektera kring principer för att konstruera just det systemet. Läraren behöver fråga sig vilka relationer som behöver visualiseras? Direkta kausala samband eller samband med flera möjliga påverkansfaktorer som kan vara mer osäkra? Utifrån vilka perspektiv är det relevant att tolka och värdera konsekvenserna? Hur kan tolkningar visualiseras så att andra kan reflektera kring slutsatserna? På det sättet kan fler aspekter av systemgeografiskt kunnande utvecklas över tid och sambandsväven bli ett dynamisk och föränderligt redskap som kan användas av lärare och elever och anpassas för olika typer av ämnesinnehåll.

## Diskussion

Systemtänkande handlar om att förstå komplexa problem som helheter, vilka undersöks genom sina komponenter, som påverkar varandra och därmed hela systemet (Arnold & Wade 2015). Systemtänkande kan ses som en dimension av kritisk tänkande (Bermudez 2015; Skolforskningsinstitutet 2020). Ett sätt för elever att hantera

komplexa geografiska frågor om systemförändringar som påverkar och påverkas av människan är genom utveckling av systemgeografiskt kunnande. Det handlar om att använda systemtänkande för att konstruera samband mellan natur och människa och relatera dem till plats och skala, syntetisera helheten och kritiskt reflektera kring konsekvenser (Dessen Jankell & Johansson 2022). Artikeln har undersökt vad i undervisningen som kan möjliggöra utveckling av olika aspekter av systemgeografiskt kunnande och vilka undervisningssituationer som behöver etableras.

Tidigare forskning har visat att elever har svårt att hantera principer för att konstruera kausala samband som representerade ett specifikt problem som system (Cox et al. 2018; Dessen Jankell & Johansson 2022). Analysen visar att arbetet med sambandsväven gav eleverna redskap att identifiera, organisera, analysera och tolka ett komplext ämnesinnehåll som rör systemförändringar i form av komponenter som påverkar varandra i ett integrerat system. Resultatet visar dock att det har stor betydelse vilka undervisningssituationer som etableras för att olika aspekter av systemgeografiskt kunnande ska utvecklas.

En första slutsats är att sambandsväven oavsett undervisningsupplägg bidrog till att etablera en frågedriven situation där eleverna kunde resonera kring begrepp som komponenter och använda systemprinciper för att konstruera kausala samband till ett integrerat system. Karaktären på resonemangen skiljde sig däremot åt beroende på hur sambandsväven introducerades, om begreppen var givna och beroende på vilket ämnesinnehåll som undersöktes.

En andra slutsats är därför att valet av begrepp, och hur de används, påverkar elevernas möjligheter att organisera ett komplext innehåll i termer av kausala samband som system. När begrepp är givna (som i design B och C) tycks det stimulera till frågor och resonemang om innebörden av begrepp och relationer, med fokus på kausala samband. Ämnesinnehållet (re-) konstrueras då utifrån att det finns ett ”färdigt system”, eller en ”färdig helhetsbild”. Förmågan att utforska samband och reflektera kritiskt kring konsekvenser kan därmed hindras. Särskilt när både struktur och begrepp är givna, som i design C.

Tidigare forskning visar dock att det är utmanande för elever att hantera komplext innehåll (Cox, Steegen & Elen 2018), att koppla samman olika skalnivåer (Jordan et al. 2014), att hantera relationer mellan systemnivån och specifika komponenter samt att förstå kausala samband (Mambrey, Schreiber & Schmiemann 2020). Ibland finns det därför fördelar med en begränsad uppgift för att träna vissa aspekter av systemkunnande. Särskilt när naturgeografiska system och kausala samband ska förstås. När begreppen är givna och strukturerade i förväg av läraren etablerades också snabbt en tydlig idé om problemet som ett integrerat system, vilket tog längre tid i de andra uppläggen. Det kan ses som en fördel att en gemensam idé om systemet etableras snabbt för att skapa en riktning för arbetet. Det kan också ses som en nackdel att eleverna inte ges möjlighet att själva arbeta fram idén om systemet. I linje med tidigare forskning visar resultatet på vikten av att eleverna får verbalisera och visualisera samband och relationer gemensamt (Karkdijk 2022). Det visade sig även i design C, trots att eleverna bara arbetade i små grupper och bara fokuserade på att koppla samman de givna

begreppen att resonemang om innehållet initierades i termer av orsakssamband. Eleverna upplevde att de fått en bild av ”hur allt hängde samman”.

Det som dock inte kom till uttryck i design C var de gemensamma reflektionerna om symboler, principer och tolkningar av hur samband kunde konstrueras, vilket möjliggjordes i design A och B. När begrepp inte var givna (som i A) etablerades en situation för öppna associationer, och elevernas tidigare erfarenheter blev del av kunskapsproduktionen. Detta kan bidra till att geografisk kunskap upplevs som meningsfull (Roberts 2013). Det gemensamma arbetet synliggjorde att uppfattningar om innebörden i symboler och betydelsen av konstruerade samband kan tolkas olika. Diskussionerna som etablerades bidrog därmed till medvetenhet om behovet av en gemensam principiell grund för att förstå varandra i tolkningarna av systemet (Tväråna 2019). Då en variation av samband kan konstrueras skapas fler möjligheter att reflektera kring val av komponenter och att det finns samband och relationer som behöver visualiseras olika. Samband som är kausala, direkta och ”säkra” behöver synliggöras på andra sätt än relationer som är ”osäkra”, troliga eller möjliga (Block, Van Poeck & Östman 2019). Konsekvenser kan då tolkas och värderas utifrån olika perspektiv, vilket öppnar upp för kritisk reflektion kring innehållet, inte minst gällande mänskliga aktörer (Sæther 2019). I likhet med Yli Panula, Jeronen och Lemmetys (2020) studie visade sig också globala målen användbara för att kritiskt reflektera kring konsekvenser från olika perspektiv.

När det gäller utmaningen att beskriva olika karaktärer på samband och att kunna använda platskontexter för att förklara samband indikerar resultatet att situationer behöver etableras som gör det möjligt för elever att explicit konstruera relationer mellan systemnivån och plats specifika kontexter. I linje med tidigare forskning kan slutsatsen dras att platskontexter spelar roll för fördjupade förklaringar och tolkningar av konsekvenser (Cox, Elen & Steegen 2020). Resultatet i framförallt design A visar att undervisningen behöver ge eleverna incitament att undersöka *var* något sker för att konstruera ”säkrare” samband. Arbetet med sambandsväven i design A visade att frågor kunde genereras när begreppen inte var givna vilka sedan användes för att undersöka plats specifika kontexter och vilka aktörer som var inblandade. En elev förklarade tillvägagångssättet som ”att pussla och leta efter bitarna”. Idén att det finns viktiga ”bitar” de behöver upptäcka för att få ihop helheten hade därmed etablerats (Verhoeff et al. 2018). När sambandsväven användes vid flera tillfällen i design A, manifesterades modellen som redskap både för eleverna och lärarna. För eleverna som ett sätt att organisera och synliggöra komplexa samband och en komplex helhet. För lärarna som ett sätt att guida och återkoppla genom sambandsväven där kommentarerna blev viktiga riktninggivare, som stimulerade eleverna att driva sitt undersökande arbete. Detta är en central princip för att etablera ett utforskande arbetssätt i geografi (Roberts 2013).

En indikation på att arbetet med sambandsväven skapade möjligheter för kritisk reflektion var när systemen konstruerades och eleverna kunde synliggöra hur olika faktorer påverkade varandra och hur förändringar av faktorer eller sätt att agera fick olika konsekvenser (Bermudez 2015; Mehren et al. 2018; Sæther 2019). Det kom främst till uttryck när modellen användes vid upprepade tillfällen (design A). Då etablerades en situation där eleverna baserat på modellen kunde ”zooma in och ut” i förklaringen

av problemen och därmed belysa olika aktörers roller och påverkan på olika nivåer (Bermudez 2015). Sambanden som synliggjordes gav stöd för att motivera *varför* vissa konsekvenser tolkats på ett visst sätt och andra kunde följa argumenten samt ge sina kritiska reflektioner. För att få belägg för argumenten behövde sambanden var platsbundna (Maude 2022), eftersom resonemangen då baserades på kunskaper om orsakssamband relaterat till specifika geografiska förutsättningar. Först då initierades djupare resonemang kring drivkrafter, aktörer och hur konsekvenser kunde tolkas utifrån olika perspektiv. Det visar vilken betydelse platskontexter har för möjligheten till kritisk reflektion i geografi och hur arbete med att konstruera platsbundna kausala samband kan bidra till det, vilket även Wetlesen & Eie 2022 påpekat.

En annan indikation på kritisk reflektion var när modellerna användes för att byta perspektiv; från makro till mikro, från globalt till lokalt, hållbart eller ohållbart och att zooma in och ut i de komplexa frågorna. Att kunna granska ett komplext problem på det sättet kan ses som aspekter av kritiskt tänkande (Bermudez 2015), vilket kom till uttryck när symboler för skala och perspektiv användes.

En tredje indikation på kritisk reflektion är då undervisningen gjorde det möjligt för eleverna att relatera till sig själva i relation till det komplexa system de undersökt. Exempelvis som konsument av sushi i relation till en kvinna i Bangladesh. Enligt Sæther (2019) är det viktigt att skapa denna länk eftersom det kan öppna för kritisk reflektion av det egna beteendet samtidigt som risken minskar att problemen hamnar långt ifrån eleven och att systemnivån blir abstrakt, vilket även lyfts fram av Yli-Panula, Jeronen & Lemmetty (2020). Viktigt att poängtera är att vissa situationer inte möjliggör kritisk reflektion, även om systemgeografiska aspekter kommer till uttryck, som i design C där tid saknas och systemet är färdigt.

Sammanfattningsvis etablerades sambandsväven och dess systemgeografiska principer som redskap där eleverna kunde öva sig i att undersöka faktorer som påverkar ett problem i en viss riktning samt vilka aktörer som agerar i en viss platskontext. Att fortsätta utforska hur sambandsväven kan användas för kritisk reflektion av komplexa geografiska frågor vore därför intressant. Likaså att utforska hur elever erfar arbetet med sambandsväven och om elever kan reflektera med sambandsväven som bas för sitt eget och andras handlande. Då studien är begränsad till tre klasser i en svensk kontext vore det även intressant att pröva sambandsväven i fler elevgrupper med olika erfarenheter, för att undersöka om undervisningen stimulerar till systemgeografiskt kunnande och kritisk reflektion på liknande sätt och hur individuella förutsättningar påverkar kunskapsutvecklingen.

## Referenser

Arnold, R. D. & Wade, J. P. (2015). A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. *Procedia Computer Science*, 44, ss. 669–678. [doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050](https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050)

Ben-Zvi-Assaraf, O. & Orion, N. (2010). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), ss. 1253–1280  
[doi.org/10.1002/tea.20383](https://doi.org/10.1002/tea.20383)

Bermudez, A. (2015). Four tools for critical inquiry in history, social studies, and civic education. *Revista de estudios sociales*, 52, ss. 102–118.  
[doi.org/10.7440/res52.2015.07](https://doi.org/10.7440/res52.2015.07)

Block, T., Van Poeck K. & Östman L. (2019). Tackling wicked problems in teaching and learning. Sustainability issues as knowledge, ethical and political challenges. I [Van Poeck, K., Östman, L. & Öhman, J.](#) (red.) *Sustainable Development Teaching: Ethical and Political Challenges*. Routledge, ss. 28–39.

Braun, V. & Clarke, C. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), ss. 77–101. [doi.org/10.1191/1478088706qp063oa](https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa)

Brown, V. A., Harris, J. A., & Russell, J. Y. (2010). *Tackling wicked problems through the transdisciplinary imagination*. Earthscan.

Buttimer, A. (1982). Musing on Helicon: Root Metaphors of Geography, *Geografiska Annaler, Serie B*, 64, ss. 89–96.

Wainwright, J. (2016). Earth-System science. I Castree, N., Demeritt, D., Liverman, D & Rhoads, B. (red.). *A Companion to Environmental Geography*. Wiley-Blackwell

Centola, D., Wilensky, U. & Mckenzie, E. (2000). A Hands-on Modeling Approach to Evolution: Learning about the Evolution of Cooperation and Altruism Through Multi-Agent Modeling - The EACH Project. I Fishman, B. J. & O'Connor-Divelbiss, S. F. (red.) *International Conference of the Learning Sciences. Facing the Challenges of Complex Real-world Settings*. Psychology Press. ss. 166–173.  
[doi.org/10.4324/9780203763865](https://doi.org/10.4324/9780203763865)

Cox, M., Elen, J. & Steegen, A. (2020). Fostering students geographic systems thinking by enriching causal diagrams with scale. Results of an intervention study. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 29(2), ss. 112–128. [doi.org/10.1080/10382046.2019.1661573](https://doi.org/10.1080/10382046.2019.1661573)

Cox, M., Steegen, A. & Elen, J. (2018). The use of causal diagrams to foster systems thinking in geography education: Results of an intervention study. *Journal of geography*, 9(1), ss. 34–48. [doi.org/10.1080/00221341.2019.1608460](https://doi.org/10.1080/00221341.2019.1608460)

Dessen Jankell, L., Sandahl, J. & Örbring, D. (2021). Organising concepts in geography education: A model. *Geography*, 106(2), ss. 66–75.  
[doi.org/10.1080/00167487.2021.1919406](https://doi.org/10.1080/00167487.2021.1919406)

Dessen Jankell, L. & Johansson, P. (2022). System geographical webbing as an object of knowing to analyse sustainability issues in geography. *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 50(3), ss. 118–139. [doi.org/10.18452/25713](https://doi.org/10.18452/25713)

Dolan, A. M. (2019). Geoliteracy: an approach to enquiry based learning for Junior Cycle geography students in Ireland. *Teaching Geography*, 44(1), ss. 24–27.



Favier, T. T. & van der Schee, J. A. (2014). The effects of geography lessons with geospatial technologies on the development of high school students' relational thinking. *Computers & Education*, 76, ss. 225–236.  
[doi.org/10.1016/j.compedu.2014.04.004](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.04.004)

German Geographical Society DGfG (2012). *Educational standards in geography for the intermediate school certificate* [pdf]. (3rd edition). [https://geographie.de/wp-content/uploads/2016/06/geography\\_education.pdf](https://geographie.de/wp-content/uploads/2016/06/geography_education.pdf) (30 March 2022)

Haubrich, H., Reinfried, S. & Schleicher, Y. (2007). Lucerne declaration on geographical education for sustainable development. I Reinfried, S., Schleicher, Y. & Rempfler, A. (red.) *Geographical views on education for sustainable development: Proceedings*, ss. 243–250.

Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S. & Liu, L. (2007). Fish swim, rocks sit, and lungs breathe: Expert-novice understanding of complex systems. *The Journal of the Learning Sciences*, 16(3), ss. 307–331. [doi.org/10.1080/10508400701413401](https://doi.org/10.1080/10508400701413401)

International Geographical Union, Commission on Geographical Education IGU-CGE (2016). *International charter on geographical education* [pdf]. [https://www.igu-cge.org/wp-content/uploads/2019/03/IGU\\_2016\\_eng\\_ver25Feb2019.pdf](https://www.igu-cge.org/wp-content/uploads/2019/03/IGU_2016_eng_ver25Feb2019.pdf) [2022-03-30]

Jackson, P. (2006). Thinking geographically. *Geography*, 91(3), ss. 199–204.  
[doi.org/10.1080/00167487.2006.12094167](https://doi.org/10.1080/00167487.2006.12094167)

Jacobson, M. J. & Wilensky, U. (2014). Complex systems and the learning sciences. I Sawyer, R. K. (red.) *The Cambridge handbook of the learning sciences*. 2 uppl., Cambridge University Press. ss. 999–1062.

Jordan, R. C., Brooks, W. R., Hmelo-Silver, C., Eberbach C. & Sinha S. (2014). Balancing broad ideas with context: an evaluation of student accuracy in describing ecosystem processes after a system-level intervention, *Journal of Biological Education*, 48(2), ss. 57–62. [doi.org/10.1080/00219266.2013.821080](https://doi.org/10.1080/00219266.2013.821080)

Karkdijk, J. (2022). *Mysteries to support geographical relational thinking in secondary education*. Diss. Dutch Research Council (NWO). Quaeris Media BV

Kramming, K. (2017). *Miljökollaps eller hållbart samhälle?* Diss. Uppsala universitet.

Lambert, D. (2011). Reviewing the case for geography, and the 'knowledge turn' in the English National Curriculum. *Curriculum Journal*, 22, ss. 243–264.

Lambert, D. & Morgan, J. (2010). *Teaching geography 11–18: A conceptual approach*. Open University Press.

Larsson, K. (2011). *Kritiskt tänkande i samhällskunskap. En studie som ur ett fenomenografiskt perspektiv belyser manifesterat kritiskt tänkande bland elever i grundskolans år 9*. Diss. Karlstads universitet.

Lezak, S. B. & Thibodeau, P. H. (2016). Systems thinking and environmental concern. *Journal of Environmental Psychology*, 46, ss. 143–153.  
[doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.04.005](https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.04.005)

Lim, L. (2015). Critical thinking, social education and the curriculum: foregrounding a social and relational epistemology. *The Curriculum Journal*, 26(1), ss. 4–23,  
[doi.org/10.1080/09585176.2014.975733](https://doi.org/10.1080/09585176.2014.975733)

Maude, A. (2022). Using geography's conceptual ways of thinking to teach about sustainable development, *International Research in Geographical and Environmental Education*, ss. 1–16. doi:10.1080/10382046.2022.2079407

McKenney, S. & Reeves, T. (2014). Educational Design Research. I Spector, J. (red.) *Handbook of research on Educational Communications and Technology*. Springer Science, ss. 131–140.

Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer* (Wright, Diana, red.). Chelsea Green Publishing.

Mehren, R., Rempfler, A., Buchholz, J., Hartig, J. & Ulrich-Riedhammer, E. M. (2018). System competence modelling: Theoretical foundation and empirical validation of a model involving natural, social and human-environment systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), ss. 685–711.  
[doi.org/10.1002/tea.21436](https://doi.org/10.1002/tea.21436)

Mambrey, S., Schreiber, N. & Schmiemann, P. (2020). Young Students' Reasoning About Ecosystems: the Role of Systems Thinking, Knowledge, Conceptions, and Representation. *Research in Science Education*, 52, ss. 79–98.  
[doi.org/10.1007/s11165-020-09917-x](https://doi.org/10.1007/s11165-020-09917-x)

Møller, J. P. (2001). *Att förstå omvärlden: didaktiska perspektiv och exempel*. Förlag Klim.

Penner, D. E. (2000). Explaining systems: Investigating middle school students' understanding of emergent phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), ss. 784–806. [doi.org/10.1002/1098-2736\(200010\)37:8<784::AID-TEA3>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200010)37:8<784::AID-TEA3>3.0.CO;2-E)

Richmond, B. (1993). Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review*, 9(2), ss. 113–133. [doi.org/10.1002/sdr.4260090203](https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203)

Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: key competencies in education for sustainable development. I Leicht, A., Heiss, J. & Byun, W. J. (red.) *Issues and trends in education for sustainable development*.  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261802>

Roberts, M. (2013). *Geography Through Enquiry: Approaches to teaching and learning in the secondary school*. Geographical Association.

Roychoudhury, A., Shepardson, D. P., Hirsch, A., Niyogi, D., Mehta, J. & Top, S. (2017). The Need to Introduce System Thinking in Teaching Climate Change. *Science Educator*, 25(2), ss. 73–81. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1132081>

Sæther, E. (2019). *Bærekraftig handlekraft i samfunnsfag – hva innebærer det?* I Kvamme, O. A. & Sæther, E. (red.) *Bærekraftdidaktikk*. Fagbokforlaget, ss. 97–114.

Stieff, M. & Wilensky, U. (2003). Connected Chemistry: Incorporating Interactive Simulations into the Chemistry Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12(3), ss. 285–302. <http://www.jstor.org/stable/40188770>

Stetsenko, A. & Arievitch, I. (2008). Teaching, Learning, and Development: A Post-Vygotskian Perspective. I Wells, G. & Claxton, G. (red.) *Learning for life in the 21st century: Sociocultural perspectives on the future of education*. Blackwell Publishing, ss. 84–96. [doi.org/10.1002/9780470753545.ch7](https://doi.org/10.1002/9780470753545.ch7)

Skolforskningsinstitutet (2020). *Kritiskt tänkande och källkritik – undervisning i samhällskunskap*. Systematisk översikt 2020:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-6-4.

Skolverket (SNAE) (2011) *Geografi för gymnasiet*.

Tväråna, M. (2019). Tycka eller tänka om rättvisa – vad främjas i mellanstadieets samhällskunskapsundervisning? *Nordidactica – Journal of humanities and social science education*, 2019(2), ss. 136–161.

Verhoeff, R. P., Knippels, M.-C. P. J., Gilissen, M. G. R. & Boersma, K. T. (2018). The Theoretical Nature of Systems Thinking. Perspectives on Systems Thinking in Biology Education. *Frontiers in Education*, 3(40). [doi.org/10.3389/educ.2018.00040](https://doi.org/10.3389/educ.2018.00040)

Wiek, A., Withycombe, L., Redman, C. L. & Banas Mills, S. (2011). Moving Forward on Competence in Sustainability Research and Problem Solving. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 53(2), ss. 3–12.

Wertsch, J. (1998). *Mind as action*. Oxford University Press.

Wetlesen, A. & Eie, S. (2019). Geografisk formation: En resa genom Norges län. I Ferrer, M. & Wetlesen, A. (red.) *Critical thinking in the social sciences*. Universitetsförlaget, ss. 88–109.

Wetlesen, A. & Eie, S. (2022). 'Sted' som utgångspunkt for kritisk tenkning i geografi. *Acta Didactica Norden*, 6(2). [doi.org/10.5617/adno.8994](https://doi.org/10.5617/adno.8994)

Vygotskij, L. (2001). *Tänkande och språk*. Daidalos.

Yli-Panula, E., Jeronen, E. & Lemmetty, P. (2020). Teaching and Learning Methods in Geography Promoting Sustainability. *Education Sciences*, 10(5). [doi.org/10.3390/educsci10010005](https://doi.org/10.3390/educsci10010005)

**BILDER:**

Bilderna som används är från Wikimedia med Creative Commons licens. Foton är från inspelat material som bearbetats i Powerpoint.

## BILAGA 1

- Design A: Utan begrepp, längre och större uppgift**  
v **Hållbarhetsfråga:** Vad finns det för orsaker till och konsekvenser av global produktion av jätteräkor eller nötkött i tropisk skog?  
v **Uppgift:** Svara på den större frågan genom att undersöka en specifik region med tropisk skog, identifiera intressekonflikter, inblandade aktörer och drivkrafter. Analysera orsaker och värdera konsekvenser i relation till olika hållbarhetsperspektiv och globala målen. Resultatet presenteras muntligt med hjälp av den systemgeografiska sambandsväven. Eleverna arbetade parvis.  
v **Lektion 1:** Introduktionen som en kollaborativ uppgift där lärare och elever arbetar gemensamt på tavlan. Uppgiften introduceras med hjälp av bilder på, en ko och en regnskog och en jätteräka och mangrove-skog med ett frågetecken emellan samt frågan: *Vilka samband finns det emellan och hur kan de illustreras?* Systemprinciper och symboler som kunde användas för att visualisera ett kausalt samband var en pil  $\rightarrow$ , en negativ/positiv korrelation +/- och sen gavs fria händer att föreslå symboler för plats, skala och övriga förslag. Sambandsvävarna skulle produceras digitalt.  
v **Lektion 2:** Fortsatt arbete med sambandsväven utifrån de frågor som formulerats och de principer som fastställdes under lektion 1. Återkoppling från lärare digitalt i sambandsväven. Material: kartor, satellitbilder och internet.  
v **Lektion 3:** Eleverna presenterar sina analyser för lärare och andra elever med sambandsväven och annat material som stöd. Möjlighet att diskutera och få återkoppling.  
v **Lektion 4:** Muntlig examination då resultatet av analys, tolkningar och värderingar presenterades.
- Design B: Några givna begrepp, kort uppgift**  
v **Hållbarhetsfråga:** Vilka orsaker finns till den ökade mängden CO<sub>2</sub> och vilken roll har människan  
v **Uppgift:** Konstruera en sambandsväv för att svara på frågan och använda den som grund för ett längre projekt om klimatförändringar där eleverna skulle delta i ett rollspel.  
v **Lektion 1:** Samma upplägg som i design A med gemensam introduktion på tavlan där lärare och elever kan konstruera samband för att etablera systemgeografiska principer. Istället för bilder användes begrepp. På liknande sätt som i A arbetade eleverna digitalt, men hade givet material i form av grafer som visade förändringar i olika system (Steffen et al 2009) och länkar med artiklar. Det var möjligt för lärare och eleverna att återkoppla digitalt via sambandsväven.  
v **Lektion 2:** Färdigställa sambandsväven och använda den för att besvara frågan.
- Design C: Begrepp givna och fasta**  
v **Hållbarhetsfråga:** Hur påverkar klimatprocesser Arktis och andra regioner?  
v **Uppgift:** Sambandsväven introducerades nära inpå en examination då eleverna var bekanta med ämnesinnehållet. Endast en lektion gavs till arbetet.  
v **Lektion 1:** Introduktionen till sambandsväven och hur den konstrueras med pil  $\rightarrow$  och +/- symboler genomfördes av läraren med några övningsuppgifter. Begreppen var givna och fasta på A3 papper och sambanden ritades med pennor. Innehållet hade fokus på naturprocesser och effekter av smältande isar, permafrost, havsis, glaciäris.