

Forskningsrådet för miljö, areella näringar
och samhällsbyggande, Formas

Formas har till uppgift att främja och stödja grundforskning och behovsmotiverad forskning inom områdena miljö, areella näringar och samhällsbyggande. Den forskning som stöds ska vara av högsta vetenskapliga kvalitet och av relevans för rådets ansvarsområden. Formas får också finansiera utvecklingsverksamhet i begränsad omfattning.

Formas Fokuserar

Pocketboksserien Formas Fokuserar är ett led i Formas arbete med att kommunicera forskningsresultat. Serien är ett debattforum där forskare klargör dagens kunskaps- och debattläge i viktiga samhällsfrågor.

FORMAS FOKUSERAR 24	<i>Kan vi tackla det nya klimatet?</i>
COPYRIGHT	Forskningsrådet Formas
REDAKTÖRER	Karin Branteström (Formas), Lotta Fredholm (Lotta Words AB)
PRODUKTIONSLEDARE	Bengt Kopp (Formas)
OMSLAG OCH ORIGINAL	Lupo Design
TRYCK	Taberg Media Group
PAPPER	Omslag: 300g Multiart Gloss Inlaga: 80g Munken Premium Cream 13
TÝPOGRAFI	Adobe Garamond, Helvetica Neue

ISBN 978-91-540-6086-3

BESTÄLLNINGSDRESS: www.formasfokuserar.se

STOCKHOLM 2015



Kan vi tackla det nya klimatet?

Formas Fokuserar

Innehåll

Förord	7	Vi måste ta värmens hälsoeffekter på allvar	95
		Bertil Forsberg	
Se helheten för att lösa klimatfrågan	11	Dags att rusta för förändrat klimat	105
Johan Kuylenstierna		Annika Carlsson-Kanyama	
Koldioxidskatten löser klimatfrågan	21	Samverkan minskar kommuners sårbarhet	113
Thomas Sterner		Anna C. Jonsson	
Dela på resurser – på gott och ont	29	Så bygger vi på säker grund	121
Karin Bradley		Mínná Karstunen	
Dagens företag tar stort miljöansvar	35	Nödbroms saknas – utsläppen måste ned	131
Carina Lundberg Markow		Markku Rummukainen	
Dramatiska energiomställningar krävs	43	Kontroversiellt att manipulera klimatet	141
Fredrik Hedenus		Anders Hansson	
Vägen till fossilfria transporter	53	Allt ansvar kan inte läggas på individen	149
Thomas B. Johansson		Misse Wester	
Vi behöver släppa bilfixeringen	63	Så kan du klimatanpassa ditt hus	157
Karolina Isaksson		Björn-Ola Linnér	
Bakterier som gör bensin	73	Avslutande ord	163
Mathias Uhlén		Ingrid Peterson	
Vad är en hållbar stad?	79	Ordlista	168
Göran Finnveden			
Naturen räddar staden från värmen och vätan	87		
Thomas Elmqvist			

Tidigare klimatböcker i serien Formas Fokuserar har behandlat möjliga framtidsscenarier och hur det nya våtvarma klimatet kan komma att påverka samhället. I *Kan vi tackla det nya klimatet?* ligger fokus i stället på vetenskapligt förankrade lösningar, för både omställning och anpassning.

Dessa lösningar kan omfatta olika sätt att minska utsläpp av klimatgaser, eller hur vi bör bygga städer för att bättre klara av de nya förutsättningarna.

I arbetet med boken har vi tagit hjälp av ledande forskare och experter inom olika delar av klimatforskningsområdet. Via intervjuer har de gett sin bild av vad de anser behöver göras på samhällsnivå.

Vi vill här passa på att tacka de som har bidragit med sin kunskap: Johan Kuylenstierna, Thomas Sterner, Karin Bradley, Carina Lundberg Markow, Fredrik Hedenus, Thomas B. Johansson, Karolina Isaksson, Mathias Uhlén, Göran Finnveden, Thomas Elmqvist, Bertil Forsberg, Annika Carlsson-Kanyama, Anna C. Jonsson, Minna Karstunen, Markku Rummukainen, Anders Hansson, Misse Wester och Björn-Ola Linnér.

Via hemsidan www.formasfokuserar.se går det att hitta bokens egen sida. Där finns möjlighet att ta del av många av de rapporter och artiklar som de intervjuade forskarna refererar till.

Vi önskar dig trevlig läsning, förhoppningsvis med nya insikter och kanske någon aha-upplevelse.

Karin Branteström och Lotta Fredholm

Se helheten för att lösa klimatfrågan

För att till 2050 nå de klimatmål som FN:s klimatpanel har räknat fram – att jordens uppvärmning ska hållas under två grader – krävs stora omställningar. Johan Kuylenstierna är i grunden optimistisk, men pekar på vikten av att inkludera klimatfrågan i diskussionerna om ekonomi, samhälle, social utveckling och rättvisa.

Johan Kuylenstierna utsågs till Sveriges miljömäktigaste 2014 av tidningen Miljöaktuellt. Han är chef för Stockholm Environment Institute, SEI, som har rankats som den näst mest inflytelserika miljötanke-medjan i världen, samt adjungerad professor i globala vattenresursfrågor vid Stockholms universitet.

De närmaste decennierna står mänskligheten inför en av sina största utmaningar någonsin. Denna innebär att nå klimatmålen, samtidigt som utveckling och tillväxt måste fortsätta för att utrota fattigdom och skapa möjligheter för ytterligare två till tre miljarder människor på jorden. I ljuset av detta har klimatförhandlingarna i Köpenhamn 2009 i efterhand kritiserats hårt, eftersom de ledde till få konkreta åtaganden. Johan Kuylenstierna, chef för Stockholm Environment Institute, ser trots de strandade förhandlingarna positiva resultat av diskussionerna i Köpenhamn.

– Köpenhamnsmötet var på många sätt låst i ett gammalt sätt att tänka som utgick från en förenklad världsbild med en alltmer konstlad uppdelning mellan industrialiserade länder och utvecklingsländer. Men världen ser inte ut så längre, den är långt mer komplex och det finns stora skillnader mellan länder inom de olika traditionella blocken. Se bara på EU, säger han.

Enligt Johan Kuylenstierna blev det också tydligt att vi måste släppa tanken på att de som har släppt ut mest växthusgaser historiskt är de enda som har ett ansvar och därmed ska åtgärda problemet. I stället krävs pragmatism, då många tidigare utvecklingsländer i dag är stora utsläppsländer. Detta innebär att de även är länder med snabb ekonomisk utveckling – med allt vad det innebär av investeringar inom

infrastruktur, städer och energisystem – och att de då ofta har större möjlighet att genomföra kostnads-effektiva åtgärder.

– De har inte byggt in sig i gamla lösningar utan kan göra rätt från början. Vi har därför inte råd att låsa fast oss vid gamla, ideologiskt betingade synsätt som inte leder oss framåt utan i stället skapar onödiga konflikter.

Johan Kuylenstierna betonar också att svårigheterna i Köpenhamn ledde till en bredare syn på engagemang och ansvar. Exempelvis kan både företag och städer göra stor skillnad, oavsett om det finns bindande avtal mellan länder eller inte. Dessa aktörer tar också ett helt annat ansvar i dag jämfört med för bara ett årtionde sedan.

En annan förändring efter Köpenhamnsmötet är, enligt honom, ökad insikt inför olika länders möjligheter när det gäller att vidta åtgärder. Denna insikt innebär att alla länder inte behöver gå exakt samma väg, utan i stället bör målet stå i fokus. Johan Kuylenstierna menar också att det heller inte går att stirra sig blind på exakta procentsatser för hur mycket ett visst land ska minska sina utsläpp av koldioxid.

– Alla länder måste vara med på ambitionen om att en global omställning till en fossilfri ekonomi krävs och är möjlig. Men ansvar, kapacitet och möjligheter till åtgärder kan variera – både mellan olika länder och vid olika tidpunkter, säger han.

Inför framtida klimatförhandlingar ser Johan Kuylenstierna en ökad fara i att låta klimatfrågan vara överordnad alla andra frågor och betonar vikten av att i stället tänka i system, för att på så vis få samspelet mellan miljö, ekonomi och samhälle att fungera. ”Om vi bara fokuserar på klimatfrågan så blir diskussionen för ensidig och vi riskerar att skapa nya problem”, som han uttrycker det.

Ett konkret exempel är att ökad användning av biomassa, för bränsleframställning och andra områden inom den så kallade gröna ekonomin, kan skapa ökande konkurrens om mark- och vattenresurser. En sådan situation kan påverka livsmedelstrygghet och vattenförsörjning, och i förlängningen skapa spänningar internationellt.

– Vi är ekonomiskt och resursmässigt sammanlänkade på ett helt annat sätt än tidigare och det finns därför målkonflikter. Vi har inte råd att lösa klimatfrågan först och sedan ta itu med andra problem, – problem som dessutom kan ha orsakats av de lösningar vi tillämpar för att hantera klimatproblematiken, säger han.

Enligt honom är många andra miljö- och utvecklingsutmaningar ännu mer akuta. Dessa är kopplade till naturresursanvändning, exempelvis mark-, bio-, och vattenresurser, men även grundläggande samhällsproblem som fattigdom och social utsatthet.

– Vi får därför inte arbeta alltför snävt med klimatfrågor isolerat från andra utvecklingsfrågor. Att koppla samman kortsiktiga och mer långsiktiga perspektiv är viktigt, säger Johan Kuylenstierna.

Han tycker att förändringsarbetet bör utgå från det nuvarande ekonomiska systemet, men vill bredda det alltför snäva tillväxtbegreppet till att i stället utgå från ett bredare ”utvecklingsperspektiv”. Exempelvis presenterar FN:s utvecklingsprogram, United Nations Developing Programme, årligen sitt Human Development Index som inbegriper en rad ekonomiska, sociala och miljömässiga dimensioner.

– Världen behöver fortsatt ekonomisk tillväxt som en viktig dimension av utveckling. Först för att lyfta människor ur fattigdom, men även i vår del av världen för att säkra välfärd, tillgång till arbete och fungerande sociala system. Men utveckling är ett bredare begrepp som inte bara inbegriper pengar, säger han och fortsätter:

– Det är viktigt att lyfta andra värden. Det ger en mer dynamisk diskussion när vi betraktar olika lösningar.

Ett exempel på samspel mellan fortsatt utveckling och klimatinvesteringar är möjligheten att miljöförbättra redan planerade investeringar. Under de kommande tjugo till trettio åren kommer investeringar på närmare 100 miljarder US-dollar att satsas globalt i stadsutveckling, infrastruktur, i energisektorn

samt inom jordbruksnäringen. Här finns möjlighet att göra denna investering till ett verktyg för ökad klimatanpassning och resurseffektivitet.

– Det skulle enligt beräkningar som bland annat projektet New Climate Economy presenterar bara kosta några få procent extra! Det är ett unikt tillfälle att rikta dessa investeringar mot en ekonomisk utveckling med låga koldioxidutsläpp som kan generera en rad andra fördelar för människor och samhället, säger Johan Kuylenstierna.

Den fortsatta urbaniseringen ställer också nya krav på stadsplanering. I dag lever drygt hälften av jordens befolkning i städer, som står för 70 procent av koldioxidutsläppen. Städer kan dock byggas på många olika sätt, vilket påverkar hur starkt avtrycket gör på miljön. Johan Kuylenstierna exemplifierar med Atlanta i USA och Barcelona i Spanien. Atlanta har ungefär lika många invånare som Barcelona, men tar tio gånger så stor landyta i anspråk och släpper ut närmare fem gånger mer växthusgaser från exempelvis transporter.

– Den rätt planerade, täta staden är framtiden. År 2050 kommer 2,5 miljarder fler människor att bo i städer och många stora städer genomgår stora förändringar och tillväxt. Bara i Indien ska städerna växa med 400 miljoner människor fram till 2050 om nuvarande trender stämmer – det är mer än hela USA:s nuvarande befolkning. Om vi får till dessa

omställningar och planerar rätt innebär det enorma möjligheter, säger Johan Kuylenstierna.

Han anser att ett av de främsta styrkeområdena för att minska klimatpåverkan finns inom energisektorn, där vindkraftsutbyggnaden nu ökar med 10 till 20 procent per år i många länder.

– Och kostnader för solbaserade energisystem är numera konkurrenskraftiga. Vem kunde förutse det för några år sedan? Det visar att när förändringsprocessen väl börjar så kan det gå snabbt.

Parallellt med de internationella klimatförhandlingarna pågår också arbete inom FN med de så kallade globala hållbarhetsmålen, som enligt Johan Kuylenstierna kanske är att betrakta som än mer revolutionerande än ett internationellt klimatavtal – om de blir verklighet och länder verkligen bestämmer sig för att implementera dem.

– Hållbarhetsmålen kan vara en nystart för diskussionen om global hållbar utveckling. Dessutom innehåller de så mycket mer, till exempel är det unikt med ett internationellt mål om jämställdhet.

I juli 2015 avslutades FN-konferensen Financing for Development i Addis Abeba i Etiopien, där man diskuterade hur arbetet för att uppnå hållbarhetsmålen ska finansieras.

– Det var ett viktigt steg, och får betraktas som framgångsrikt, även om många frågor återstår.

Johan Kuylenstierna har en positiv grundsyn när det gäller framtiden och betonar att mänskligheten otvetydigt står inför en fortsatt transformation av våra samhällen, med svåra val framför oss, men där det också finns betydligt större möjligheter och innovativa lösningar jämfört med för bara något decennium sedan.

– Men det kräver modiga ledare, med tydliga visioner och ett lösningsfokuserat arbetssätt där vi inte fastnar i gårdagens tänkande. Ökad samverkan och globalisering kommer att vara extremt viktigt för att finna vägar framåt och säkra välfärd åt alla. Visst är det lätt att vara pessimist i dag, men det är optimister som hittar lösningar och ser möjligheter, säger han.

Koldioxidskatten löser klimatfrågan

Den svenska koldioxidskatten är högst i världen. Att sprida kunskap om – och införa – koldioxidskatt globalt skulle kunna vara ett sätt att möta klimatmålen. Enligt Thomas Sterner skulle klimatfrågan vara löst om resten av världen följde Sveriges exempel.

Thomas Sterner är professor i miljöekonomi vid Institutionen för nationalekonomi och statistik vid Göteborgs universitet. I rapporten från FN:s klimatpanel, IPCC, från 2014 var han en av huvudförfattarna för kapitel 15, om styrmedel.

När världens länder ska komma överens och enas om internationella klimatavtal är det en tidskrävande och trög process. Att förändringstakten är så osedvanligt låg beror, enligt Thomas Sterner, professor i miljöekonomi vid Göteborgs universitet, på att det handlar om mycket stora pengar.

– Att det finns lobbyister som bromsar upp arbetet är ingen nidsbild, utan det är verkligen så att olje-, kol- och gasindustrin i exempelvis USA har stor påverkan, säger Thomas Sterner.

En fortsatt utveckling i denna takt ger en mörk framtidsbild, men han ser ändå ljus på de tekniska framsteg som har gjorts inom bland annat solenergi och vindkraft. Utöver de miljömässiga förbättringarna som tekniken möjliggör ser Thomas Sterner också att dessa framsteg kommer att stärka den gröna lobbyen, något som skulle kunna förändra det politiska kraftfältet på ett genomgripande sätt.

Vad gäller miljöekonomiska styrmedel tycker han att vi i Sverige ska vara stolta över den höga koldioxidskatten på bränsle och energi.

– Koldioxidskatten är fantastisk! Många av mina internationella kollegor tror inte på mig när jag berättar att vi betalar en krona per kilo koldioxid, säger Thomas Sterner.

Enligt honom har Sverige här en unik möjlighet att bjuda på kunskap och erfarenhet för att andra länder ska kunna ta efter. En av de viktigaste åtgärderna är

att se till att denna information får global spridning. – Om motsvarande koldioxidskatter infördes i alla länder och i alla sektorer skulle klimatproblemet vara löst, säger han.

En vanlig föreställning om höjda priser på koldioxidutsläpp, och därmed bränslepriset, är att det skulle leda till ramaskri hos den del av befolkningen som har minst resurser. Men den bilden anser inte Thomas Sterner stämmer.

– Snarare är det så att koldioxidskatt oftast drabbar de rikaste i samhället. Men eftersom dessa hörs mest i media, framstår det som att missnöjet är mer utbrett än vad som verkligen är fallet.

Ett annat styrmedel som används i dag är handel med utsläppsrätter, där varje utsläppsrätt motsvarar ett ton koldioxid eller koldioxidekvivalenter. Detta system omfattar omkring 760 svenska anläggningar inom industri och energiproduktion. Inom hela EU berörs totalt 13 000 anläggningar, vars sammantagna utsläpp motsvarar knappt hälften av de totala utsläppen av växthusgaser inom unionen. Syftet är att minska utsläppen på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt. Tanken är att handel med utsläppsrätter ska göra det möjligt att minska utsläppen i det land och den sektor där det kostar minst. Utsläppshandel bygger på att ett tak sätts för de totala utsläppen och varje år ska företagens utsläpp kompenseras med det antal utsläppsrätter som krävs.

Efter de strandade klimatförhandlingarna i Köpenhamn 2009 har också en diskussion om så kallade klimatklubbar tagit fart bland ledande, internationella miljöekonomer. Enkelt uttryckt skulle det innebära att en grupp länder tar täten och går före i klimatfrågan, exempelvis genom att införa ett minimipris på kol för att minska användningen. Hur en sådan klimatklubb mer specifikt skulle kunna utformas är dock fortfarande på diskussionsstadiet.

– Viktiga frågor, exempelvis hur regelverket skulle se ut för de ingående medlemmarna, samt hur de som väljer att stå utanför skulle hanteras, återstår att lösa. Men det finns också strömningar som tror på utsläppshandel som ett mer effektivt styrmedel. Det debatteras flitigt vad man tror har störst sannolikhet att lyckas, säger Thomas Sterner.

Det finns även andra vägar att gå. I Tyskland arbetar man med energiomställning som har målet att helt och hållet fasa ut kol och andra icke förnybara energikällor. Satsningen har lett till ökad användning av bland annat solenergi och vindkraft.

För att kunna få en sådan förändring till stånd har Tyskland på regeringsnivå tagit beslut om att elektricitet från förnybara källor, som produceras av enskilda hushåll, inte ska ses som kommersiell verksamhet. I dag får tyska hushåll som installerar solpaneler också löfte om att kunna sälja sin överskottsenergi till ett fast pris under de första femton åren,

vilket innebär att hushållet kan räkna hem sina investeringskostnader. För att Sverige skulle kunna genomföra en motsvarande reform krävs ett undantag för momsregeln för små solcellsanläggningar.

– Tyskland har lyckats unikt bra och vi kan lära mycket av dem, säger Thomas Sterner.

En svensk lösning skulle dock kunna finjusteras utifrån de lärdomar som det tyska exemplet har fört med sig. Exempelvis tar det tyska systemet inte hänsyn till vilken tid på dygnet vi konsumerar energi och elen är olika mycket värd beroende på om vi har överskott eller underskott vid ett visst klockslag.

Det är tekniskt möjligt att mäta detta och det kan gå att få konsumenter att sprida sitt användande genom ett variabelt elpris. Till exempel går det att ställa in elintensiva processer som kylning, uppvärmning och batteriladdning så att de utförs i första hand då det finns överskott på billig el.

Ett annat förslag är att Sverige utvecklar samarbeten med andra länder för att möjliggöra lagring av överskottsenergi och på så vis jämnar ut energitillförseln över tid.

– Vi kan fungera som ett batteri. Genom vår vattenkraft har vi möjlighet att lagra energi i vattenmagasinen. Det hjälper andra länder att jämna ut energitillförseln, och kan dessutom vara en ekonomiskt god affär för Sverige, säger Thomas Sterner.

Thomas Sterner poängterar det faktum att geografiska och politiska skillnader mellan olika länder påverkar effekten av olika slags styrmedel.

– I Indien finns exempelvis en uppfattning om att utsläppsrättshandel inte kommer att fungera på grund av korruption. Där fungerar kanske skatter bättre. Kina är ett land som för sin del testat både och, säger han och fortsätter:

– Det här är ett viktigt forskningsområde. Det finns stora och avgörande skillnader mellan olika länder, men dessa är dåligt kartlagda.

Skatter på koldioxid och handel med utsläppsrätter är alltså styrmedel som många är bekanta med i dag, men finns det några nya typer av styrmedel som kan bli aktuella i framtiden?

Här ringar Thomas Sterner in att det kan bli aktuellt med styrmedel även inom den finansiella sektorn ”för att hantera finansiella härdsmältor till följd av exempelvis större bankers aktieinnehav i kolintensiv verksamhet”, som han uttrycker det.

– Men det här är en svår fråga eftersom det finns ett kunskapsglapp som beror på att få miljöekonomier är intresserade av finansiell ekonomi, samtidigt som få finansekonomier är intresserade av miljö. Kanske måste staten börja ställa krav på en rimlig grad av förståelse för hållbarhetsfrågor hos dessa grupper, säger han.

Dela på resurser – på gott och ont

I stället för att varje medborgare ska äga sin egen bil, gräsklippare eller snöslunga kan vi låna av varandra. Rätt hanterat kan delandet innebära miljövinster, men det gäller att se upp. Enligt Karin Bradley skapar delning också ekonomiskt utrymme till att både resa och konsumera mera, något som inverkar negativt på klimatet.

Karin Bradley är lektor i hållbar stadsutveckling vid Institutionen för samhällsplanering och miljö vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm. Hennes forskning handlar om hållbara livsstilar och hon leder ett flerårigt projekt om kollaborativ konsumtion.

Delandets ekonomi, delningsekonomi, kollaborativ ekonomi, kollaborativ konsumtion – kärt barn har många namn, men betydelsen är densamma: att dela på resurser. Delningsekonomi omfattar såväl kommersiella som icke-kommersiella former av delande, exempelvis att hyra eller hyra ut, sälja någonting begagnat, byta, låna, ge och få. Det handlar om att få tillgång till en vara eller tjänst, i stället för att köpa den själv. Exempel på delandets ekonomi är tillfällig uthyrning av bostäder eller att människor går ihop och bildar en pool av resurser. Sådana resurspooler finns i dag för exempelvis, bilar, verktyg och kläder. Även företag tillhandahåller liknande tjänster, men delningsekonomi tar fasta på det som sker mellan konsumenter. Karin Bradley, forskare inom kollaborativ konsumtion och hållbara livsstilar vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm, ser en trend.

– Delandet har blivit alltmer vanligt som ett sätt att leva mer miljövänligt, men även som ett sätt att tjäna pengar. Delandet växer snabbt, säger hon.

Människor har lånat saker av varandra i alla tider, men en tilltagande urbanisering och individualisering har ökat det enskilda ägandet. Efter den ekonomiska krisen 2008 fick dock delandet ett uppsving i USA och delar av Europa.

– Människor har helt enkelt fått mindre pengar att röra sig med, men dessutom har framväxt av digital

teknik som underlättar delande, samt ökande medvetenhet om konsumtionens miljöeffekter, drivit fram utvecklingen, säger Karin Bradley.

Beräkningar visar att en borrmaskin används i genomsnitt 15 minuter under sin livstid och en bil står stilla under 23 av dygnets timmar, så visst finns det potential i att dela tillgångar med varandra i stället för att köpa egna. Miljövinsten i delande är att färre nya varor behöver produceras. Exempelvis är det en miljövinst om en person väljer att låna eller hyra en bil i stället för att köpa en själv. Men även delandet kan ha nackdelar.

– Man bör ställa sig frågan ”vad gör personen med de pengar som hon sparar på att inte köpa en egen bil?”. Kanske spenderar hon dem på en flygresä i stället? I så fall hade det ur miljösynpunkt varit bättre att köpa en egen bil och köra den sparsamt.

Hennes farhågor styrks av forskning. En amerikansk studie visar exempelvis att delandet av fordon har medfört att människor har börjat resa mer. Uthyrning av privatbostäder som alternativ till hotell kan förvisso ha en miljöfördel eftersom resurser, i detta fall tomma lägenheter, används mer effektivt. Samtidigt har det ökade intresset för att hyra andra personers hem vid en semesterresa minskat priserna för resande, med ett ökat resande och ökade utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser som följd. Lägenhetsinnehavare har även fått extrainkomster, vilket i sin tur har ökat deras möjligheter att konsumera.

En amerikansk studie har visat att ett av de ledande webb-verktygen för uthyrning av privatbostäder har genererat mer resande och därmed ökad miljöpåverkan, vilket går på tvärs mot företagets egen retorik om resurssparande.

– För att delningsekonomi ska ha miljönytta måste denna paras med övergripande samhällsstyrning i hållbar riktning. Exempelvis behöver korttidsuthyrning av lägenheter regleras och delning av fordon behöver paras med färre parkeringsplatser för privatbilar. Konsumtionsutrymmet behöver också minska för de grupper som överkonsumerar i samhället.

För detta behövs enligt henne förändringar i inkomst- och fördelningspolitiken men också skatteväxling där miljöbelastande varor och aktiviteter blir dyrare och miljövänliga verksamheter billigare. För att undvika att resurseffektivisering ”äts upp” av ökat konsumtionsutrymme är det också viktigt att produktivtetsvinster i högre grad tas ut i minskad arbetstid snarare än i ökade löner, betonar Karin Bradley.

Delandets ekonomi har ofta kommit att utmana befintliga regelverk och försäkringssystem, som är utformade efter privat ägande. Från offentligt håll har det också väckts frågor om hur delandets ekonomi ska bemötas, vilket inte är så konstigt. En studie från 2012 visade att delningsekonomi står för en sjättedel av USA:s bruttonationalprodukt och förväntas öka avsevärt till 2025.

Delandet börjar alltså bli en allt större del av ekonomin och sysselsätter allt fler personer, ibland som avlönat arbete och ibland mer informellt i form av bytes- eller gåvonätverk.

I Karin Bradleys forskning har hon kunnat se att den ickekommersiella delningsekonomi har positiva sociala och ekonomiska effekter för deltagarna, exempelvis att nya sociala relationer utvecklas och att samarbeten stärks i grannskapen.

– Samtidigt finns här en del utmaningar och problem, säger Karin Bradley.

Den informella delningsekonomi riskerar att minska skattebasen och kan också innebära osäkra arbetsvillkor, otydliga relationer och ansvarsförhållanden. De sociala trygghetssystemen är utformade efter olika slags anställningsformer, vilket kan ställa till problem för den mikroentreprenör som får sina intäkter från olika monetära eller icke-monetära källor. Flertalet forskare inom området betonar vikten av att trygghetssystem och regelverk formas om för att matcha den framväxande delningsekonomi.

– Med politik, regelverk och trygghetssystem som styr delandets ekonomi i en demokratisk och resursmedveten riktning kan detta bli en väg till ett mer hållbart samhälle, säger Karin Bradley.

Dagens företag tar stort miljöansvar

Från att ha sett klimatfrågan som något som världens länder har ansvar för, kliver näringslivet in på arenan. I dag är stora företag viktiga aktörer och Carina Lundberg Markow har länge drivit frågan om miljöarbete.

Carina Lundberg Markow utsågs till Sveriges miljömäktigaste 2015 av tidningen Miljöaktuellt. Hon är chef för ansvarsfullt ägande med ansvar för ägarstyrning på Folksam och 2008 utsåg tidskriften Passion for Business henne till Den bråkigaste kvinnan i näringslivet.

Under hösten 2014 stack Carina Lundberg Markow, chef för ansvarsfullt ägande på Folksam, ut hakan. Hon reagerade då på att en grupp företrädare från näringslivet i en debattartikel försvarade Sveriges samarbetsavtal på det militära området med Saudiarabien. ”Ovanligt att näringslivet samlar sig i politiska frågor. Det skulle vara tackamt om man visade samsyn i till exempel klimatproblematiken som förefaller vara en mer samtidskritisk fråga”, var hennes kommentar då. Ett drygt halvår senare är hon lika skeptisk.

– Jag tycker att det är märkligt att den första gången man tar samlad, politisk ställning så är det kring en sådan här marginell fråga. Är det så här de vill bli hågkomna av sina barnbarn? ”Vi tog ställning i en skitfråga men struntade totalt i klimatfrågan”, säger hon och fortsätter:

– Det ger inga pluspoäng. Jag vet att dessa personer har både kunskap och engagemang, men har de modet att lyfta klimatfrågan? Den dag motsvarande grupp människor uttrycker samma sak om klimatet ska jag fira med tårta och champagne!

Det finns de som hävdar att Köpenhamnsmötet lämnade ett vakuum efter sig där företag insåg att de måste ta större ansvar, något som Carina Lundberg Markow kan hålla med om.

– Personer i företag har nått en större mognadsgrad, mer än vad våra politiker har gjort. Men hållbarhetsfrågor i företag är också lönsamhetsfrågor.

Bland de företag som släpper ut mest koldioxid, exempelvis stål-, skogs- och fordonsindustri, finns enligt henne goda kunskaper om energieffektivisering, teknik och energiskatter. Investeringar i dessa typer av verksamheter sker utifrån långa perspektiv, något som gör att företagsledningen måste tänka långsiktigt.

– Styrelser och ledning i dessa företag är mycket medvetna om vad en varaktig temperaturförhöjning skulle innebära för den egna verksamheten och denna typ av riskbedömning ingår i den långsiktiga omvärldsbevakningen.

Många industrier har också högutbildade anställda med naturvetenskaplig bakgrund och avancerade utbildningar i botten. Enligt Carina Lundberg Markow är utbildningsnivån och förmågan att ta till sig forskningsresultat en viktig faktor som det inte talas så mycket om.

– Svenska politiker saknar ofta denna gedigna utbildningsbakgrund. Politiker skolas också mer i taktiska överväganden än i långsiktigt strategiska frågor, säger hon.

Det företag hon arbetar för, Folksam, är ett försäkringsbolag som i sig har ett egenintresse av att agera i klimatfrågan. Redan under 1990-talet började företaget titta på återförsäkringar, alltså att sakförsäkringsföretag i sin tur försäkras sig via så kallade återförsäkringar. År 1997 skrev Folksam i sin vision att företaget skulle verka för ”ett långsiktigt hållbart samhälle”.

– Men långt in på 2000-talet var det fortfarande som att prata med en vägg när vi ville tala om hållbarhetsfrågor med våra branschkollegor. Det tog ett tag innan andra bolag följde efter, men nu har kollegorna på marknaden hämtat in. För tio år sedan hörde jag hela tiden personer som sa att klimatfrågan var en bluff, men det hör jag aldrig längre, säger Carina Lundberg Markow.

Internationellt var det danska företagare som under mitten av 2000-talet var föregångare, då de initierade en rad branschöverskridande sammankomster inför Köpenhamnsmötet. En anledning är att Danmark är extra utsatt för en havsnivåhöjning.

– Detta tillsammans med erosion, stormar och extremväder har gjort att Danmark tagit tag i klimatfrågan på ett resolut sätt, bland annat med krav på förebyggande arbete i kommunerna och ett nationellt mål om att bli koldioxidneutrala 2050, säger Carina Lundberg Markow.

Även i flera asiatiska länder som Kina, Japan och Sydkorea har det, enligt henne, hänt mycket de senaste tio åren.

– De förbereder sig, då de är mer utsatta för klimatförändringarnas verkningar. Det finns en vilja till utveckling som vi måste respektera.

Carina Lundberg Markow representerade Folksam, som enda svenska aktör, i arbetet med att ta fram *Principles for responsible investments, PRI*.

Tillsammans med 16 andra stora institutioner blev de 2005 inbjudna av FN:s dåvarande generalsekretäre Kofi Annan för att ta fram riktlinjer för ansvarsfulla investeringar.

– Folksam blev utvalda att delta för att vi var tydliga och för att vi inte använde miljöfrågan i vår marknadsföring. Det har vi drivit starkt i arbetet med PRI, att hållbar utveckling inte ska vara en marknadsföringsfråga. I stället ska miljöfrågan ingå som en naturlig del i vårt dagliga arbete, säger hon.

Arbetet lanserades 2006 i form av sex principer. Enkelt förklarar det om att de ingående företagen ansluter sig till hållbarhetsvärden och även redovisar utfallet av ett antal mätvärden.

– Regeln är ”följ eller förklara”, vilket innebär att företagen ska leva upp till kraven, och om man inte gör det, förklara varför de har misslyckats. Det skapar dynamik. Många stora fondförvaltare har gått med, de kanske inte klarar allt men de är på väg, säger Carina Lundberg Markow.

Ett regelverk av denna typ är ett steg i rätt riktning. Däremot tycker hon inte att kraven från staten på den finansiella sektorn bör vara hårdare, men lyfter vikten av krav på rapportering.

– Lagstiftning är effektivt men kan bli stelt och svårt att anpassa till riktig produktivitet. Hittills har vi själva i branschen ofta varit snabbare än vad som krävts. En enkel åtgärd är att öka kraven på

rapportering och transparens – då blir det tydligt vilka som inte gör någonting. Det går att få till via lagstiftning, men det sker även av sig självt i dag.

Enligt Carina Lundberg Markow är stora företag generellt bättre på miljöarbete eftersom de har system för strategiska frågor men också kompetens för att hantera dem. Men att titta på branscher säger inte så mycket, menar hon.

– De med låg risk behöver kanske inte göra så mycket. Det är lätt att generalisera, men oljebolag kan exempelvis inte genomföra förändringar snabbt, utan en omställning kan ta upp till 40 år. För andra företag kan det ta sex månader, så man måste se till typen av företag, säger hon.

Det har också visat sig att företag med ett systematiskt hållbarhetsarbete lättare blir förlättna vid miljöskandaler, eftersom de har större beredskap för att hantera problem.

– Företagets renommé skadas ett tag, men de återfår sitt förtroende snabbare än de som har varit dåligt förberedda. Människor verkar ha överseende med att ”shit happens” och företag som är förberedda har trots allt gjort vad de har kunnat för att förebygga situationen.

Men hur ser Carina Lundberg Markow på framtiden, finns det anledning att vara optimistisk?

– Jag är pessimist. Jag ser väldigt negativt på utvecklingen. Vi har bara sett början på klimatföränd-

ringarna och det som skrämmer mig mest är det vi inte kan förutse. Addera klimatproblem till andra globala problem – jag är orolig att vi låter det gå för långt.

Dramatiska energiomställningar krävs

Vi behöver minska våra koldioxidutsläpp drastiskt för att vara säkra på att nå tvågradersmålet. Enligt beräkningar måste utsläppen då i genomsnitt minskas till omkring ett ton koldioxid per person och år. För att lyckas krävs dramatiska energiomställningar, där en viktig faktor, enligt Fredrik Hedenus, är solenergin.

Fredrik Hedenus är docent vid Institutionen för Energi och miljö vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Hans forskning handlar om strategier för att minska klimatpåverkan från energi och matproduktion.

O m ett ton utsläppt koldioxid per person och år är målet, ligger vi i dag långt därifrån. En genomsnittlig svensk släpper ut nästan tio gånger så mycket. De fem posterna mat, boende, transporter, övrig shopping samt offentlig konsumtion (alltså de utsläpp som kommer från offentlig verksamhet, som skola, sjukvård eller vägbyggen), är ungefär lika tunga och står för mellan 1,7 och 1,9 ton koldioxidutsläpp vardera.

Fredrik Hedenus, docent i Energi och miljö vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg, berättar om *One tonne life*-projektet. Där fick en familj bo i ett plusenergihus, vilket innebär ett hus som producerar mer energi än vad det använder, och de försågs även med elbil. Därefter mättes hur det gick för dem att minska sina utsläpp.

– De hamnade på ungefär tre ton koldioxid per person och år, vilket är en bit från målet. Men det beror delvis på att det finns en del inbyggda utsläpp som är svåra att komma undan, exempelvis när vi handlar varor som tillverkats på ett koldioxidkostsamt vis eller utsläpp från offentlig konsumtion. Dessa är svåra att frigöra sig från i dag, säger han.

Fredrik Hedenus beskriver i korta drag vad som krävs för den energiomställning som behöver göras för att det ska gå att nå målet.

– Vi måste, i stor skala, använda minst en av dessa tre: solenergi, kärnkraft eller fossila bränslen där vi

tar hand om koldioxiden med hjälp av CCS, alltså Carbon Capture and Storage, koldioxidavskiljning och lagring, säger han.

Själv har han bedrivit forskning om kärnkraft, som har fördelen att inte släppa ut några växthusgaser. Energislaget dras dock med andra miljörisiker, som risken för radioaktiva utsläpp vid olyckor samt avfallshanteringen.

– I dag är kärnkraft dessutom dyrt på grund av ökade säkerhetskrav, och eftersom varje land har egna regler och förutsättningar blir byggnadsprojekten som att varje gång bygga en ny Öresundsbro, jämfört med exempelvis vindkraftverk som fungerar ungefär likadant överallt, säger han.

Dessutom innebär ökad förekomst av kärnkraft även ökad tillgång till materiel och kunskap, som i värsta fall skulle kunna omsättas i kärnvapen.

– Jag skulle ändå vilja påstå att kärnkraft av allmänheten upplevs som mer farlig än den egentligen är, säger Fredrik Hedenus.

Ett sätt att mäta detta är via beräkningsmodeller som beskriver antal dödade per producerad kilowattimme och där det går att ranka olika energislag. Dödsfallen kan exempelvis bero på olyckor, som vattendammar som brister.

– Här ligger kärnkraft lägre än solenergi, där den största posten är när människor ramlar ner från tak då de ska installera solpaneler. I topp ligger

kolkraft med både gruvolyckor och de partiklar som bildas vid förbränning och som påverkar andningen, säger han.

Tillsammans med kollegor skriver han i den Chalmersutgivna e-boken *Systems Perspective on Renewables Power*, om skillnaden i tillgång för olika former av förnybar energi. I kapitlet *Are renewable energy resources large enough to replace non-renewable energy?* slår forskarna fast att solenergin har absolut störst potential.

I dag utnyttjas solenergin till mycket liten del jämfört med vad som strålar in mot jorden, samtidigt som det finns både teknik och socioekonomiska förutsättningar för att använda den i betydligt större skala. Enligt deras beräkningar skulle det räcka att fånga in en mängd motsvarande en procent av solstrålningen under ett dygn för att täcka hela jordens energibehov under ett år.

– Här finns möjligheter att skala upp användningen 10 000-tals gånger, jämfört med vindkraft där vi kanske kan använda tio gånger mer än i dag, säger Fredrik Hedenus.

Det är också solenergin som driver vindkraften, eftersom det är temperaturskillnader som gör att luften flyttar på sig. I debatten har det dock framförts argument om att sol- och vindkraft är osäkra energikällor, då de bara finns tillgängliga ibland, ”när det är rätt väder”. Enligt Fredrik Hedenus

finns det tre principiella sätt att komma runt detta. Ett sätt är att skifta om så att elektricitet används när den finns tillgänglig, något som kallas att skifta last. Det kan innebära att huset värms upp när tillgången på energi är god, och att den värmen sedan lagras i huset.

Det andra sättet är att utnyttja att det vid olika tidpunkter är soligt och blåser på olika platser.

– Här behöver man koppla ihop större regioner, över tidszoner, och bygga överföring för elektricitet mellan olika platser, säger han.

Det tredje sättet är att energin lagras, genom att till exempel trycka ihop luft som pumpas ner i gamla gruvor. När luften släpps ut igen får man tillbaka energin via vindkraftverk i gruvöppningen. Elektricitet kan också lagras i batterier.

– Dessutom behövs någon form av ”gap filling”, alltså att man på kort sikt kan täcka upp för behovet, och här är en variant att använda gaskraftverk som är billiga, enkla och snabbt går att reglera upp och ned, säger Fredrik Hedenus.

Förutom de tre energislag som enligt Fredrik Hedenus har stor potential – solenergi, kärnkraft eller fossila bränslen med CCS – finns förstås även andra energislag, som geotermisk energi, vågkraft, bioenergi från biomassa eller vattenkraft. Dessa kan dock, totalt och globalt, ge betydligt mindre energibidrag. Det betyder dock inte att de inte är viktiga lokalt.

– I Sverige där vi har både våra älvar och vår energiskog skulle vi nog kunna klara oss utan de tre, men så ser det ju inte ut globalt, säger Fredrik Hedenus.

När det gäller biomassa måste man också, enligt honom, ställa sig tre frågor.

– Hur mycket skog vill vi hugga ner? Visst kan vi använda hela Amazonas yta, men det skadar den biologiska mångfalden. Hur snabbväxande bioenergi kan vi få fram? Och vad ska vi äta, eller snarare, hur mycket odlingsmark behövs för att få fram livsmedel? En lakto-vegetarisk kost kräver exempelvis hälften så mycket jordbruksmark som en genomsnittskost i dag. Här riskerar vi att hamna i mållkonflikter, säger han.

Om man bara ser till begreppet primärenergi, alltså den energi som vi använder, behöver vi den till olika saker: ren el, för att exempelvis driva våra datorer och annan teknik, energi för transporter, energi för att driva industrin och slutligen energi för uppvärmning. För dessa olika syften ställs olika krav.

– För transporter krävs något slags bränsle som kan lagras i fordon, som bioenergi, vätgas eller el – om man har bra och billiga batterier, medan det för uppvärmning kan duga med restvärme från industrin som kan användas som fjärrvärme, eller värme alstrad från solpaneler, säger han.

Utöver energiomställning är energieffektivisering en viktig del för att nå målet. Här handlar det både om hur vi tillför energi och hur mycket som används,

där det sistnämnda är beroende både av tekniken och av människors beteende. På engelska används begreppet ”rebound effect”, som innebär att effektivisering inte självklart behöver leda till lägre energianvändning.

– Om vi byter en glödlampa mot en LED-lampa går det åt mindre energi, men byter vi en glödlampa mot en massa nya LED-lampor och ljusslingor hamnar man i ungefär samma läge som initialt, säger han.

Ett annat exempel är en modern bil, som i dag drar en halv liter bensin per mil.

– Men det gjorde en Morris på 1930-talet också. Så vad har teknikutvecklingen gett? Jo, en tyngre bil, snabbare acceleration, air condition, kupévärmare och radio. Vi har fått ett ökat tjänsteuttag, inte minskad energianvändning för att transportera oss den där milen, säger han.

För att samhället ska lyckas ställa om, vilket innebär att använda andra energislag än i dag och även minska de mängder som används, behövs olika styrmedel.

– Forskare är i dag överens om att det måste kosta att släppa ut koldioxid, exempelvis via en koldioxidskatt. Det är ett sätt att straffa ut de dåliga alternativen, säger han.

Den svenska koldioxidskatten ligger på en krona kilot, vilket motsvarar 1 000 kronor per ton. Inom EU:s system med utsläppsrätter ligger priset på koldioxid på den betydligt lägre nivån 50 kronor per ton.

– Det är ett fundamentalt problem. För att ny teknik, exempelvis inom förnybara bränslen, ska utvecklas krävs stora investeringar och att någon tårs ta de finansiella riskerna. Därför bör man kombinera skatten med subventioner av de energislag som man vill gynna, säger han.

Här exemplifierar Fredrik Hedenus med det system i Tyskland där man använder så kallade inmatnings-tariffer. Dessa innebär att enskilda och företag som installerar solceller och vindkraftverk får sälja överskottsenergin till ett fast pris under 15 år, vilket gör att investeringen går att räkna hem.

– Här har man skapat en nischmarknad för förnybar energiproduktion som också innebär att man i större skala testar hur väl denna fungerar.

I Sverige används ett annat system som innebär handel med gröna certifikat, och som kort beskrivet kan sägas gynna bioenergi och vindkraft, men solenergi i lägre grad.

Enligt Fredrik Hedenus behöver styrsystemen fungera genom att ”människor gör rätt av fel orsaker”, eftersom upplysning inte räcker hela vägen.

– Det krävs att det är lätt att göra rätt för människor när det handlar om deras vardagsval. Att staten säger till medborgaren att ”ta det billigaste som du brukar, det blir bra”, men att det billigaste är just den energiform, eller den mat, som är bäst ur klimatsynpunkt, säger han.

Vägen till fossilfria transporter

I Sverige finns ett politiskt mål om en fossilfri fordonsflotta till 2030 och Thomas B. Johansson utredde hur detta skulle kunna uppnås. Förslagen inbegrep exempelvis styrmedel som gynnar effektiviseringar, elektrifiering och övergång till biodrivmedel.

Thomas B. Johansson var tidigare chef för Internationella Miljöinstitutet i Lund och även en av två vice ordförande för Exekutivkommittén av Global Energy Assessment. För regeringen var han särskild utredare och presenterade 2013 ett betänkande om en fossilfri fordonsflotta, kallad Fossilfrihet på väg (SOU 2013:84).

Globalt ligger transporter bakom ungefär 14 procent av växthusgasutsläppen, medan siffran för svenska förhållanden är högre, 32 procent. Att i ljuset av klimatutmaningarna se till att minska dessa utsläpp är därför mycket viktigt. Thomas B. Johansson är professor emeritus och var tidigare chef för Internationella Miljöinstitutet i Lund. Från regeringen fick han frågan om att vara särskild utredare av hur fordonsflottan skulle kunna göras fossiloberoende, ett mål som är tänkt att uppnås 2030. Det är en del av visionen att vi i Sverige till 2050 ska ha ett energisystem helt utan utsläpp av växthusgaser. Thomas B. Johansson tvekade inte att anta erbjudandet.

– Vi hade då just avslutat arbetet med att sammanställa rapporten *Towards a sustainable future*, slutrapporten från Global Energy Assessment, där jag var en av huvudredaktörerna. Jag tyckte att det arbetet var en bra utgångspunkt, och jag såg också att utredningsdirektiven gav utrymme för ett brett angreppssätt, säger han.

En viktig insikt från arbetet med GEA-rapporten var att se på energiområdet som ett handlingsområde för att uppnå fördelar inom många områden samtidigt.

– I stället för att fokusera bara på klimatfrågan kan man bredda perspektiven till att även omfatta luftföroreningar, tillförseltrygghet, ekonomi i bred mening eller några andra av de många fördelar som

följer av energieffektiviseringar eller övergång till förnybara energikällor, säger han och fortsätter:

– Detta synsätt innebär att förvandla en långsiktig global utmaning, till i tiden näraliggande lokala utmaningar, men med i stort sett samma lösning.

Användning av fossila bränslen ligger exempelvis bakom många dödsfall bland kvinnor och barn som en följd av att man vid matlagning exponeras för oförbrända kolväten.

– Det är också utsläpp från fossila bränslen i världens storstäder som ligger bakom de luftföroreningar som skördar miljontals liv varje år, så det finns poänger utöver klimatet med att minska det fossila inslaget, säger han.

Transportområdet är hett i dag och kännetecknas av många nya innovationer. De nya elbilarna är en sådan, de minskar utsläppen kraftigt, särskilt när elsystemet i stort sett är fossilfritt. I Norge uppmärksammades under våren 2015 att man sålt sin femtio-tusende elbil.

– Ett incitament att byta till en elbil var att man inledningsvis fick fri parkering och även tillåtelse att använda kollektivtrafikfilerna i Oslo. Det har tyvärr gjort att dessa korkar igen, något som vi förutsåg och därför inte hade med som ett förslag i vår utredning, säger Thomas B. Johansson.

Han nämner även hur företaget Preem har kommit långt när det gäller att skapa bränsle från skogsråvara.

Här används lignin som råvara, en kolväteförening som bygger upp växternas hårda cellväggar, och som går att omvandla till råvara för vanliga raffinaderier.

Det finns även en rad nya idéer om hur man kan använda trådbussar, med batterier som laddas upp och som tar bussen förbi korsningar. Ett sådant exempel finns i Landskrona där trådbuss trafikerar sträckan mellan järnvägsstationen och centrum.

Utvecklingen har även fört med sig nya sätt att ladda fordonsbatterier, som laddplattor i gatan som slås på just när bussen passerar, något som enligt Thomas B. Johansson utvecklats i Sydkorea. Och i Malmö används de så kallade superbussarna. Dessa är dubbelt så långa som vanliga bussar, med fyra dörrpar som tillåter passagerarna att snabbt ta sig av och på.

– Man kliver av och på vid en perrong i gatan och detta är ett lyckat exempel på bus rapid transit, BRT, som är en växande trend, säger han.

Utredningen *Fossilfrihet på väg* blev klar i december 2013 och i denna presenterades en rad olika förslag, sammanlagt ett hundratal åtgärder.

– Där fick vi en del kritik av de som hade hoppats att vi skulle presentera en enda eller några få åtgärder, men som alltid handlar det om att man måste kombinera olika åtgärder, säger Thomas B. Johansson.

Enligt honom var huvuddelen av de 115 remissvaren i stort sett positiva.

– Utom nationalekonomerna förstås, som inte tyckte att förslagen om statliga åtgärder var samhällsekonomiskt försvarbara. De vill inte att staten ska lägga sig i eftersom de tycks ha en övertro på att marknaden ska lösa alla problem, något som marknaden inte har visat något större intresse av. Vill man spetsa till det kan man säga att de verkar vilja att om det nu ska gå åt pipan, så ska det göra det på ett kortsiktigt ekonomiskt försvarbart sätt, säger han.

Huvuddelarna i utredningen var att verka för att få landets fordonsflotta att bli fossilfri genom energieffektivisering, elektrifiering samt att på olika vis lyfta användningen av förnybara biobränslen. Lösningarna inbegrep satsningar på ny teknik, men även olika styrmedel och sätt att skapa bestående beteendeförändringar. Här är en del att känna in de trender som finns, exempelvis det faktum att unga tar körkort senare.

– Förr var det status att äga en bil och bilen var en viktig frihetssymbol. I dag finner unga sin frihet i mobilen i stället.

Just digitalisering kan minska den energiförbrukning som resor innebär, där en trend är ökad e-handel. Thomas B. Johansson nämner också ett företag i kommunikationsbranschen som skärpte sin resepolicy och då kunde minska resandet med 78 procent.

För ökad energieffektivisering föreslog utredningen två alternativa paket med karaktär av bonus-malus, som innebär att via ekonomiska styrmedel både belöna och bestraffa. Båda paketen innehåller delar som stimulerar marknaden för alternativdrivna fordon, som elbilar, laddhybrider, eller fordon som drivs med gas och etanol. Man föreslog även energimärkning av personbilar och lätta lastbilar och en miljölastbilspremie.

Andra effektiviseringar av transportsystemet som behandlades var investeringar för att öka utnyttjandet av spårbunden trafik och kustsjöfart. Samhällsplanering, framför allt stadsutbyggnaderna som är på gång, har också stor betydelse och kan minska efterfrågan på transporter.

När det gällde satsningar på elektrifiering gav utredningen bland annat förslag på att kommuner skulle kunna åläggas att bygga eller förbereda för laddplatser i samband med nyanläggning av parkeringsplats.

– För att det ska gå att använda elbil måste man kunna ladda den där den står nattparkerad, säger Thomas B. Johansson.

Utredningen föreslog även statligt stöd till normalladdning, utredning om stöd till snabbaddning, samt statlig medfinansiering till elektrifiering av kollektivtrafik. Ett annat förslag var innovationsupphandlingar av korta sträckor av elektrifierad väg som skulle kunna utgöra underlag för framtida beslut om

elektrifiering av delar av vägnätet. Dessutom skulle helelektriska lätta lastbilar och tunga miljöfordon slippa betala trängselskatt.

Det tredje benet var omfattande satsningar på biobränsle, och här föreslog utredningen bland annat en ökad kvotplikt.

– Det innebär att den andel biobränsle som ska ingå i drivmedel gradvis ökas från de tio procent vi har i dag, med målet att närma oss 100 procent. Förslaget var en vidareutveckling av det förslag från Sverige som inte godkändes av EU, säger Thomas B. Johansson.

För att få fram ny teknik och nya råvaror föreslog man även en prispremiemodell, ett regelverk för att stödja tillverkning av biodrivmedel från vissa råvaror.

– Denna modell har dock motarbetats av ekonomerna, där man bland annat hävdar att det skulle strida mot EU:s statstödsregler och till och med mot grundlagen, något som utredningen var noga med att undvika, säger han.

Thomas B. Johansson tror också att det skulle vara av värde att införa ett Klimatråd, med inspiration av det nationella trafiksäkerhetsråd som dåvarande Vägverket bildade i mitten av 1990-talet.

– Här skulle alla berörda parter kunna ingå, från företrädare för Sveriges kommuner och landsting, till berörda branscher och representanter för akademi och forskning.

Sammanfattningsvis, betonar Thomas B. Johansson, går det att även här se en rad fördelar med fossilfri fordonsflotta, förutom minskad klimatpåverkan. En sådan fördel är förbättrad tillgänglighet, eftersom antalet bilar minskar. Mindre luftföroreningar och att människor i högre grad går och cyklar ger i förlängningen bättre folkhälsa. Minskad bilanvändning ger ökat underlag för kollektivtrafik och mindre mark behöver tas i anspråk för transporter. Dessutom ökar trafiksäkerheten på grund av minskade hastigheter i trafiken.

– En ytterligare fördel är att det finns möjlighet till fler arbetstillfällen i bioenergisektorn, jobb som dessutom är svåra att flytta utomlands, säger Thomas B. Johansson och fortsätter:

– En fossilfri fordonsflotta till 2030 är möjlig och kan realiseras genom en kombination av åtgärder som minskar drivmedelsbehovet och går över till förnybara energislag. Detta vore en viktig del av ett Sverige 2050 utan nettoutsläpp av växthusgaser.

Vi behöver släppa bilfixeringen

Kollektivtrafik och bra förutsättningar för att cykla och gå, så ska vi minska beroendet av biltrafik i städerna. Men för att skapa förutsättningar för detta behöver klimatfrågan, enligt Karolina Isaksson, vara en central utgångspunkt i transportplaneringen.

Karolina Isaksson är forskningsledare vid Statens väg- och transportforskningsinstitut, samt adjungerad professor vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm.

Karolina Isaksson, forskare vid Statens väg- och transportforskningsinstitut, pekar på hur stor del av klimatutsläppen som transporter genererar.

– Beräkningar visar att inrikes transporter ligger bakom ungefär en tredjedel av klimatpåverkande utsläpp i Sverige. Räknar man även in utrikes sjöfart och flyg blir siffran 47 procent. Så det krävs genomgripande förändringar, säger hon.

Hennes forskningsfokus ligger på persontransporter och hon pekar på att utmaningarna ser olika ut beroende på om människor bor i städer eller glesbygd.

– Det går att se enklare lösningar i städer, exempelvis vad gäller kollektivtrafik, så det är där vi får börja förändringen – man får plocka de lägst hängande frukterna först.

I sin forskning har hon undersökt beslutsprocesser och bland annat studerat Förbifart Stockholm, en ny motorvägsförbindelse mellan Stockholms norra och södra delar. Här såg hon en rad brister, där den mest graverande är att klimatmålen inte gavs någon tyngd i den utredning som ligger till grund för projektet.

– I stället för att förutsättningslöst diskutera problem och målsättningar, exempelvis behov av att öka tillgängligheten mellan stadens olika delar, låste dåvarande Vägverket tidigt fast sig vid att lösningen är en bilväg.

Förbifart Stockholm baserades på en vägutredning som gjordes under de tidiga åren på 2000-talet.

Klimatmålen fanns med som en av flera dimensioner, men avgjorde inte vilket alternativ som ansågs vara det bästa. Karolina Isaksson beskriver hur man tvärtom valde att gå vidare med ett av de två alternativ som bedömdes generera kraftfullt ökade klimatutsläpp. Det utredningsalternativ som var mer kollektivtrafikbetonat valdes inte, enligt henne sannolikt till stor del på grund av att det inte var något särskilt väl genomarbetat alternativ, jämfört med de två vägalternativ som utreddes och som hade utretts även tidigare.

– Det visar på vikten av att få med fler kompetensområden redan från början i processen, och att låta personer med kunskap inom klimat och andra hållbarhetsfrågor finnas med i planeringsprocesserna i de allra tidigaste skedena, då de avgörande besluten ofta tas. I dag är det i stället ofta så att agendan redan är satt när det är dags för ett planeringsprojekt att miljögranskas, säger hon.

Karolina Isaksson kunde också se att det i projektet fanns begränsat utrymme för den sociala dimensionen, exempelvis vad gäller miljörättvisa.

– De delar av vägen som går i ytläge, och som orsakar mest lokalt intrång i form av buller och luftföroreningar, går genom några av Stockholms fattigaste områden, medan stora resurser har lagts på att dra vägen i tunnel i andra områden, säger hon och fortsätter:

– Generellt styrs transportplanering av klassisk ingenjörskonst. Sociala perspektiv och miljöfrågor tenderar att komma i skymundan i planerings- och beslutsprocessen.

Det tanksätt som genomsyrar Förbifart Stockholm har sina rötter i 1950- och 1960-talets trafikplanering. Det var en tid då det ännu inte fanns så mycket kunskap om bilismens negativa effekter för stadsbild, trafiksäkerhet och miljö. Enligt Karolina Isaksson är privatbilism fortfarande norm i samhällsplaneringen.

– Visst finns det i dag en medvetenhet om bilismens problem för klimat och hållbar utveckling, men det framstår ofta som om det går att lösa allt med ny teknik, exempelvis nya drivmedel, förbättrad avgasrening och snålare bilar, säger hon.

Enligt henne visar samtida forskning att teknikutveckling är viktigt, men långtifrån tillräckligt, för att lösa transportsektorns klimatpåverkan. Det krävs även en övergång till mer yt- och energieffektiva transporter, exempelvis cykel och kollektivtrafik, och det är just i städer som potentialen för detta är som störst.

Karolina Isaksson menar att det behövs nya idéer och målbilder för framtiden.

– Att ställa om till ett hållbart transportsystem handlar inte bara om uppoffringar utan också om att skapa bättre livsmiljöer för dagens och morgondagens generationer. En viktig uppgift för både

forskning och politik handlar om att formulera idéer och visioner för framtidens hållbara livsmiljöer och transportsystemets roll däri.

I dag märks en positiv trend – unga storstadsbor tycks inte vara lika intresserade av egen bil som tidigare.

– De är mer öppna för delningsekonomi och andra lösningar. Det är viktigt att ta fasta på detta och använda det som en resurs i omställningen till ett hållbart transportsystem.

Hon nämner flera studier som visar att bilinnehav och bilanvändning under de senaste åren har sjunkit hos framför allt yngre delar av befolkningen i flera rika västländer. Men det är svårt att få en sammanhängande bild av läget och det tycks finnas en del motstridiga tendenser. Exempelvis ökade nybilsförsäljningen i Sverige under 2014 och det gjorde också bilresandet, räknat i ”personkilometer”.

– Så även om vi skulle få ett skifte till renare bilar, har vi kvar problem med ökad energiåtgång och trafikträngsel, säger hon.

Hon pekar på att dagens trafiksituation är ett resultat av politiska beslut, där det under 10–15 år funnits ett starkt fokus på ökad mobilitet.

– Ett exempel är satsningar på regionförstoring, som innebär att människor förväntas pendla långa sträckor mellan bostad och arbete varje dag. Många har i dag ett vardagsliv som kännetecknas av komplexa resekedjor, där flera olika målpunkter ska nås

under dagen, exempelvis i samband med arbete, inköp, fritidsaktiviteter och för många även hämtning och lämning av barn i förskolor och skolor på olika ställen, säger hon.

Karolina Isaksson betonar vikten av smidiga, smarta, energi- och yteffektiva persontransportlösningar.

– Just ytanvändningen är en viktig aspekt, eftersom en bil i genomsnitt bara står still och tar plats 95 procent av tiden, och då blockerar ytor som annars skulle kunna nyttjas för bostäder, grönområden, odling och olika former av gemensamma ytor, säger hon.

Cykeln är viktig, men för att det alternativet ska vara attraktivt behövs en mer aktiv cykelpolitik.

– Fortfarande är cykelns roll underutnyttjad. Den ses ofta inte som ett centralt transportmedel, men det finns exempel på hur detta kan ändras.

Ett gott exempel går att hitta i Malmö som brukar framhållas som en av Sveriges främsta cykelstäder. Där har kommunen satsat på cykelbanor som är tydligt utmärkta och god tillgång till cykelparkering, till exempel ett stort cykelgarage vid tågstationen. I Malmö finns möjlighet att låsa in sin cykel, men även toalett, lounge och cykelverkstad.

– Här har man verkligen tänkt till!
Utanför Sveriges gränser används ofta nederländska städer som goda exempel, exempelvis Groningen.

– Där är cykeln norm. Men det har inte uppstått av sig självt utan är resultatet av ett genomtänkt arbete med cykelinfrastrukturen och en konsekvent prioritering av de hållbara transportslagen i stadens trafiksystem, säger Karolina Isaksson.

Förutom cykeln är kollektivtrafik en viktig del för funktionella persontransporter. Här anses Stockholm internationellt vara ett lyckat exempel, med hög grad av kollektivtrafikutnyttjande jämfört med andra storstäder.

– Det finns studier som visar att ekonomisk utveckling i en region ofta har lett till hög biltrafikandel. I internationella jämförelser är Stockholm ett exempel på att det inte måste vara så. Tidigare decenniernas medvetna bebyggelse- och transportplanering skapade förutsättningar för en hög kollektivtrafikandel. Det är viktigt att hålla fast vid denna kunskap i den fortsatta utvecklingen av stadens transportsystem, säger hon.

För att människor ska välja att åka kollektivt bör denna vara kapacitetsstark och effektiv. Traditionellt framhålls spårbunden kollektivtrafik som det mest attraktiva för resenären. Tunnelbana tar tid att bygga och är dyrt, men är samtidigt oslagbart när det gäller framkomlighet. Spårväg har fördelen att ha högre kapacitet jämfört med bussar, samtidigt som de prioriteras i trafiken då de har egna spår.

– Spårvagn ger också en känsla av stabilitet. Om det dras spårväg till ett nybyggt område kan man lita på att de kommer att användas, medan busslinjer är lättare att dra in eller ändra. En fördel med buss är dock att det är betydligt billigare. Det finns i dag många intressanta initiativ för kapacitetsstarka busslinjer som är mer ”spårvagnslika”, alltså med prioriterade körfält och anpassade trafikljus, säger Karolina Isaksson.

Hon beskriver vikten av styrmedel för att göra hållbara trafikslag mer attraktiva, som trängselskatter eller att sätta parkeringsavgifter på en nivå som speglar den faktiska kostnaden för den mark som tas i anspråk. Innovationer kan också bidra till minskat bilåkande, exempelvis nya, digitala lösningar.

– Det skulle kunna handla om flexibla trängselskatter som ökar när det i realtid går att se att trafiken korkar igen, eller att med hjälp av appar stimulera nya samåkningsmöjligheter för att frigöra kapacitet. Här pågår många intressanta forskningsinitiativ som blir viktiga att följa resultaten av.

I dag ses bilen ofta som en självklar bas i städers trafikslagshierarki, kompletterad med kollektivtrafik, cykel och gångtrafik. Karolina Isaksson anser att den ordningen behöver ändras.

– Vi behöver släppa bilfixeringen och satsa på yt- och energieffektiva lösningar som har en reell möjlighet att bidra till hållbar utveckling och minskade klimatutsläpp. Vi människor är vanedjur, men jag tror att

med puffar i rätt riktning är många öppna för förändringar. Särskilt om vi också visar fler exempel på hur minskad biltrafik leder till en mer attraktiv stad i stort, med mindre buller, färre olyckor och ökad tillgänglighet för fler, säger hon.

Bakterier som gör bensin

Ett steg i riktning mot den önskvärda energiomställning där fossila bränslen ersätts av förnybara är också innovationer. En sådan arbetar Mathias Uhlén med. Hans projekt är att i framtiden få cyanobakterier att tillverka bränsle av solljus, koldioxid och vatten.

Mathias Uhlén är professor i mikrobiologi vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm och under åren 2010–2015 var han VD för Science for Life Laboratory.

De flesta har sett dem, de encelliga organismer som förvandlar Östersjön till en gröngul sörja när de blommar. Dessa organismer är cyanobakterier och Mathias Uhlén, professor i mikrobiologi vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm, tror att de har framtida potential att försörja oss med energi.

– Vi har programmerat om deras arvs massa så att de i stället för grönt klägg ska tillverka bränsle. Poängen är att de då använder solljus, vatten och koldioxid, vilket innebär att det blir ett koldioxid-neutralt bränsle, till skillnad från dagens oljeprodukter som utvinns ur fossila lager, säger han.

Det är cyanobakterier i familjen *Synechocystis* som forskarna använder i sina försök. Genom att förändra en del gener har man justerat cyanobakteriens ämnesomsättning. Normalt tillverkar de socker, men nu har forskarna i stället fått dem att tillverka andra molekyler som i förlängningen kan användas som bränsle. Det handlar om avancerad ingenjörskonst med många, små steg som måste fungera ihop i en hållbar kedja. I dagsläget kan de genetiskt modifierade cyanobakterierna tillverka flera olika bränsleslag: bensin, etanol, butanol, alkener (som kan användas som raketbränsle) samt biodiesel.

Mathias Uhlén betonar dock att det än så länge handlar om mycket små mängder.

– Det vi har gjort hittills är av typen ”proof of principle”, alltså att visa att det är möjligt. Nu måste

mycket arbete till för att omsätta detta i kommersiellt relevanta system, säger han.

Då skulle det exempelvis behövas att bakterierna tillverkar bränsle i gram-mängder, något som Mathias Uhlén ser som möjligt.

– Vi har redan tusenfaldigt detta steg. I början låg halterna på några miljondels gram bränsle per liter cyanobakterier, i dag räknas utbytet i milligram, säger han.

Ett annat problem, förutom mängden, har varit att bakterierna inte mår bra av att bränslet lagras inuti dem. Detta bör också gå att lösa, och Mathias Uhlén hänvisar till vinindustrin.

– I början dog jästsvamparna när alkoholhalten nådde 12–14 procent, men nu kan de anpassa sig och fungera för viner med uppåt 18 procents alkoholhalt, säger han.

En utmaning är alltså att få cyanobakterierna att tillverka så pass mycket bränsle att detta går att avskilja från den omgivande vätskan. Det är principiellt möjligt eftersom bränslet separeras, då det inte är vattenlösligt.

Mathias Uhlén påpekar att det som avgör om produkten så småningom kan bli kommersiellt gångbar är tillverkningskostnaden. Han beskriver ett framtida scenario där bakterierna kan odlas på enkelt vis, exempelvis i någon form av ”plastpåsar”.

– Jag ser för mig att bakterierna binds till plasten så att vatten kan flöda över dem, och att det i andra änden går att få ut produkten, säger han.

Att tillverka bensin från cyanobakterierna har den stora fördelen att det går att använda befintlig infrastruktur. Och eftersom bakterierna binder koldioxid från atmosfären i exempelvis bensin kan detta också vara en möjlig koldioxidsänka.

Skulle hans vision om cyanobakterier som tillverkar bränsle bli verklighet är det en cirkel som sluts. Det var just cyanobakterier i de tidiga världshaven som började omvandlade jordens koldioxidatmosfär till en syreatmosfär för två miljarder år sedan. Och de lager som i dag används för att ta fram råolja består av gamla havsbottnar med fossiliserade cyanobakterier.

Mathias Uhlén är medveten om att det finns många problem på vägen, men tror att det går att få upp produktionen så att detta bränslealternativ finns tillgängligt på trettio års sikt.

– Målet är att producera bränsle som är nästan gratis, och till på köpet tillverkat på ett hållbart sätt. Om vi kan få detta att fungera är det en samhällsomvälvning i paritet med internet, säger han och fortsätter:

– Och det är ju fantastiskt roligt – det är ju inte varje dag man arbetar med ett projekt som har potential att rädda hela planeten!

Vad är en hållbar stad?

Hållbara städer kräver att vi bygger tätare, undviker fossila bränslen, löser avfallshantering och transporter samt ser till att planera in grönområden. En ytterligare del, som Göran Finnveden själv har arbetat med, är att utveckla system för att miljöcertifiera byggnader – både befintliga och nybyggda.

Göran Finnveden är professor i miljöstrategisk analys vid Institutionen för hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik, och även vicerektor för hållbar utveckling vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm.

I dag lever mer än hälften av jordens befolkning i städer, och siffran för européer är 80 procent. Det innebär att det till stor del är i städerna som man måste verka för att uppfylla klimatmålen. Göran Finnveden, professor i miljöstrategisk analys vid Institutionen för hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm, ser flera utmaningar.

– Klimatfrågan är central och då måste vi som bor i städer ha system som är hållbara vad gäller transporter, energiförsörjning, konsumtionsmönster, boende och avfallshantering, säger han.

Han har själv bedrivit mycket forskning om just avfallshantering, men säger att detta ändå är en mindre del i sammanhanget.

– Avfall är inte oviktigt, men heller inte centralt, eftersom det bara står för några procent av de totala utsläppen av koldioxid, säger han.

Han nämner även social hållbarhet i sammanhanget.

– Vi måste hålla ihop samhället och då behöver vi verka för minskade inkomstskillnader och minskad segregation. Ska vi lyckas leva klimatsmart måste alla vara med och långsiktigt acceptera de förändringarna, säger han och fortsätter:

– Det finns i dag ett brett intresse för hållbara städer och det finns i städer också en dynamik och en sprängkraft som kan leda till förändring i rätt riktning, med projekt som ligger i framkant.

Ett sådant projekt är Hammarby Sjöstad i Stockholm, som väckt uppmärksamhet utomlands. Göran Finnveden beskriver hur han för några år sedan deltog vid en workshop om hållbar stadsbyggnad, ett samarrangemang mellan EU och Kina.

– Jag har aldrig hört namnet ”Hammarby Sjöstad” uttalas på så många roliga sätt av kineser, fransmän, tyskar och engelsmän. Men det jag insåg när jag lyssnade var att det som man fascinerades av, inte egentligen var typiskt för detta bostadsområde, utan snarare typiskt svenskt, säger han.

Hit räknades fjärrvärme, effektiv avfallshantering och effektiva avloppssystem, väl fungerande kollektivtrafik, närhet till naturen och en planeringsprocess där olika aktörer fick tycka till.

– Just när det gäller fjärrvärme har vi lyckats väl och i princip lyckats fasa ut fossila bränslen, säger han. För att lyckas bygga städer på ett hållbart sätt är styrmedel en väg att gå, och enligt Göran Finnveden är det viktigt att använda en kombination.

– Man behöver stödja det alternativ som är bäst i dag, straffa dagens dåliga alternativ och även blicka framåt. Det vi bygger i dag ska ju fungera länge och uppfylla framtida miljömål och därför behöver vi utveckla såväl ny teknik, som nya material, säger han.

Att kombinera styrmedel är också viktigt för att verkligen kunna räkna hem den miljövinst man har tänkt sig.

– Om man exempelvis utvecklar effektivare uppvärmningssystem, men samtidigt bygger mycket större ytor, tar effekterna ut varandra, säger han.

Ofta talas det om hur viktigt det är att städer ska byggas täta, då ett sådant byggnadssätt skapar förutsättningar för exempelvis kollektivtrafik, effektiv insamling av avfall och uppvärmning med fjärrvärme. Här vill dock Göran Finnveden även föra in en diskussion om konsumtion, och nämner en studie utförd i Helsingfors.

– När man undersökte koldioxidutsläpp i olika stadsdelar visade det sig att boende i innerstaden, sammantaget släppte ut mer än de som bodde i förorterna. Den skillnaden berodde på livsstilsväl, eftersom innerstadsborna exempelvis reste mer och konsumerade mer prylar.

Göran Finnveden lyfter också vikten av grönområden i den hållbara staden.

– Dessa har hittills ofta i stadsplaneringen stått för rekreation, men de har en rad andra och viktiga funktioner att fylla, som att ge bättre luft, minska buller och inte minst anpassning till det förändrade klimatet genom att bidra med skugga och suga upp dagvatten, säger han.

Finns det då länder som är särskilt framgångsrika när det gäller hållbara städer och som vi i Sverige bör snekla på?

– Det finns en rad olika pilotprojekt på olika ställen som är intressanta, men jag skulle inte säga att ett enda land är mer framgångsrikt än andra. Tvärtom har jag i min forskning om avfall sett att det kan skilja sig mycket inom länder. I exempelvis i USA finns vissa delstater som ligger långt efter oss och lägger allt avfall på soptippar, medan andra delstater har avancerad lagstiftning om att man inte får slänga återvinningsbara material och där ligger de i stället före oss, säger han.

I ett av sina forskningsprojekt har Göran Finnveden varit med och tagit fram ett system för att miljöklassa byggnader.

– Internationellt finns flera olika klassificeringssystem, men problemet är att de har varit anpassade efter lokala regelverk, vilket har gjort det svårt att flytta mellan länder. Vårt system har fördelen att det är anpassat för Sverige och även att det är enkelt och billigt att använda, säger han.

Byggnaden klassificeras via ett antal indikatorer och får till slut ett betyg, som i fallande skala är guld, silver eller brons. Både nybyggda och befintliga byggnader kan klassificeras. Systemet, som kallas Miljöbyggnad och är frivilligt att använda, har tagits över av Swedish Green Building Council, en organisation för hållbart byggande, där byggföretag och konsulter är medlemmar. Under 2014 miljöcertifierades 295 byggnader.

Det man fokuserar på är tre huvudområden: energi, inomhusmiljö samt vilka material som används i byggnaden, med avseende på ingående kemikalier.

– Till skillnad från en del utländska klassificeringssystem krävs det här att byggnaden måste uppnå vissa nivåer inom alla områden för att få ett bra slutbetyg. Därför går det, till skillnad från internationella system som baseras på poäng, inte att skyla över brister genom att vara bra på ett annat område, säger Göran Finnveden.

Nu studerar han vad det finns för system för att klassificera hela stadsdelar på liknande vis, ett område där han är kritisk mot de metoder som används i dag.

– Dessa fokuserar på processer och olika tekniska lösningar, men man missar att ta med prestanda. Det betyder att man kan hamna i en situation där stadsdelen certifieras trots att den har dålig miljöprestanda, med exempelvis höga utsläpp av koldioxid eller hög energianvändning, säger han.

Naturen räddar staden från värmen och vätan

För att minska vår sårbarhet för värmeböljor och skyfall bör vi utnyttja det som kallas ekosystemtjänster. Dessa kan vara träd som suger upp överflödsvatten, eller anlagda dammar som fungerar som temperaturbuffert. Thomas Elmqvist lyfter vikten av så kallade grön- och blåytor i stadsplaneringen.

Thomas Elmqvist är professor i naturresurshållning vid Stockholm Resilience Center, vid Stockholms universitet. Han är medlem av redaktionerna för tidskrifterna Ecology and Society, Ecosystem services och Sustainability Science.

Vid klimatmötet i Köpenhamn 2009 var inte städerna med på agendan, en situation som ser helt annorlunda ut nu. I dag finns det mer än 20 städer i världen som har fler invånare än Sverige, och allt fler anser att städer måste börja agera som ansvarsfulla länder genom att ta sitt miljöansvar med en globalt hållbar budget för mark, luft och vatten. Thomas Elmqvist, professor i naturresurshållning vid Stockholm Resilience Center, tror att det finns stor potential för världens städer.

– I dag ser man möjligheterna för kommuner och städer att arbeta med klimatmål – där nationerna har misslyckats kan i stället städerna lyckas. I dag finns exempelvis C40, ett nätverk av borgmästare som kan skapa en reell väg framåt och faktiskt implementera det som vi förhandlar om vid klimatmötena, säger han. Han pekar på att många städer har de finansiella muskler som krävs och inte minst ett demokratiskt momentum.

– Man är nära sina väljares röster vilket är en stark drivkraft. Se exempelvis på USA där kongressen har varit oförmögen att driva klimatfrågan. Här har i stället städer och delstater tagit egna beslut för att kunna verka i klimatkonventionens anda, säger han. Thomas Elmqvist tar den amerikanska storstaden Chicago som exempel, där man har engagerat civilsamhället i arbetet med att utveckla en grönare och mer trivsamt stadsmiljö.

– Här har man lyckats skapa en ”vi-känsla” trots att det handlar om en befolkning på omkring nio miljoner människor. Framgången beror på att alla stadens universitet, många myndigheter och organisationer och andra aktörer deltar aktivt med att ta fram kolonilotter, fixa stadsodling, gröna tak och arbeta för bättre hälsa, säger han.

En viktig del är att integrera visionen att staden ska vara ”grön och mänsklig”, ett arbete som beskrivs mer i detalj på hemsidan *Chicago wilderness*.

I en artikel från 2013 skriver Thomas Elmqvist om städernas hållbarhetsarbete. Här beskrivs vikten av att utforma urbana system för ökad resurseffektivitet, men även hur städer kan verka för ökad biologisk mångfald både inom och utanför stadens egna gränser. Här används orden hållbarhet och resiliens, två begrepp, som ibland felaktigt används som synonymer.

– Hållbar utveckling är ett mål för samhället i stort och baseras på värderingar om exempelvis demokrati och jämlikhet. Resiliens är i stället en vetenskaplig egenskap hos ett system, och kan beskrivas som förmåga att buffra och omorganisera sig för att klara av påfrestningar utan att kollapsa, säger Thomas Elmqvist.

Han var huvudredaktör för boken *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities* som producerats av FN:s sekretariat för

konventionen om biologisk mångfald. Här framgår att många städer ligger i biologiskt rika områden, vilket har att göra med att människor historiskt har bosatt sig och bedrivit handel i områden med god tillgång på naturresurser. Utmaningarna är förvisso många, men med klok socio-ekologisk stadsplanering går det att påverka hur framtidens städer ska se ut. En viktig del är att utnyttja ekosystemtjänster, alltså sådana tjänster som naturen bidrar med. Det kan handla om träd som suger upp dagvatten och renar luften, eller insekter som pollinerar frukt- och bärödlingar.

FN:s klimatpanel IPCC:s scenarier gör också gällande att det med mycket stor sannolikhet, 99 procent, kommer att bli fler och mer långvariga värmeböljor. Med nästan lika stor sannolikhet, 97 procent, kommer vi också att få se fler och kraftigare skyfall.

– Vi måste därför planera för det kommande varmare och blötare klimatet. Genom att bygga smartare städer finns stora vinster att göra, säger Thomas Elmqvist och fortsätter:

– Lösningarna behöver också vara av lågkoldioxid-typ. Visst går det att använda eldriven luftkonditionering för att skapa kyla, men för att klara klimatmålen krävs andra lösningar. Det kan vara att använda grönytor för att reglera temperaturen genom vattenavdunstning, men även den blå komponenten, alltså vatten, är en utmärkt temperaturbuffert.

Gröna ytor är värdefulla för att suga upp överflöds- vatten, så kallat dagvatten, och på så vis motverka översvämningar.

– En stad med mycket hårdgjord yta, som stenläggning eller asfalt, är mycket mer sårbar vid översvämningar. Därför krävs att vi minskar gråytorna och satsar på vegetation där vattnet kan rinna undan och fylla på grundvattentäkterna, i stället för att fylla våra källare, säger han.

Han poängterar även andra aspekter av att föra in natur i städerna, för att få en människocentrerad stad som berikar också emotionellt och estetiskt.

– Det finns studier som visar att tillgång till grönområden är viktigt för hälsan. En nyligen gjord studie visade att när till exempel amerikaner drabbas av kris och depression vänder de sig till kyrkan, medan vi i Sverige i större utsträckning vistas i naturen för att läka mentalt, säger han.

Thomas Elmqvist pekar på projekt som med ambitioner i denna riktning, som *Million Tree Project* i New York, där det just handlar om att plantera en miljon nya träd i staden mellan åren 2009 och 2017.

– Träden är gratis för den som vill plantera, men man såg till att inledningsvis prioritera plantering i socioekonomiskt svaga områden med få träd, säger Thomas Elmqvist.

Gröna tak är en annan satsning med många fördelar. De skapas då tak är bevuxna av örter, gräs och fetbladsväxter som bildar motståndskraftiga växtsamhällen.

– De gröna taken både kyler när det är varmt, och minskar värmeförluster vid kyla. Eftersom de utgör en koldioxidsnål lösning bör de prioriteras framåt, säger han.

Det finns studier som visar att de ökade investeringskostnaderna för att etablera gröna tak går att tjäna in inom loppet av några år genom minskade energikostnader. I våras kom också ett beslut i Frankrike om att alla nya kommersiella byggnader som planeras ska ha tak som delvis är gröna, alternativt försedda med solpaneler.

En annan viktig del i stadsplaneringen är att se till att återställa naturliga flodbäddar, som är betydligt bättre än anlagda på att hantera snabbt ökande vattenflöden. I dag finns många städer där vatten leds genom staden i ett smalt, stenlagt dike.

– Vid ett skyfall svämmar detta snabbt över. Men med en naturlig, vidare flodbädd sker detta betydligt långsammare och vattnet kan också sugas upp. Ett sådant projekt har exempelvis återställt Donaus flodbäddar i Wien, säger han.

Detta är en av många åtgärder som lyfts i EU-rapporten *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions and*

Re-Naturing Cities som Thomas Elmqvist arbetat med. Den utgör underlag för satsningar inom EU:s ramprogram Horizon 2020, med utlysningar inom klimatområdet som omfattar 50–80 miljoner euro årligen i forskningsbidrag.

Men alla åtgärder behöver inte vara kostsamma, även om det i diskussioner har hävdats att det är lätt för just rika städer att skapa klimatsmarta lösningar. Thomas Elmqvist poängterar att även fattiga städer kan skapa bättre förutsättningar för klimatanpassade lösningar med hjälp av ekosystemtjänster.

– Att restaurera våtmarker eller att plantera träd kräver inte mycket direkta ekonomiska resurser, men det kräver mänsklig arbetskraft, säger han.

Vi måste ta värmens hälsoeffekter på allvar

Hög värme hotar hälsan och därför behöver städer anpassas, exempelvis genom att planera in skuggande grönska. Värmeböljorna kommer att bli fler, men redan i dag avlider hundratals svenskar årligen på grund av värme. Bertil Forsberg anser att det nu är hög tid att svenska myndigheter tar värmens hälsoeffekter på allvar.

Bertil Forsberg är professor i miljömedicin vid Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin vid Umeå universitet. Folkhälsomyndigheten driver under 2015–2017 projektet Att stärka förmågan att hantera negativa hälsoeffekter av höga temperaturer. Här har han tagit fram kunskapssammanställningen Hälsoeffekter av höga temperaturer.

Sommaren 2014 var extremt varm i stora delar av Sverige, en situation som kommer att bli allt vanligare i framtiden, både här och utomlands. I medierna rapporteras sommaren 2015 om hur tusentals människor har avlidit till följd av extrem värme i Indien och Pakistan. Bertil Forsberg, professor i miljömedicin vid Umeå universitet, har länge intresserat sig för värme och dess påverkan på hälsan.

– Traditionellt har kyla varit i fokus här eftersom det under den kalla årstiden bland annat är vanligare med influensa och andra virus, som i sin tur leder till överdödlighet. Men även värmen skördar offer och det kan i Sverige handla om flera hundra extra dödsfall en varm sommar. I klimatförändringens kölvatten finns risken att vi kommer att få se ännu fler värmerelaterade dödsfall, säger han.

När temperaturen stiger måste människokroppen mer kraftfullt reglera sin egen temperatur för att upprätthålla en kroppstemperatur på 37 °C. Överskottsvärmen leds bort dels genom att blodcirkulationen ökar i de ytliga blodkärlen, dels genom att vi svettas mer. För att kunna kyla blodet under huden krävs ökad hjärtfrekvens, vilket utsätter hjärtat för påfrestning. Ökad svettning ger vätske- och saltförluster, som i sin tur medför att blodet blir mer koncentrerat, något som ökar risken för blodpropp.

Värmesymtomen kan vara relativa milda, som uttorkning och nedsatt allmäntillstånd, eller allvarliga

i form av kramper och värmeslag. I Sverige är det inte särskilt vanligt att dödsfall under varma dagar inträffar på grund av just värmeslag, snarare beror de flesta dödsfallen på hjärt-kärlsjukdom som hjärtinfarkt eller hjärtsvikt.

Konsekvenserna av värme skiljer sig också åt mellan olika regioner. För en befolkning anpassad till värme kan en temperatur anses vara behaglig, medan samma temperatur kan ge stora negativa effekter i en befolkning som är ovan vid den temperaturen. Den optimala temperaturen, alltså den temperatur där risken är minst för negativ hälsopåverkan, varierar mycket mellan olika länder och regioner. I de skandinaviska länderna ligger den optimala dygnsmedeltemperaturen på cirka 12 °C, vilket kan innebära 15–18 °C som dygnets maximala temperatur.

Värmekänslighet skiljer sig också åt mellan olika grupper. Framför allt är äldre personer och personer med vissa kroniska sjukdomar känsliga.

– Det handlar om personer som har svagheter och av olika anledningar inte kan agera för att minska värmens effekter, exempelvis genom att förflytta sig till en svalare miljö, säger Bertil Forsberg.

Efter den värmebölja som 2003 drabbade Europa började en rad länder utveckla varningssystem för höga temperaturer. De olika systemen har vissa grundläggande delar gemensamt, men skiljer sig också åt eftersom geografiska, sociala och strukturella

omständigheter skapar olika behov. Det viktigaste är den meteorologiska varningen, när prognosen tyder på en värmebölja, samt att varningssystemet är kopplat till en handlingsplan för att minska värmens hälsokonsekvenser. I Sverige varnar Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, sedan 2014 för höga temperaturer, ett varningssystem som Bertil Forsberg har varit med om att ta fram. Varningarna är indelade i tre klasser, där ett meddelande utfärdas när dygnets maxtemperatur väntas överstiga 26°C tre dagar i följd. En klass 1-varning ges när 30°C tre dagar i följd väntas och en klass 2-varning om prognosen visar 30°C fem dagar i följd eller 33°C tre dagar i följd.

Enligt Världshälsoorganisationen, WHO, ska ett värmevarningssystem innehålla både varningssystem och åtgärdsprogram, men i Sverige finns i dag ingen tydlig handlingsplan kopplad till varningarna. Dock pågår sådant arbete, där en första del är den kunskapssammanställning, *Hälsoeffekter av höga temperaturer*, som Bertil Forsberg och hans kollegor har utfört på uppdrag av Folkhälsomyndigheten. Men han anser att det krävs åtgärder från flera myndigheters håll.

– Nationellt ansvariga för vård- och omsorgskvalité samt för stadsutveckling och byggande bör engagera sig i en handlingsplan, exempelvis Socialstyrelsen och Boverket, säger han.

Sverige har i detta arbete halkat efter andra europeiska länder. I en ny studie har Bertil Forsbergs forskargrupp jämfört Stockholm och Rom med avseende på hur människor som lider av kronisk obstruktiv lungsjukdom, psykisk sjukdom eller som har haft hjärtinfarkt drabbades av värmeböljor. I Rom ökade inte dödligheten under värmeböljor mer för personer i riskgruppen, jämfört med normalbefolkningen.

– Det tolkar vi som att åtgärdsprogrammen fungerar så väl att de känsliga individerna inte drabbas. Men i Stockholm såg det annorlunda ut, där var dödligheten i riskgruppen väsentligt ökad jämfört med i normalbefolkningen, säger han.

När de sedan jämförde hur det sett ut tidigare år visade det sig också att i Sverige hade situationen blivit sämre med tiden, medan det i Rom tvärtom var färre i riskgruppen som drabbades vid värmeböljor på senare år jämfört med tidigare.

– Det betyder att vi i Sverige inte skyddar våra tidigare kända patienter på ett tillräckligt bra sätt, säger Bertil Forsberg.

När det gäller vilka åtgärder som kan vara aktuella att föra in i en handlingsplan kan dessa delas upp i långsiktiga åtgärder, åtgärder i ett kortare perspektiv och akuta åtgärder. I den första gruppen är en viktig del att planera stadsmiljön för att hantera värme.

– Vi måste undersöka var det kan uppstå farliga urbana värmeöar och hantera dessa genom att exempelvis satsa på grönska och skuggning, säger Bertil Forsberg.

Inuti byggnader kan det vara åtgärder som syftar till att minska värmexponering, särskilt i vårdhem och äldreboenden. I Storbritannien finns exempelvis regler som säger att det måste finnas en gemensam lokal, som ett samlingsrum, där det inte får bli varmare än 26°C.

Åtgärder i ett kortare perspektiv kan vara rutiner för att övervaka patienter som är värmekänsliga. Exempelvis kan primärvården lista de personer som nyligen är utskrivna från sjukhus eller som får läkemedel som påverkar förmågan att reglera värmen, som vissa psykofarmaka och vätskedrivande medel.

– I Italien har allmänläkare som söker upp dessa patienter i hemmet för att titta till dem fått en särskild ekonomisk ersättning, säger Bertil Forsberg.

En tredje klass av åtgärder är de akuta, som att sjukvården har tillräckligt många bäddar för att kunna ta emot försvagade, eller specifika råd till känsliga grupper.

– Det kan också vara att hemtjänsten bemannas upp så att det går att hjälpa brukare med en sval dusch eller att äldre tas från sin varma lägenhet till en luftkonditionerad lokal, säger han.

Men det kan finnas andra hinder för att skapa en svalare miljö. Inom ramen för regeringsprogrammet *Bo bra på äldre dar* intervjuades hemtjänstpersonal och medicinskt ansvariga sjuksköterskor i hemsjukvården om sina erfarenheter. Det kom då fram att äldre uppfattade risken för inbrott som överhängande, vilket skapade en ovilja mot att vädra på natten då det är svalare.

– Buller gör också att det blir svårt att sova med öppet fönster, säger Bertil Forsberg.

Efter värmeböljan 2003, då 15 000 personer avled bara i Frankrike, gjordes en studie för att mer i detalj få en bild av vilka som drabbats i Paris. Det visade sig vara äldre och rörelsehindrade i socioekonomiskt svaga områden, och då främst de som bodde i små lägenheter utan hiss.

– Det värsta scenariot under en värmebölja är att vara rörelsehindrad, fast i en liten varm lägenhet och att inte kunna ta sig ut, säger Bertil Forsberg.

I en liknande studie från Barcelona gick att se att de som avlidit bodde i områden med lite grönska och hög andel gamla byggnader, som saknade hiss. Just grönska är viktigt, gärna större träd som kan ge skugga, men som även verkar bullerdämpande och luftrenande.

– I varmare länder ser vi hur exempelvis skolgårdar ofta är trädplanterade så att barnen leker under ett skyddande, grönt tak. I Sverige har vi snarare

satsat på öppna, ofta asfalterade gårdar, vilket ju inte är optimalt ur värmesynpunkt, säger Bertil Forsberg.

Med undantag för de två beskrivna studier sker temperaturforskning oftast utan att studera betydelsen av närmiljön, utan i stället beräknas en hel stad eller region påverkas på samma sätt vid en viss temperatur. Bertil Forsberg jämför med bullerforskning och forskning om luftföroreningar.

– Traditionellt har mätningar för sådana studier också gjorts utan fin geografisk upplösning, men på senare tid går det att spalta upp och mäta på gatunivå och jämföra olika platser eller gator inom samma stad, vilket lärt oss mycket mer om hälsopåverkan. Det samma borde gå att göra för temperatur, säger han.

Han är därför intresserad av att lokalt studera vilka faktorer som har störst betydelse för hälsan, genom att modellera urbana värmeöar. Det skulle kunna vara ett sätt att få tydligare vetenskapliga belägg för vad som är viktigast att åtgärda, om det handlar om byggnader, trafikbuller, grönska, avgaser eller något annat.

Att värme spelar roll för hälsan är dock tydligt. I en rad studier har han och hans forskargrupp kunnat visa att risken att avlida eller läggas in på sjukhus ökar, med stigande temperatur.

– I Sverige sker varje år hundratals förebyggbara dödsfall på grund av värme, men intresset för att

stödja forskning om detta har varit begränsat – hypotetiskt farliga molekyler tycks vara mer spännande än dödlig värme, säger Bertil Forsberg.

Dags att rusta för förändrat klimat

Att klimatförändringarna och fler värmeböljor kan påverka hälsan är känt, men värmen för även med sig andra problem. Annika Carlsson-Kanyama har undersökt dess effekter på transporter, livsmedelssektorn och på vår elförsörjning och har även tagit fram en rad förslag på olika åtgärder.

Annika Carlsson-Kanyama är forskare vid avdelningen för Industriell Ekologi vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm. Vid Totalförsvarets forskningsinstitut har hon bland annat forskat om konsekvenser av klimatförändringar såsom ökade värmeböljor. Hon var även programchef för forskningsprogrammet Climatools, som tog fram åtta verktyg för att anpassa samhället till konsekvenserna av klimatförändringen.

Klimatet påverkas av våra val och Annika Carlsson-Kanyama, docent i Industriell ekologi vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm, har tidigare studerat sambanden mellan konsumtion och klimatpåverkan.

– Men de senaste åren har jag blivit mycket intresserad av hur vi ska anpassa oss till det nya klimatet, säger hon.

Nu senast handlar hennes forskning om hur elva olika samhällsviktiga sektorer påverkas av värme och en syntes av resultaten presenteras i rapporten *Så påverkas samhället av värme* från 2015.

– Eftersom det är Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap som initierat studierna, var – förutom kartläggning – även förslag på anpassningsåtgärder en viktig del, säger Annika Carlsson-Kanyama.

För att se vad som gjorts i andra länder genomförde hon och hennes kolleger en klassisk litteratursökning, men för att studera svenska förhållanden användes också metoden mediainventering, som innebär att läsa lokaltidningar.

– Under sommaren 2010 var det värmebölja i Skåne och Mälardalen och på Stadsbiblioteket läste vi på mikrofilm hur tidningarna rapporterade under denna period, för att få en bild av de effekter värmen hade. Vi fick ihop en hel katalog, säger Annika Carlsson-Kanyama.

Inom transportsektorn rapporterades om solkurvor, blixtnedslag och mjuk asfalt. Det var varmt i bostäder och när boende på bottenplanet sov för öppet fönster ökade rapporteringen om stölder. Att människor dröjde sig kvar ute sent på nätterna gav upphov till både nedskräpning och bråk.

Men värmeböljan gav även genomslag i människors arbetsliv.

– De som jobbade utomhus fick ändra arbetstider, exempelvis när det gällde att gräva kabeldiken. Det gick inte att jobba mitt på dagen, utan de började klockan fyra på morgonen i stället, säger hon.

Brandmän och poliser plågades av värmen i sina uniformer, och i vissa bussars förarhytter uppmättes temperaturer på uppåt 37 °C.

– I Indien använder chaufförer speciella kylvästar, så det kan möjligen vara en idé framåt, säger Annika Carlsson-Kanyama.

Efter detta svep valdes några områden ut som forskarna studerade närmare via litteraturstudier och intervjuer: livsmedelssektorn, elförsörjningen samt transporter.

Vad gällde livsmedelskedjan visade sig den vara mycket komplex, med flera känsliga steg. När det gäller kylvaror riskerar kylkedjan att brytas vid flera olika tillfällen. Ett är vid omlastning till grossist, ett annat då varorna lastas av på kajen vid butiken.

– Hur länge står de sedan där i värmen? Just på sommaren med många vikarier blir goda rutiner extra viktiga, säger Annika Carlsson-Kanyama.

Det är även nödvändigt att butikspersonalen kontrollerar varornas temperatur.

– Om de är för varma ska de skickas tillbaka. Här fann vi dock exempel på att dessa varor har en egen marknad, där mer oseriösa leverantörer ser till att varorna ändå kommer ut till butiker, trots att det brustit i kylkedjan, säger hon.

Kyl- och frysdiskar får heller inte lastas för fulla, eftersom de då inte håller temperaturen och i mindre affärer eller kiosker kan kylaggregaten lägga av på grund av överbelastning. Ett känsligt steg är också när konsumenten ska frakta hem sina varor.

– Kylvaror klarar sig inget vidare i en 60 grader varm bil, så det är bra att ha med kylväska med kylklampar eller använda frysvaror till det. Under en värmebölja är det viktigt att förvara maten svalt även hemma, och exempelvis sätta en vinkylare på mjölken när den står framme på matbordet, säger Annika Carlsson-Kanyama.

När det gällde elförsörjningen fanns risk att luftkablar skulle töjas ut i värmen och hänga ner, något som kan orsaka överslag och strömavbrott. Här var en åtgärd att inspektera och vid behov röja träd och sly under kablarna inför sommaren. Även nedgrävda kablar har visat sig kunna överhettas, vilket går att

ha koll på med hjälp av en temperaturvakt som larmar när temperaturen börjar närma sig den kritiska nivån.

Transformatorer kan gå sönder i värmen, något som har skett utomlands. Det kan åtgärdas med service eller – om de är särskilt utsatta – med ett kylsystem. På elstolpar kan isolatorer av porslin spricka i värmen, vilket innebär att dessa bör bytas ut till andra material. När det gäller kärnkraftverk är kylvattnets temperatur avgörande, eftersom det avgör hur hårt verket kan köras.

– Vid temperaturer på 26–27 grader kan anläggningen vara tvungen att stängas ner vilket har skett i Frankrike. En lösning kan vara att se över på vilket djup som vattenintagen sitter, eftersom vattnet är kallare längre ner, säger hon.

Annika Carlsson-Kanyama med kolleger har också studerat transportsektorn och de effekter som en framtida situation med fler värmeböljor kan komma att ge. Vad gäller järnvägen är det solkurvor som är allvarliga eftersom de kan orsaka att tåg spårar ur.

– När man bygger järnväg anpassar man bygget för det klimat man vistas i, och det finns ju tåg både i Sibirien och i tropikerna. I ett varmare klimat måste man exempelvis ha lite större avstånd mellan rälsbitarna, säger hon.

Ett annat problem är att asfalt kan blöda i värmen, och då orsaka halka och i förlängningen trafikolyckor.

Här är lösningen att förändra receptet på asfalt så att mer värmetålig vägbeläggning kan användas.

Den tidigare problematiken med strömavbrott påverkar förstås också tågen, eftersom tågen står stilla utan elektricitet.

– Men även bilar kan lägga av i värmen, något som setts i bland annat Storbritannien där människor blev strandade vid vägkanten i värmen, säger hon.

Värmen kan även vara ett problem för resande i tåg och bussar, om kylsystemen inte fungerar som de ska – exempelvis om kylvätska som ska cirkulera i ett rörsystem förångas på grund av hög temperatur. Dessutom kan både tågförarens och busschaufförernas omdöme påverkas i värmen, något som i sin tur kan ge ökad risk för olyckor.

– Alla våra system är dimensionerade efter ett visst klimat, och när nu parametrarna ändras måste vi ta hänsyn till detta. Sammantaget finns det mycket vi kan göra för att anpassa oss, säger Annika Carlsson-Kanyama.

Samverkan minskar kommuners sårbarhet

I takt med att klimatet förändras behöver kommuner anpassa sig till nya förhållanden, som värmeböljor och ökad risk för skyfall. Anna C. Jonsson har undersökt processerna bakom anpassningsarbetet och har funnit att en väg till bättre lösningar är att kommunens förvaltningar samarbetar, både i Sverige och i Indien.

Anna C. Jonsson är docent vid Tema miljöförändring vid Linköpings universitet. Hennes forskning rör gemensam förvaltning av naturresurser, sårbarhetsbedömning och hanteringsstrategier i städer samt forskningsprocesser där forskare och intressenter arbetar tillsammans.

En kommun står inför många utmaningar, som att befolkningen snabbt ökar eller minskar, eller att den ekonomiska utvecklingen inom en sektor förändras. Anna C. Jonsson, samhällsvetenskaplig forskare vid Tema miljöförändring vid Linköpings universitet, har studerat kommuners sårbarhet.

– Snabba förändringar inom olika sektorer kan förstärkas av klimatförändringarna, säger hon.

Ett exempel är inom jordbruket där man i dag har gått mot allt större enheter för att producera exempelvis kött och ägg.

– Det innebär en ökad sårbarhet – på bara några timmar kan tusentals grisar i en besättning dö om det blir strömavbrott och ventilationen slutar fungera.

År 2011 presenterade hon tillsammans med tre kollegor *Verktyglåda för klimatanpassningsprocesser – från sårbarhetsbedömning till sårbarhetsanpassning*, en bok riktad till landets kommuner. Här beskrivs hur kommunen på ett strukturerat vis kan gå igenom var problemen kan finnas och vilka anpassningsåtgärder som kan vara lämpliga. En viktig del i detta arbete är att sätta samman grupper med deltagare från kommunens olika sektorer, för att få en bred genomlysning av vilka problemområden som finns.

– Här är det exempelvis viktigt att få med representanter från både hårda och mjuka förvaltningar,

som stadsplanering och barn- och äldreomsorg, för att få med olika sektors perspektiv och erfarenheter, säger Anna C. Jonsson.

Hon beskriver hur arbetssättet att använda sig av människors kunskaper och strukturera dessa är en metod som genomsyrar all hennes forskning.

– Denna form av deltagande forskning låter folk med nyckelinformation vara med och identifiera problemen. I workshops jobbar man igenom sina kunskaps pusselbitar som vi forskare sedan tar hem och fogar ihop till en helhet.

Ett sådant projektupplägg användes för att finna klimatanpassningsåtgärder i den indiska staden Kota, i delstaten Rajasthan. Här lever en dryg miljon människor, varav 30 procent i slumområden.

– Den fasta slummen är inte planerad. Det finns ofta hus, men el och vatten får de boende tjuvkoppla, säger Anna C. Jonsson.

Hon och kollegerna skapade workshop-grupper tillsammans med tjänstemän från de lokala förvaltningarna, men insåg snabbt att klimatförändringar inte var på agendan.

– De visste inte vad det var, utan man sa att ”ja, ena sidan av staden är svalare än den andra”.

Det var en lärdom för oss och vi fick i stället fokusera på sjunkande grundvattennivåer, som ett sätt att närma oss frågan.

Deltagarna såg en rad olika problem förutom sjunkande grundvattennivåer, exempelvis okontrollerad urbanisering, avskogning och problem med vattenkvalitet.

– Det är en gemensam läroprocess där vi som forskare kan strukturera deras kunskap och vrida lite på den så det kan användas för klimatanpassningsarbete, säger Anna C. Jonsson.

Forskarna valde ut två områden som gick att koppla till klimatförändringen. Det ena var bristen på grönska i staden. Träd kan både suga upp dagvatten och bidra med skugga. Det visade sig att det hade planterats trädalléer men att de sedan inte hade skötts, med resultatet att träden hade dött.

– På en planterad refug hade en man byggt ett tempel. Det innebar att han hårdgjort en tidigare grön yta, men samtidigt tog han väl hand om de växter som var kvar, säger hon.

På ett annat ställe såg forskarna långa alléer med vissnade trädplantor, men mitt i allt en grön oas.

– Där låg en illegal handelsträdgård. Men det visade sig att stadens trädgårdsförvaltning sålde plantor till den illegala handelsträdgården.

Enligt henne var alla överens om att trädplanteringsprojekt var bra, men att de behövde följas upp med ansvar och skötsel. Något som var problematiskt var ”bristande politisk vilja” som deltagarna kallade det, dock utan att nämna ordet korruption.

Det andra området forskarna studerade mer i detalj var skyfall, då även dessa går att koppla till klimatförändringen.

– Vi pratar om skyfall i Sverige, men det är ingenting mot hur det kan regna i Indien, med hundra millimeters nederbörd på några dagar, säger Anna C. Jonsson.

I slummen finns rännstenar där överflödsvatten ska rinna undan. Problemet var att de var fyllda med sopor, vilket gjorde att det blev översvämning vid skyfall.

– Så en enkel och rättfram åtgärd för klimatanpassning blev här att se till att sophanteringen fungerar, säger hon och fortsätter:

– I Indien fungerar inte de offentliga institutionerna så väl. Bland annat gör korruptionen att många rutiner inte når ut så som det var tänkt. Detta är en av de stora skillnaderna mellan Sverige och Indien – i Indien är genomförande av lagstiftning den stora nöten att knäcka, inte att formulera regler i sig.

Studien publicerades 2014 i tidskriften *Global NEST Journal*.

I en annan studie, publicerad i tidskriften *Local Environment*, undersökte Anna C. Jonsson tillsammans med sina kolleger hur lokala beslutsfattare ser på utsatta grupper och sårbara personer i händelse av värmeböljor i Sverige. Anledningen är att man vet att sårbarheten är ojämnt fördelad i befolkningen.

Fem grupper med sammanlagt 25 deltagare fick diskutera frågan. Varje grupp bestod här av en viss kategori, exempelvis en grupp med personer som planerar byggnation och en med personer från barnomsorgen. En grupp bestod också av äldre, som själva är sårbara för värme. På ett strukturerat vis, med hjälp av ett speciellt utvecklat kortspel, fick deltagarna utifrån olika egenskaper skapa två personer som man upplevde skulle vara i riskzonen.

– Sedan fick grupperna veta att det aktuella scenariot var en värmebölja och utifrån det diskutera hur de fiktiva personerna skulle drabbas och vad man kunde göra för att minska deras sårbarhet, både på kort och lång sikt, säger Anna C. Jonsson.

Deltagarna var överens om att ensamhet, sjuklighet, social utsatthet och ålder var riskfaktorer. Alla grupper tog fram riskprofiler som representerade en man och en kvinna, och i nästan alla grupper – utom den med representanter från barnomsorgen – var personerna äldre. Grupperna fick sedan beskriva hur det skulle gå för deras skapade karaktärer över tid. Det visade sig att många hamnade på sjukhus, och fem av de tio skapade riskpersonerna ”avled” i sviterna av värmen.

I slutet av artikeln diskuterar forskarna hur det kan komma sig att trots att alla kan definiera vilka det är som är sårbara – de ensamma och utsatta, som den fiktive hemlöse Sven och gamla sjuka Harriet – fångas de ändå inte upp av samhället under värmeböljan.

Anna C. Jonsson drar parallellen till den indiska staden Kota, där hon inför arbetet med fokusgrupperna intervjuade en tjänsteman om vad som var stadens största problem.

– Trots att fattigdomen var påträngande var hans svar: ”Parking!”. Hans uppfattning var alltså att stadens största problem var att det saknades parkeringsplatser, och vi blev helt paffa, säger hon och fortsätter:

– Men de som ringer honom och klagar tillhör medelklassen, och för dem är parkering problemet. De som bor i slummen hör inte av sig.

Enligt Anna C. Jonsson går det att se liknande tendenser i hennes svenska kommun.

– Äldre och sjuka har inte någon stark röst i samhället, och det har inte heller de underbetalda kvinnor som arbetar med att ta hand om dem, säger hon.

Anna C. Jonssons råd till kommunerna när det gäller klimatanpassning är att i högre utsträckning än i dag arbeta tvärsektorielt, i arbetsgrupper med representanter från både mjuka och hårda förvaltningar.

– En förvaltning kan sitta inne med lösningen på en annan förvaltnings problem. Om omsorgsförvaltningen har problem med en för varm innergård vid ett äldreboende, kan trädgårdsförvaltningen skapa skuggiga alléer så att äldre kan komma ut, säger hon.

Så bygger vi på säker grund

I ett blötare klimat och med mer temperaturskillnader behöver vi utveckla tekniker för att kunna bygga på säker grund. Sverige har lång tradition av geoteknik och det var problem med skred och dålig bärighet vid järnvägsbyggen som skapade behovet. Minna Karstunen forskar om hur vi kan bygga säkrare, framför allt i områden med lerjord.

Minna Karstunen är professor i geoteknik vid Avdelningen för geologi och geoteknik vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Fokus för hennes forskning är lösa leror och deras spänning-töjningssamband, samt vidareutveckling och modellering av jordförstärkningsmetoder.

Ett av de första stora skreden var järnvägsskredet vid Getå 1918, när 41 människor omkom och det var till följd av detta som Statens Järnvägar bildade sin geotekniska avdelning. Minna Karstunen, professor i geoteknik vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg, pekar på ett ökat behov av forskning inom geoteknik.

– Med de kommande klimatförändringarna är inte bara linjeinfrastruktur, som vägar och järnvägar, i farozonen, utan även byggnader. Särskilt utsatt är Göteborgstrakten som är känd för sina lösa leror, säger hon.

Det var också här som Tuveraset inträffade 1977 i Tuve på Hisingen, där nio människor dog och 436 blev hemlösa när 67 hus rasade samman. Jordskredet inträffade när en stor yta med regnmättad lerjord kom i rörelse och kanade längs den sluttande berggrunden.

Minna Karstunen var under 17 år verksam i Skottland, men flyttade till Göteborg och Chalmers 2012.

– Jag är nog den enda som har flyttat hit för stadens lösa lerors skull. Men jag ser för mig att det kommer att vara mycket intressanta tider för en geotekniker att verka här framåt, säger hon.

Mark som ska bebyggas kan ha olika egenskaper, som beror på jordens densitet och spänningsnivå. Dessa egenskaper beror på vilka material som ingår

och hur de är geometriskt arrangerade. Jord består vanligen av korn, vatten och gas. I just Göteborgstrakten bildades lösa leror för cirka 10 000 år sedan av glacial transport under is och sedimentering i vatten. Runt Göta älv kan lerlagren vara uppåt 140 meter djupa. Det finns även så kallad kvicklera, som är ännu mer porös.

– I marken är leran fast, men tar man ett prov och rör med en sked som i en kaffekopp, kan den snabbt få en konsistens som en Guinness, alltså nästan som vatten, säger Minna Karstunen.

Denna egenskap beror av hur hög sensitivitet leran har, en egenskap som är beroende av lerans vatteninnehåll. Hon betonar att de lösa lerorna inte är extrema här, det finns andra platser i världen som är mer utsatta.

– Hos oss är förhållandet en lerpartikel till tre vatten, medan man i lerorna under Mexiko City har förhållandet ett till nio, så där är problemet ännu större, säger hon.

För att kunna bygga stabila hus behöver ingenjörerna ta med markens egenskaper i sina beräkningar och Minna Karstunen studerar hur just lösa leror beter sig i fält och framför allt i olika modellsystem. När leran utsätts för tryck skapas en spänningsökning och beroende på riktning kan så kallade ”stress paths” vara mycket olika, vilket är viktigt att ta med i beräkningarna.

– I laboratoriet där vi arbetar med prover går det med apparaturen bara att mäta i vissa, fixerade riktningar, men i modellerna kan vi låta allt snurra, säger Minna Karstunen.

Utifrån dessa experiment har det visat sig vara bättre att använda kortare stödjepålar och även system där man vid grundläggning använder överlappande pålar. Det sistnämnda användes i ett projekt vid byggnationen av ett kontorshus i Lindholmen.

Normalt vilar bottenplattan på stödpålar som fördelar byggnadens last i leran. För att minska risken för sättningar över tid har man i detta fall även stödpålar som är fästa i berggrunden men som slutar en meter under själva bottenplattan. Dessa fungerar som omvända stödjepålar då de överför last från leran till fast grund. Den beräknade sättningen efter 100 år är med den nya tekniken 25 centimeter, men hade varit 60 centimeter utan de överlappande pålarna.

– Eftersom arkitekterna har valt att göra en sned byggnad, där de övre våningsplanen är större än de undre och dessutom makade åt ena sidan, hade man utan denna grundläggningsmetod även med tiden riskerat en snedbelastning, som nu går att undvika, säger Minna Karstunen.

En annan metod är så kallad ”deep mixing”, där man formar pålar i kalkcement på plats. Detta görs genom att man i marken blandar pulver, ungefär som när man rör ihop en kaksmet.

– På ett fiffigt vis utnyttjar man vattnet i den omgivande marken för att skapa den kemiska reaktionen och mixar ihop pålen direkt i marken, säger hon.

Denna typ av pålar har mycket mindre bärkraft än betong, men fungerar bra under exempelvis en parkeringsplats. Kalkcementpålar har också fördelen att de ger upphov till mindre mängd koldioxid än vad den standardcement som används i konventionella pålar gör.

Enligt Minna Karstunen talas det alltför sällan om den koldioxid som släpps ut som ett resultat av att vi bygger hus, eller andra konstruktioner med betong som fundament.

– Det går att minska den koldioxid som produceras vid tillverkningen av cement genom att i stället använda industriella restprodukter, exempelvis flygaska, säger hon.

Ren standardcement ger upphov till mer än 900 kilo koldioxid per tillverkat ton, vilket kan jämföras med flygaska som ger upphov till fyra kilo koldioxid per tillverkat ton.

Något som också kan komma att bli en utmaning framåt är höjda havsvattennivåer. I floden Themsen, som flyter genom London, har man i ett omfattande projekt byggt portar. Dessa ska kunna stängas vid behov, som när det blir mycket höga flöden på grund av att flod och vind kombineras.

– Men det är ju en trafikerad flod, precis som Göta älv, och den går inte att blockera permanent, säger Minna Karstunen.

Nederländerna är ett annat exempel, men där har man bättre markförhållanden, med sand och torv i stället för lera, som gör marken mer stabil. I Sverige är det, enligt Minna Karstunen, främst Göteborg och Malmö som kan bli utsatta, då de vetter mot öppet hav, till skillnad mot Stockholm som ligger ganska skyddat vid Östersjön, ”som inte är lika vild”, som hon uttrycker det.

I ett förändrat klimat pekar Minna Karstunen också på att konstruerade och bebyggda slänter kommer att bli ett stort problem.

– När jag flyttade hit och skulle köpa hus var det exempelvis en del slänter längs Göta älv som jag definitivt ville undvika att bo på, säger hon.

En sluttning som i dag är stabil, kan också i takt med ett blötare klimat förändras på 25 år. Att undvika framtida problem kräver därför planering, som att undvika att bygga på vissa platser, eller att skapa anpassningar. Något hon lyfter fram är även linjeinfrastruktur, som järnvägar och vägar, och de bankar och slänter som omgärdar dessa. Här har Trafikverket gjort en geoteknisk klassificering, där olika områden definieras som gröna, gula eller röda – där de röda behöver åtgärdas.

– Men med klimatförändringen riskerar ett område som tidigare varit grönt eller gult att bli rött, säger hon.

Dränering av dagvatten är också en viktig del att ta med i planeringen, med tanke på ökad risk för skyfall. Stora mängder vatten som finner sin väg exempelvis genom en kulvert kan föra bort partiklar och på sikt skapa underjordiska deformationer eller förhöjt porvattentryck, alltså trycket av det vatten som finns i jordens porer, och kan i sin tur skapa rasrisk.

– Det är sällan själva marken som är problemet i sig, utan vattnet i marken. Metoderna som vi har använt hittills för släntstabilitet kan inte användas, eftersom de tar inte tar med effekterna av porvattentryck, säger Minna Karstunen

Utmaningar inom ett fält är också en bra grund för innovationer, där Minna Karstunen nämner ett par aktuella exempel. Själv är hon inblandad i ett projekt där hon och hennes kollegor tillsammans med ett företag vill utveckla bättre instrument för att mäta just porvattentryck. Sådana instrument kallas tensiometrar, men de som finns i dag fungerar bäst då det gäller att mäta positiva tryck, vilket är fallet när hela konstruktionen som man mäter på är under grundvattennivån.

– Vi är intresserade av att finna metoder för att mäta porvattentryck under cykliska förhållanden,

alltså även när konstruktionen inte är helt vattentättad, som kan vara fallet i naturliga slänter. Det är en situation vi kommer att se mer av eftersom vi kommer att få större temperaturskillnader framåt, säger hon.

Ett annat av hennes projekt inbegriper geotermiska pålar. Inuti dessa pålar – som kan vara konstruerade av betong eller stål – ska det löpa slingor, för att på liknande vis som när man använder bergvärme utnyttja skillnader i temperatur djupt ner i marken. Denna typ av pelare är omkring 15–20 procent dyrare än vanliga, men har fördelen att värma huset på ett förnybart sätt.

– Tekniken används utomlands, men i Göteborg kommer pelarna – på grund av lerorna – att vara flytande, vilket är en ytterligare dimension och kan leda till oönskade långtidsdeformationer. Målet är att underlätta en säker och hållbar utveckling av underjordiska geotermiska installationer i skandinaviska lösa leror.

En annan klimatsmart idé är att helt enkelt återanvända grundfundament, så att de kan flyttas till en ny plats om det behövs.

– Detta görs redan för konstruktioner till havs, men liknande tekniker skulle kunna användas även för konstruktioner på land, säger Minna Karstunen.

Nödbroms saknas – utsläppen måste ned

Olika former av ingenjörskonst skulle kunna användas för att motverka klimatförändringen, exempelvis att minska solinstrålning eller att på olika sätt fånga in koldioxid. Enligt Markku Rummukainen bör vi dock i första hand satsa på att minska utsläppen av växthusgaser.

Markku Rummukainen är klimatexpert vid Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, docent i meteorologi vid Helsingfors universitet och professor i klimatologi vid Centrum för miljö- och klimatforskning vid Lunds universitet.

De globala utsläppen av växthusgaser uppgår till ungefär 50 miljarder ton koldioxidkvivalenter per år. För att nå tvågradersmålet behöver dessa sänkas drastiskt, till nära en nollnivå på 50 års sikt. Det är i ljuset av denna utmaning som olika former av geoengineering, GE, eller – som det också kallas – climate engineering, CE, har lyfts fram. De olika tekniska lösningar för att minska klimatförändringarna kan huvudsakligen delas upp i två olika varianter: metoder som på olika vis hindrar solens strålar från att nå jordens yta och metoder för att ta bort koldioxid.

Möjligheten att använda metoderna är dock inte likvärdiga, enligt Markku Rummukainen, klimatexpert vid Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, och professor i klimatologi vid Centrum för miljö- och klimatforskning, vid Lunds universitet.

– När forskare räknar på hur utsläppsutvecklingen skulle kunna bli framöver, inom ramen för olika globala samhällsutvecklingar, är det bara vissa former av koldioxidlagring som finns med, de andra metoderna dras med alltför stora osäkerheter, säger han.

Vad är det då för metoder vi talar om? När det gäller att minska mängden solinstrålning är tanken att påverka antingen jord- eller havsyntans reflektion, exempelvis genom att reflektera bort solinstrålning

med hjälp av vita ytor. Andra metoder går ut på att förtäta moln i troposfären eller att påverka den övre atmosfären genom att sprida ut svavel i form av svavelgaser eller sulfatpartiklar. Dessutom finns idén att använda gigantiska speglar eller miljardtals mikro-partiklar som förs ut i rymden, med målet att reflektera bort solinstrålning.

Av dessa förslag är det idén om att sprida ut svavel i stratosfären, ungefär 20 kilometer upp, som har fått störst uppmärksamhet. Forskare har här inspirerats av vulkanutbrott, som också frigör stora mängder svavel, med sulfatpartiklar som följd och studier har visat att dessa har en kylande effekt globalt. Därför har tanken förts fram att det skulle gå att minska den globala temperaturen några grader med hjälp av några miljoner ton svavel.

Men miljöriskerna är omfattande, och inbegriper ett uttunnat ozonskikt och rubbade nederbörds-mönster. Eftersom koldioxidutsläppen inte skulle påverkas, skulle havsförsurningen fortsätta. Dessutom finns risk för påverkan av växtligheten i och med ändrad balans mellan indirekt och direkt solinstrålning, något som kan komma att störa fotosyntesen.

– Ett problem är också att partiklarna inte stannar kvar i atmosfären, utan skulle kontinuerligt behöva fyllas på så länge som atmosfärens koldioxidhalt inte minskar, under flera hundra år. Då behöver man ta sig an frågan om ansvar. Tänk dig att landet X som

en desperat åtgärd släpper ut svavel i statosfären, och att det sedan gör att landet Y drabbas av minskad nederbörd, vems ansvar är det? Kunskapen om dessa metoder och om frågorna förknippade med dem är bristfällig, säger Markku Rummukainen.

När det gäller metoder för att fånga koldioxid, carbon capture and storage, CCS, (koldioxidinfångning och lagring), har forskare diskuterat möjligheten att stimulera växtplankton i haven att binda koldioxid, genom att göda haven med järn. Detta är dock inte heller okontroversiellt.

– Det finns studier som visar att det inte är särskilt effektivt, och vi vet heller inte hur det skulle påverka havens ekosystem. Inom FN:s konvention för biologisk mångfald har man därför kommit överens om att man ska avstå från sådan gödning av haven, säger han.

Forskningen har kommit något längre vad gäller en metod som innebär avskiljning och lagring av koldioxid vid förbränning av biobränsle, Bio-Energy with Carbon Capture and Storage, BECCS. Metoden lyfts även fram i FN:s klimatpanels, IPCC:s, senaste utvärdering. Om koldioxiden avskiljs vid förbränningen och sedan lagras i marken finns möjligheten att åstadkomma negativa nettoutsläpp.

– Med vanlig skogsplantering kan man som bäst hamna i nära nollutsläpp. Det beror på att koldioxiden som tagits upp släpps fri igen när biomassa förbränns eller vid en skogsbrand. Använder man virket för

produkter, kan man åstadkomma viss kolinlagring, säger Markku Rummukainen.

Negativa kolutsläpp vid BECCS kräver dock att kolinnehållet i biobränslet ersätts genom exempelvis motsvarande skogsplanteringar. För att metoden skulle få avsedd inverkan förutsätts också att flera miljarder ton biobränsle omfattas i detta system årligen, vilket skulle innebära stora utmaningar för den globala markanvändningen.

– Här finns risken för konflikter om mark tas från livsmedelsproduktion, säger Markku Rummukainen.

Andra exempel kan vara om biomassa börjar odlas på mark som tidigare använts för bevarande av biologisk mångfald eller för olika ekosystemtjänster.

Ytterligare ett dilemma är osäkerhet om hur koldioxiden ska kunna lagras över tid. Hittills har sådan lagring, i samband med fossila bränslen, skett i mindre skala, till exempel i geologiska formationer till havs, så kallade akvifärer. I dag används CCS på ett hundratal platser, företrädesvis där företag pumpat ner koldioxid i olje- och gasfält för att få upp resterande olja och gas.

– Det är fortfarande osäkert hur täta och säkra olika geologiska formationer är. Det finns potentiellt många lagringsplatser, men deras egenskaper varierar och de lagringar som hittills gjorts handlar om korta perioder, säger Markku Rummukainen.

Även i Sverige finns några platser som skulle kunna ha geologiska förutsättningar för koldioxidlagring,

till exempel runt den skånska kusten, i Kattegatt utanför Skånes sydspets och ett bälte i Östersjön mellan Gotland och länderna Lettland, Litauen och Polen.

Men även vad gäller koldioxidlagring finns problem med ansvarsfrågan.

– Om företaget Z lagrar koldioxid i 20 år och sedan stänger, vem ansvarar då för koldioxiden efter 100 år – bör företaget ta det ansvaret, eller landets regering? säger Markku Rummukainen.

Det är även viktigt att komma ihåg att denna form av koldioxidlagring är lämplig främst för stora punktutsläpp – eller kluster av punktutsläpp – av koldioxid, med utsläpp på miljontals ton koldioxid. I Sverige skulle det kunna vara intressant för processrelaterade utsläpp, exempelvis inom cementindustrin och järn- och stålindustrin.

Dagens varianter av koldioxidlagring fungerar alltså inte för att ta hand om diffusa utsläpp från exempelvis bilar. Markku Rummukainen beskriver att det finns lösningar för att samla in och binda koldioxid från luften, men de är ännu på innovationsstadiet. Uppstartsföretag i Kanada, USA och Schweiz har exempelvis utvecklat tekniker för att återföra koldioxid från luften i ett nollnetto-kolbränsle för fordon.

På lokal nivå skulle koldioxidlagring med hjälp av så kallat biokol kunna vara en lösning. Sådant kol

skapas då biomassa förbränns med begränsad tillförsel av syre, och ungefär en tredjedel av biomassan ombildas då till biokol. Dess kemiska egenskaper gör det svårt för bakterier och svampar att bryta ner kolet och det kan därför bevaras i jorden upp till 10 000 år. Att gräva ner biokol är alltså ett sätt att långtidslagra koldioxid i marken.

– Eftersom det porösa kolet dessutom luckrar upp jorden kan det fungera som jordförbättrare, och innan kolet grävs ner bör man ladda det med gödsel, säger Markku Rummukainen.

En hake är dock att metoden är svår att skala upp. – Men den kan användas för att bekämpa utsläppen lokalt, på liknande vis som att skapa vita ytor i en stad för att reflektera bort solstrålning kan minska uppvärmningseffekten lokalt, säger han.

Sammantaget anser Markku Rummukainen att det bästa mänskligheten kan göra för att begränsa den globala uppvärmningen är olika insatser för att minska utsläppen av koldioxid.

– Vad vi beslutar om nu sätter gränserna för våra förutsättningar framåt. Det viktigaste är att vi tar beslut om vilken väg vi ska gå, annars begränsar vi våra långsiktiga val vad gäller kostnaden för utsläppsminskningar, när och vilken ny teknik som slår genom och så vidare.

Enligt honom kommer det dock att krävas ”rätt mycket CCS och BECCS på sikt” för att det ska gå

att klara tvågradersmålet, speciellt om de globala utsläppen inte börjar minska tydligt i närtid. Som med all ny teknik tar det dock tid att skala upp och dessutom har tidigare investeringar en viss livslängd. Det finns därför behov av att skapa förutsättningar för klimatrelaterade investeringar och affärsmodeller.

– I demonstrationsfasen gynnas utvecklingen av att regeringarna är med och ger stöd för att främja innovationer, teknikutveckling, demonstration och uppskalning, säger Markku Rummukainen.

Dessutom finns det saker som kan göras för att rätta till spelplanen. I dag subventioneras fossila bränslen globalt sett med stora belopp. Än större ter sig subventionerna när man även räknar in hälsoeffekterna av de luftföroreningar som utöver koldioxid är förknippade med fossila bränslen. Internationella valutafonden, IMF, har i en nyligen släppt rapport studerat just detta. Sammanlagt kan subventionerna och kostnaden för samhället via hälso- och climateffekter uppgå till motsvarande 6–7 procent av världens BNP.

– Fossila bränslen är fortfarande till stor del ”free-riders” i världen, vilket förstås påverkar hur nya energilösningar kan etablera sig på marknaden, säger Markku Rummukainen.

Kontroversiellt att manipulera klimatet

För att möta klimathotet diskuteras nu även metoder för att på teknisk väg styra det globala klimatet, metoder som går under paraplybenämningen "geo-engineering". Anders Hansson har studerat den vetenskapliga debatten och allmänhetens attityder till fenomenet och visar att den svenska allmänheten är skeptisk.

Anders Hansson är universitetslektor vid Tema Teknik och social förändring vid Linköpings universitet. Han studerar forskning om "climate engineering" inom ramen för programmet Linköping University Climate Engineering Programme (LUCÉ).

Begreppet ”geoengineering” innebär storskalig och avsiktlig manipulering av en planets klimat, och här används också ofta begreppet ”climate engineering”, CE. Idéerna om att kontrollera klimatet är gamla och de första förslagen togs fram i USA redan på 1830-talet. Då var syftet främst att motverka torka eller att förbättra jordbruket. Anders Hansson, universitetslektor vid Tema Teknik och social förändring vid Linköpings universitet, beskriver att förslaget då inte lämnade idéstadiet.

– Möjligtvis på grund av att det kritiserades för att vara orealistiskt och riskfyllt. Men idéerna levde vidare och återaktualiserades med kraft under kalla kriget, säger han.

Det kalla kriget kallas perioden efter andra världskrigets slut, fram till Berlinmurens fall 1989. Den militära kapprustningen mellan supermakterna omfattade då metoder för kontroll över väder och klimat, men dessa ansträngningar avbröts eftersom kritiken, på grund av miljöriskerna och etiska invändningar, blev alltför kraftfull.

Kritiken ledde fram till att ett internationellt FN-avtal signerades 1977: *United Nations Convention on the Prohibition of Military or any other Hostile Use of Environmental Modification Techniques (ENMOD)*. Därefter rådde vad som kan kallas ett outtalat forskningstabu, som bröts först 2006 av nobelpristagaren Paul Crutzen.

– Han betonade då allvaret i klimatkrisen och menade att det vore oansvarigt att inte ens överväga eller inleda forskning om geoengineering som en möjlig desperat nödlösning eller plan B, säger Anders Hansson.

De klimatpolitiska ansträngningarna för att förhindra global uppvärmning fokuserade till en början på utsläppsreduceringar för att sedan, när det stod klart att det inte längre var realistiskt att klimatet skulle kunna lämnas opåverkat, även omfatta forskning om anpassning av samhället efter de nya klimatförhållandena. Ett möjligt tredje huvudspår skulle kunna vara CE (som beskrivs mer utförligt i föregående kapitel), eftersom man här riktar in sig på direkta ingrepp i klimatsystemen.

Anders Hansson berättar att metoderna de senaste åren har börjat utvärderas av FN:s klimatpanel, flera ledande vetenskapliga organisationer i USA, Storbritannien och Tyskland samt av en rad andra större och mindre forskningsinitiativ världen över. Enligt honom är dock den forskning som bedrivs i huvudsak på skrivbordsstadiet.

– Det går inte att göra annat än som mest små experiment och dessa går inte att skala upp eftersom stora försök också skulle innebära oacceptabla risker, säger han.

I dagsläget är ingen av CE-teknikerna väl utredda. Klart är dock att de alla är behäftade med stora miljörisker samt tekniska och politiska utmaningar.

– Men den teoretiska potentialen för flera av metoderna är så stor att många ledande aktörer som exempelvis FN:s klimatpanel, National Academy of Sciences i USA och Royal Society i Storbritannien har intagit hållningen att mer forskning behövs för att därefter kunna fatta välgrundade beslut om en eventuell fortsatt utveckling, säger Anders Hansson.

Men enligt honom är det få aktörer som oreserverat är för en snar användning av CE och stödet är lågt om man jämför med de övriga möjligheterna att hantera växthuseffekten.

– Denna skepticism avspeglas även i den internationella debatten i massmedia där det numera finns en övervikt av röster som betonar att CE vore oansvarigt, galenskap, science fiction eller hybrist. Men det beror också på vilken teknik som diskuteras och vilken skala man tänker sig, säger Anders Hansson.

För att studera attityder till CE har Anders Hansson inom ramen för projektet Linköping University Climate Engineering Programme gripit sig an frågan på olika vis. I en studie som publicerades 2015 i *Energy Research and Social Science* har man gjort gruppintervjuer med lekmän i Sverige och diskuterat CE. Något som blev tydligt var att ingen av deltagarna hade någon kunskap om dessa metoder innan, även om personer i ett par fall trodde att de visste vad CE var.

– Vi som ledde samtalen ville ha en öppen diskussion och presenterade det hela som att ”det finns globala klimatproblem och vissa forskare förespråkar den här typen av lösningar, hur ser ni på dem?”, säger Anders Hansson.

Sammantaget var alla de åtta fokusgrupperna, med totalt 45 personer, mycket skeptiska till CE.

– Det här var vanliga människor utan relaterad utbildning, men de ringade snabbt in problemen med att gå in och manipulera klimatet på stor skala. Man ville hellre försöka möta klimatproblemen på andra sätt, som att övergå till förnybara bränslen, säger han.

Kontentan blev att alla fokusgrupperna slutligen sa nej.

– Det verkar som om attityden är mer negativ i Sverige, jämfört med hur det ser ut i andra länder, säger han.

Han tror inte att forskningsledarnas medverkan påverkade resultatet i mer positiv riktning.

– Vanligen vill försökspersoner vara till lags, det är så vi är som människor, men trots att många trodde att vi var positivt inställda till CE, landade man ändå i åsikten att man var emot, säger Anders Hansson.

I en annan studie som publicerades år 2014 i *Environmental Humanities* har han tillsammans med kollegan Jonas Anshelm studerat hur CE diskuteras i internationell massmedia. Här analyserade

forskarna 1 500 artiklar som var publicerade mellan 2005 och 2013, huvudsakligen engelskspråkiga.

– Mediebevakningen i Sverige har varit försvinnande liten, så vi behövde ett större material, säger han.

Det som gick att se var att det för tio år sedan fanns mer optimism om CE:s potential, och att det huvudsakligen var förespråkare som kom till tals.

– Men även förespråkarna reflekterade kring problem och hade en ödmjuk hållning, vilket man kan sätta i kontrast till den oförblommerat positiva inställningen till kärnkraft som fanns under 1950- och 60-talet, säger Anders Hansson.

Den försiktiga hållningen genomsyrar även forskarvärlden. Anders Hansson berättar hur han på de två stora internationella CE-konferenserna i Berlin 2014 och 2015, hörde ledande forskare uttrycka att man vet för lite om klimatintervention i dag.

– Här förespråkades också att man bör undvika den övergripande benämningen geoengineering och i stället betona de enskilda teknikerna eftersom de inbördes är väldigt olika. Man är också noga med att CE inte bör få ta forskningsmedel från andra projekt som syftar till att förhindra klimatförändringar utan att CE bör ses som ett komplement, säger han.

Hans tredje forskningsspår är att studera vad forskare som själva arbetar i fältet anser om CE. Här har han inlett intervjuarbetet, men det är ännu för tidigt att dra några slutsatser.

– Men det var lite intressant att flera ledande forskare i fältet är så skeptiska själva. Ken Caldeira vid Stanford University i USA uttrycker till exempel ”jag är expert på något jag inte tycker om”, säger Anders Hansson.

Allt ansvar kan inte läggas på individen

Informationskampanjer är bortkastade pengar och det är också fel att ställa miljökrav på enskilda individer, anser Misse Wester. I stället bör ansvaret ligga hos de som har makt, hos politikerna, och dessa måste, enligt henne, som grupp bli bättre på att agera långsiktigt.

Misse Wester är doktor i psykologi och docent i riskforskning vid Centrum för bank och finans vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm. Hon forskar även om krishantering och riskkommunikation vid Totalförsvarets forskningsinstitut.

I sin vardag ställs människor hela tiden inför beslut som i stort eller smått påverkar klimatet. Ofta hävdas i dessa sammanhang att om bara människor har tillräcklig kunskap, kommer vi också att välja på ett mer klimatsmart vis. Men det håller inte Misse Wester, doktor i psykologi och forskare vid Centrum för bank och finans vid Kungliga tekniska högskolan, med om. Enligt hennes forskning har tilltron till kunskap om klimatfrågan varit alltför stor, och alltför kostsam.

– Den rådande grundtanken har varit att ”om vi har kunskap så kommer vi att ställa om”, men det är inte så enkelt. Klimatfrågor är mycket komplexa sammanhang som är svåra att förstå och allmänheten ska inte avkrävas den kunskapen, säger Misse Wester och fortsätter:

– Många miljoner kronor pumpas ut i upplysningskampanjer, men till vilken nytta? Det är bortkastade pengar!

Misse Wester är också kritisk till att återkopplingen till individen efter genomförda miljöinsatser är alltför svag. Här har miljöpsykologisk forskning i England och Holland visat att just feedback får människor att agera. Därför efterlyser hon förstärkande budskap av typen ”det här gör ni bra – fortsätt med det”. Exempelvis kan en enkel åtgärd som att sätta ett klistermärke på soptunnan med texten ”jag återvinner” göra personer mer villiga att lägga ned den extra tid det tar att källsortera sitt avfall.

– Men den typen av tillrop följs i dag ofta av ett uppläxande förbehåll. Vad man än gör så är man en dålig människa – vi kommer ingenstans med det tankesättet! För att ge effekt måste kunskap brytas ned till vad något innebär mer konkret, exempelvis att väderförändringar i förlängningen kan ge översvämning i källaren. Först då blir konsekvenserna hanterbara för individen, säger Misse Wester.

Men att individer förstår dessa konsekvenser leder inte självklart till att människor agerar. Och Misse Westers forskning ger vid handen att inte heller klimatsmarta värderingar hos individer nödvändigtvis leder till klimatomständigt bättre beslut.

– Att kartlägga värderingar och attityder visar vad en person vill göra, men inte vad hon kan göra. Det som verkligen styr är utbudet, det vill säga om det finns möjlighet att göra bra val, något som ofta saknas för enskilda individer, säger hon.

Hon och hennes kollegor har i EU-projektet *Low Carbon at Work, LOCAW*, undersökt hur beteende överförs mellan olika sammanhang, exempelvis hur beteenden från hemmet överförs till arbetsplatsen.

– Den forskningen visar att vi inte kan agera utifrån våra värderingar i alla situationer. Det kan exempelvis vara svårt att styra elförbrukningen på jobbet, men väl hemma. Och på jobbet kanske de köper in ekologiskt kaffe, något som vi kanske inte har råd med i vårt privatliv.

En anledning till att en klimatintresserad person ändå inte agerar på det viset kan vara att det kostar för mycket att leva klimatanpassat för privatpersoner. En annan del är att enskilda individers uppoffringar egentligen inte ger några mätbara effekter.

– Och detta kan skapa uppgivenhet, säger hon.

Som konsument finns det, lite tillspetsat, möjlighet att göra tre viktiga val för klimatet: i affären när vi handlar varor och mat, när vi bestämmer hur vi ska bo samt när vi reser.

– Vi lägger ansvaret för att göra rätt val på konsumenten, men dessa krav är orimliga, säger Misse Wester och betonar det faktum att marknadens utbud styr mer än attityder.

För att möjliggöra förändring behövs ökad kunskap om hur människor fungerar i beslutssituationer. De beslut en person fattar baseras till viss del på värderingar, men till stor del också på individens självbild. Hon exemplifierar detta med beslutet att investera i en ny bil.

– Bilköpet är ett statement om vår identitet, och vilken bil det slutligen blir avgörs mycket av vilken social status jag har – eller vill ha. Jag kanske behöver en stor bil och samtidigt har jag en värdering om att jag vill vara miljövänlig. Om vi ska förändra samhället måste vi förstå hur dessa beslut fattas och ge konsumenten ett utbud som svarar mot de krav och önskemål som konsumenten har, säger Misse Wester.

Hon belyser exemplet med bilindustrins negativa reaktion mot katalysatorn då denna infördes, en teknisk utveckling för att minska utsläpp som vi i dag tar för givet.

– Det går alltså att få fram klimatsmarta produkter som konsumenterna vill ha, utan att kompromissa med konsumentens självbild, säger Misse Wester.

Hon anser också att det behövs en ödmjukhet inför hur det övriga samhället ser ut.

– Vi kommer sannolikt inte att sluta flyga till Thailand, utan vi måste i stället ställa om flyget. Varför går det inte att göra flygplan som kör på förnybara bränslen? Vi kan inte tvinga människor att anpassa sig om det inte kommer naturligt, säger hon.

Enligt Misse Wester ligger en av framgångsnycklarna i att ställa krav på dem som faktiskt har makt, våra politiker. De som har makt måste också förstå hur människors vardag ser ut. I Sverige och i många andra länder väljs politiker på fyraåriga mandatperioder, något som komplicerar agerande i klimatfrågan eftersom en sådan tidsrymd är alltför kort för att verka långsiktigt.

Misse Wester beskriver också hur andra forskare efterlyser ett oberoende miljöinstitut. Detta skulle kunna ha ett långsiktigt och övergripande ansvar i klimatfrågan, jämförbart med Riksbankens funktion i den svenska ekonomin.

Det talas ofta om en utbredd rädsla för klimatförändringar, men Misse Wester håller inte med om den bilden.

– Tvärtom är vi alldeles för orädda. Framförallt politiker – de borde i stället vara livrädda!

Så kan du klimatanpassa ditt hus

Ett förändrat klimat, med ökad risk för stormar, skyfall och värmeböljor kräver att vi bokstavligen ser om vårt hus. Björn-Ola Linnér har tillsammans med kollegor tagit fram ett interaktivt webb-verktyg, som ger husägare en bild av hur framtiden kan te sig, och dessutom råd om lämpliga åtgärder.

Björn-Ola Linnér är professor i miljöförändring vid Tema Miljöförändring, samt professor vid Centrum för klimatpolitisk forskning vid Linköpings universitet. Han sitter också i ledningsgruppen för NORD-STAR, Nordiskt Excellence Centrum för strategisk forskning om anpassning till klimatförändringarna.

Framtida klimatförändringar kan vara abstrakta att kommunicera, något som Björn-Ola Linnér, professor i miljöförändring vid Linköpings universitet, blev varse i FN:s klimatförhandlingar och i överläggningarna kring FN:s klimatpanel, IPCC:s, rapport 2007.

– Forskare visade en massa fula excelfiler som skulle illustrera olika tänkbara scenarier och det var nog många förhandlare som inte greppade presentationerna. Jag kände då att vi skulle behöva ta fram verktyg som på ett tydligare sätt visualiserade vad förändringarna skulle kunna komma att innebära, säger han.

Ett av resultaten blev webb-verktyget VisAdapt, som har utvecklats med finansiering av en grupp nordiska försäkringsbolag. Enligt Björn-Ola Linnér är klimatvisualisering ett sätt att göra klimatförändringarna begripliga.

– Drömmen har varit att ta fram ett verktyg som ska konkretisera vad klimatförändringarna innebär för just dig. Och inte minst, vad kan du göra? Poängen är att ge den enskilde verktyg för att motarbeta maktlöshet, säger Björn-Ola Linnér.

När hus- eller fastighetsägaren skriver in sin adress kommer huset fram på bild. Genom att svara på frågor, som hur källaren, taket och fasaderna är konstruerade och hur stor tomtyta som är asfalterad, går det att få fram en individuellt anpassad lista med förslag på åtgärder.

Under fliken ”Temperatur” kan åtgärderna handla om att fönster bör målas oftare eftersom värmen kommer att göra att färglagren torkar ut snabbare. För att behålla en behaglig innertemperatur kan man montera solskydd, som markiser. Eller, på längre sikt, går det att för skuggans skull plantera träd – men med tanke på att även stormarna kommer att öka, bör dessa vara lövträd, då barrträd har grundare rötter och riskerar att blåsa omkull.

Klickar man på fliken ”Nederbörd” kan det i stället handla om åtgärder som syftar till att undvika fuktskador, som att dränera husgrunden. Under fliken ”Skyfall” kan åtgärderna vara att se till att tomten kan ta upp överflödigt vatten genom att blanda upp kompakt lera med grus, eller att ersätta sådana ytor med gräs. Och i källaren kan man sätta igen avlopp som inte används och se till att placera värdefulla saker ovanför golvnivån. Ytterligare åtgärder kan vara att installera tekniska lösningar som backventiler, eller återflödesblockerare för att undvika att vatten pressas upp från avlopp eller toaletter. Hus som ligger i sluttningar kan också behöva ses över med tanke på jordskred, men här rekommenderas husägaren att diskutera med kommunen.

Med verktyget går det också att zooma ut och via fliken ”Klimatrisker” se vad som kan hända i hela regioner. Här fick sig ett av de finansierande försäkringsbolagen en tankeställare, berättar Björn-Ola Linnér.

Det blev tydligt att deras eget kontor ligger illa till, om det sker en havsnivåhöjning på 100 centimeter.

– Om det scenariot blir verklighet kommer deras huvudkontor i Köpenhamn att översvämmas till hälften. Det var nog inget som representanterna för försäkringsbolaget hade tänkt på innan de fick se det visualiserat, säger han.

Men det är inte bara havsnivåhöjningar som kan påverka byggnader. Genom att klicka på fliken ”Exponeringsrisker” går det exempelvis att se att för en del byggnader i Trondheim är snarare jordskred och stormar en framtida fara.

En målsättning har varit att på ett ansvarsfullt sätt visa att de framtida scenarierna är osäkra. Detta illustreras exempelvis med en pil som rör sig för att markera att temperaturen kan komma att bli 5–8 °C högre, eller att det framgår att årsnederbörden kan komma att öka med mellan 677 och 773 millimeter. – Verktuget utgår från de noggrant framtagna klimatscenarier som IPCC har tagit fram och vi har en enorm tillgång i vår samarbetspartner SMHI. Alla data som används i verktuget hämtas också från robusta källor, säger Björn-Ola Linnér.

Exempelvis hämtas data om översvämningsrisker från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB:s, översvämningskartering.

Han berättar att det finns andra anpassningsverktyg, exempelvis WeAdapt. Det är en hemsida där

deltagare från olika hörn av världen beskriver vad de gjort lokalt för att klimatanpassa sig, något som kan tjäna som inspiration för andra och ge tips till städer eller områden med liknande geografiska förutsättningar.

– Jämfört med andra visualiseringsverktyg har vår sida den stora fördelen att vara interaktiv, där du själv kan påverka vilka typer av förändringar du vill studera, säger Björn-Ola Linnér.

När detta skrivs har lite drygt 20 000 personer besökt och använt visualiseringsverktyget, som är tillgängligt på de skandinaviska språken samt på engelska.

I ett nästa steg hoppas Björn-Ola Linnér att verktuget ska börja användas i skolor, som en del av undervisningen om hållbar utveckling.

– Det blir ett sätt att konkretisera vad framtida klimatförändringar kan betyda just där jag bor. Om man på detta sätt blir varse hur förändringarna kan påverka en själv, kan ett nästa steg bli att intressera sig för vad som kan göras för att minska riskerna, exempelvis genom att verka för minskade utsläpp av växthusgaser, säger han.

Avslutande ord

Skymning. Sitter på balkongen där mina många växter bildar en grön oas och skriver dessa avslutande ord. Vaknade norr om Uppsala där dimman höll på att lätta och såg ut över ett landskap präglat av runstenar, stenkyrkor och byggnader som vittnar om våra förfäders vedermödor. På åkrarna gick skörde-tröskorna varma. Väl tillbaka i Stockholm kunde jag vandra genom seklerna, genom Gamla stan, malmarna och våra nybyggda strandnära bostadsområden.

Men tänk om jag skulle kunna vandra in i framtiden. Hur skulle det då se ut? Fortsätter de pågående klimatförändringarna i oförminskad takt kommer det att vara tre till fyra grader varmare 2100 och havsytan har då ökat med en meter. Vid ytterligare temperaturhöjningar kommer isen på Grönland att smälta, havsytan att stiga avsevärt och viktiga biotoper som regnskogar kommer att drabbas hårt.

Allt detta är förorsakat av oss människor. Den klimatmässiga jämvikt som har präglat vår planet i mer än 10 000 år, och gett goda förutsättningar för mänsklighetens ökade välstånd, är rubbad.

Mänskligheten står nu inför sin kanske största utmaning – att bryta den pågående uppvärmningen av planeten, där gränsen för ett hållbart klimat är satt till högst två graders ökad medeltemperatur. Ska vi hålla oss inom säkra gränser bör dock ökningen vara mindre.

Den globala uppvärmningen skiljer sig från tidigare hot mot mänskligheten som ofta har varit lokala eller regionala, exempelvis översvämningar, vulkanutbrott eller missväxt. Dödliga sjukdomar har spridits över jordklotet men med viss eftersläpning vilket har möjliggjort förebyggande eller botande insatser.

Det förändrade klimatet kommer att påverka hela världens befolkning på olika sätt och i varierande omfattning, där de redan fattigaste oftast kommer att drabbas hårdast. För att bromsa uppvärmningen måste hela mänskligheten vara överens om att vidta samordnade och kraftfulla åtgärder, som i vissa fall i grunden ändrar levnadssättet för många. Ett åtagande som lätt kan leda till vanmakt och handlingsförlamning.

Det finns dock anledning till optimism. Under 2015 lyfts klimatfrågan upp på den globala politiska agendan vid flera tillfällen. I juli antogs ett dokument om utvecklingsfinansiering vid en FN-konferens i Addis Abeba. Ett historiskt dokument säger vissa, otillräckligt konstaterar andra, men det är trots allt ett steg framåt.

När detta skrivs, i augusti 2015, står FN:s generalförsamling i september för porten. Där kommer förhoppningsvis 17 nya hållbarhetsmål, som ska leda utvecklingen såväl globalt som nationellt de kommande 15 åren, att antas. Det finns också goda förhoppningar om att klimatmötet i Paris i december

ska leda till ett nytt klimatavtal. Kanske är det inte tillräckligt men det är ett viktigt steg på vägen för att återfå planetens balans. Ett starkt skäl till optimismen är att alltfler aktörer engagerar sig i klimatfrågan och är beredda att driva på eller gå längre än nationalstaterna. Detta kan gälla nätverk av städer eller företag som inte bara ser att hållbarhet är en förutsättning för framtida verksamhet, utan också kan ge goda affärsmöjligheter. Vi har aldrig haft så mycket kunskap, bra teknik och möjligheter att dela information med varandra som nu.

De politiska överenskommelserna måste fyllas med innehåll för att bromsa temperaturökningen, men det måste också ske en anpassning till den temperaturökning som ofrånkomligen kommer att ske. I den här boken belyser vi vad olika forskare och andra intressenter anser behöver göras för att bromsa temperaturhöjningen. Vi tar även upp vad som kan, och bör, göras för att anpassa samhället till det nya klimatet. Det kan gälla hur klimatet påverkar sjukdomspanoramata, grunden för var och hur vi bygger våra hus samt den pågående diskussionen om att med ingenjörskonst försöka manipulera klimatet globalt.

Huvudansvaret för att leda såväl uppbromsningen som anpassningen ligger på beslutsfattare på olika nivåer och inom olika samhällssektorer. Men som enskilda individer kan vi också bidra beroende på hur vi bor, transporterar oss och konsumerar.

Vi vet i dag mycket om den pågående klimatförändringen, dess effekter och vilka åtgärder som bör vidtas. På flera områden behövs dock ökad forskning där Formas – forskningsrådet för hållbar utveckling – är en viktig finansiär.

Ytterst måste dock det globala samfundet hantera den kunskap som finns och fatta de nödvändiga besluten. Det kommer att kräva såväl mod som solidaritet mellan länder samt mellan dagens befolkning och framtida generationer.

Stockholm 23 augusti 2015

Ingrid Petersson, generaldirektör, Formas

Ordlista

Antropogen: Något som påverkats, skapats eller orsakats av människan.

Atmosfären: Det tunna lager av gaser som finns runt jorden.

BECCS: "Bio-Energy with Carbon Capture and Storage".
Avskiljning och lagring av koldioxid från förbränning av biomassa.

Betong: Görs av cement, vatten, grus eller annat bergmaterial samt vissa tillsatser. För att öka hållfastheten kan man gjuta in armeringsjärn.

Biologisk mångfald: Diversiteten inom arter (genetisk), samt av arter och ekosystem.

CE: "Climate Engineering", tekniker för att avsiktligt påverka klimatet.

CCS: "Carbon Capture and Storage". Koldioxidavskiljning och lagring.

Cement: Består till stor del av kisel syra och kalk. När cementen blandas med vatten sker en kemisk reaktion och kalciumsilikathydrat bildas som binder ihop gruset och betong blir till.

Ekosystemtjänst: Funktioner hos ekosystem som upprätthåller eller förbättrar människors välmående och livsvillkor.

GE: "Geo Engineering", storskalig och avsiktlig manipulering av en planets klimat.

IPCC: "Intergovernmental Panel of Climate Change", Förenta Nationernas, FN:s klimatpanel.

Förnybara drivmedel: Drivmedel av icke-fossilt ursprung. Innefattar förutom biodrivmedel även elektrobränslen som framställs från förnybar el.

Klimatmodell: En datormodell av klimatsystemen baserad på fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper hos systemens olika komponenter, deras processer och växelverkan inklusive återkopplingar.

Koldioxidekvivalenter: Växthusgaser som koldioxid, metan, lustgas och fluorerade gaser har olika kraftig växthuseffekt. Genom att räkna om utsläpp eller atmosfärhalter till koldioxidekvivalenter (där koldioxid = 1) blir de lättare att jämföra.

Resiliens: Förmågan hos ett system (socialt, ekonomiskt, ekologiskt eller annat) att absorbera störningar utan att förlora struktur och funktion; förmågan att upprätthålla kapaciteten att anpassa sig, inhämta kunskap och förändras som respons på förändrade förutsättningar.

Risk: Sannolikhet för att en viss händelse ska inträffa, multiplicerat med omfattningen av konsekvenserna om den inträffar.

Stratosfären: Den del av atmosfären som ligger mellan cirka 10 och 50 kilometers höjd (ovanför troposfären).

Sänka: En process eller mekanism som tar bort en växthusgas från atmosfären. Fotosyntes är ett exempel på en koldioxidsänka, då processen bygger upp biomassa.

Troposfären: De lägre delarna av atmosfären (nedanför stratosfären) från jordytan till cirka 10 kilometers höjd.

Tipping point: Se Tröskel.

Tröskel: En nivå där det sker en snabb förändring av en process eller respons hos ett system (ekologiskt, ekonomiskt eller annat). När en tröskel passeras har en fortsatt påverkan en väsentligt annorlunda effekt på processen än tidigare. Ett system som tippas över en tröskel kan helt förändras (tipping point).

Växthusgaser: Olika gaser, som koldioxid, metan och lustgas, som bidrar till växthuseffekten och jordens uppvärmning.

Tidigare utkomna Formas Fokuserar



Är eko reko?

Om ekologiskt lantbruk i Sverige

Är det någon idé att köpa KRAV-märkt mat och betala lite mer? Är ekomaten verkligen bättre för hälsa och miljö? Vilka är egentligen skillnaderna mellan ekologiskt och konventionellt lantbruk? Ekologiskt lantbruk står högt på den politiska agendan. Som konsument har du rätt att få veta vad forskarna i dagsläget faktiskt vet – och varför de inte är överens.



Genklippet?

Maten, miljön och den nya biologin

I dag kan vi förändra växter, djur och bakterier på ett nytt sätt – genom att klippa ut gener och föra över dem från en art till en annan. Är det farligt för människa och miljö när genmodifierade organismer börjar odlas och blir mat på våra fat? Eller blir gentekniken klippet som kommer att rädda världen från svält och miljöproblem? Gentekniken påverkar det levandes urgamla spelregler. Därför har den stött på hårt motstånd från europeiska konsumenter och miljöorganisationer. Men vad säger forskarna om möjligheter och risker med den nya biologin?



Forskare klagör

Myter om maten

Gräver vi vår grav med kniv och gaffel? Vad ska vi äta för att inte bli feta och sjuka? Hur hållbara är egentligen myndigheternas kostråd? Går vi vilse i pannkakan? Blir vi feta av fett, eller blir vi feta av socker? Är det bättre med stenåldersmat? Täl våra gamla gener den nya maten? Frågor som de här diskuteras intensivt i medierna. I Myter om maten är det forskare som presenterar och tolkar vetenskapliga rön. De är överens om det mesta – men långtifrån allt.

Sopor hit och dit – på vinst och förlust

Är det vettigt att vi sorterar och fraktar våra sopor hit och dit som vi gör i dag? Leder det till någon verklig miljönytta – eller har vi sopsortering mera som terapi för vårt dåliga miljösamvete? Redan 1910-talets sopsorterande människa klagade på att det var bökigt att sortera. Det och mycket annat finns att läsa i en pocketbok som belyser sopsortering ur en rad olika synvinklar.



Bevara arter – till vilket pris?

Balansgång mellan ekologiska, ekonomiska och sociala aspekter

Sverige har undertecknat FN-konventionen om biologisk mångfald. Den säger att vi ska bevara den biologiska mångfalden, och använda den på ett hållbart och rättvist sätt. Riksdagen har bestämt att arter som har funnits länge i Sverige ska bevaras i livskraftiga bestånd. Risker är annars att vi utrotar arter som är viktiga för ekosystemen och för människan. Men hur ska vi göra – och vad får det kosta? Vad tycker forskarna – och vad tycker andra intressenter i samhället?



Spelet om staden

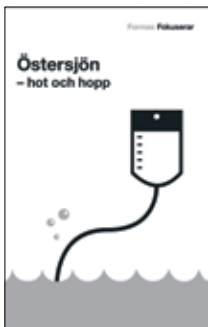
Vem bestämmer över våra städers utveckling? Staden kan ses som en spelplan med ett stort antal aktörer med olika åsikter, lojaliteter och intressen. Hur ser spelplanen ut? Vilka spelregler gäller? Och vilka är spelarna? Är städerna i första hand tillväxtmaskiner, snärjda i global konkurrens och styrda av multinationella företag? Eller kan vi uppnå hållbara städer som erbjuder alla sina invånare en hög livskvalitet utan att äventyra för framtidens människor? Forskarna har inga färdiga svar, men belyser från olika utgångspunkter de drivkrafter som formar och förändrar staden.





Djuren – i människans klor

Hur mår våra djur – i hagar, stall, lagårdar och hemma hos oss? Vad betyder de för oss? Vi både äter och älskar dem. Vad har vi rätt att använda dem till? Kan vi förstå vad de känner? Hade djuren det bättre förr? Behövs det körkort på sällskapsdjur? Hur mycket är nog när det gäller avel? Ska katter behandlas mot cancer? Är Sverige världsbäst på djurskydd? Alla de här frågorna och många till får du svar på av forskare som skriver i boken, forskare med lite olika syn på saken.



Östersjön – hot och hopp

Larmrapporterna om Östersjön har duggat tätt de senaste åren. Men är Östersjön "sjukare" i dag än för hundra år sedan? Går det att "rädda" Östersjön? Vilka åtgärder är vettigast? Är det bra med kväverening, eller ska vi kanske kvävegödsla? Går det att få bort fosfor från sedimenten? Kan vi syresätta bottenarna? Måste vi kanske äta mindre kött för att rädda havet? Men måste vi samtidigt också äta mindre fisk? Vad är forskarna överens om och varför kommer de till olika slutsatser?



Giftrig miljö – utopi eller verklig chans?

Kadmium i mat och kvicksilver i fisk. Nya metaller i tändare och bilar. Klorerat, bromerat, fluorerat. Nanopartiklar invaderar kroppen. Akrylamid bildas när vi tillagar maten. Läkeemedelsrester dyker upp i dricksvatten. Mannens spermier skadas. Hur mycket ska vi stå ut med av gamla problem och nya hot? Varför slår vi så ofta dövörat till när larmet går? Kan vi få en giftrig miljö som riksdagens miljömål talar om? Eller är det bara en önskedröm?

Konsumera mera – dyrköpt lycka

Konsumtionen har ökat kraftigt de senaste hundra åren. Men lyckligare har vi inte blivit. Varför fortsätter vi ändå att konsumera allt mera? Hur ska vi tillräckligt snabbt lära oss att leva med den enda planet vi har? Borde politikerna se till att avskaffa alla stöd till ohållbar konsumtion? Hur stor makt har vi som konsument? Kan man vara både rik och miljövänlig? Eller behövs det kanske nya samhällssystem för att rädda världen? Hur ser olika forskare på saken?



Bioenergi – till vad och hur mycket?

Hur långt räcker bioenergin i framtidens energisystem? Hur mycket går det att få ut från skogar och åkermark – och vad ska vi använda den till? Är det klokt att satsa på biodrivmedel, eller ska bioenergin användas till värme och el? Vilka styrmedel behövs för att öka användningen av biobränslen? Hur går det med livsmedelsförsörjningen globalt? Och hur bra är biobränslena egentligen på att förhindra klimatförändringar? Hur ser forskarna på saken?



Ska hela Sverige leva?

Ska hela Sverige leva – och vad innebär i så fall det? Landsbygdsutveckling är ett värdeord. Men vad betyder det – och vad menas med landsbygd? Hur viktigt är jordbruk och skogsbruk för en levande landsbygd? Vilka nya landsbygdsnäringar dyker upp? Och vad betyder landsbygden för stadsborna? Kan Sverige leva utan öppna landskap? Behövs det kvinnor för att en bygd ska leva? Och vart är byarörelsen på väg?





Klimatfrågan på bordet

Mat åt nio miljarder – hur ska vi fixa det i ett nytt klimat? Och hur påverkar maten i sin tur klimatet? Hur ska vi äta klimatvänligt? Är det moraliskt fel att äta nötkött? Ska vi producera kött utan djur för klimatets skull? Hur mycket betyder transporter och spillet i livsmedelskedjan? I Sverige får vi nya grödor, men också nya ogräs och skadegörare. Och djuren kan bli sjukare. Vad innebär ett nytt klimat för olika delar av vårt avlånga land?



Osäkrat klimat – laddad utmaning

Att jorden blir varmare beror mycket sannolikt på människans utsläpp av växthusgaser. Det säger FN:s klimatpanel IPCC – och kopplar uppvärmningen till stigande havsnivå, krympande isar och risken för snabba förändringar som inte går att förutse. Men när blir människans klimatpåverkan farlig, och vad är det som står på spel? Är EU:s energi- och klimatpolitik en tandlös tiger? Är lagring av koldioxid en lösning eller dimridå? Är hotet mot klimatet en chans för företagen? Boken innehåller artiklar av cirka 40 olika forskare.



Climate challenge – the safety's off

The world is getting warmer, and it's very likely that this is the product of human emissions of greenhouse gases. That is the conclusion of the UN's climate panel, which links warming to rising sea levels, shrinking ice and the risk of rapid and unpredictable changes. But when does man's impact on the climate become dangerous, and what is at stake? Is the EU energy and climate policy a toothless tiger? Is carbon capture and storage a solution or just a smokescreen? Is the threat to the climate an opportunity for companies? How do different scientists view the matter?

Sverige i nytt klimat – våtvarm utmaning

Sverige påverkar den globala uppvärmningen – och påverkas av den. Hur kan vi minska utsläppen av växthusgaser och bygga samhället mindre sårbart? Kan vi ändra våra energi- och transportsystem? Är klimatet en klassfråga? Hur skulle vi uppleva individuella utsläppsrätter? Kommer vi att känna igen vår natur i framtiden? Vad händer med jordbruk, skogsbruk och fiske? Ska vi lagra eller använda skogen? Blir det mer av ras och översvämningar, och hur ser riskerna ut?



Jordbruk som håller i längden

Hur ska vi bedriva ett hållbart jordbruk som kan ge mat åt 9 miljarder? Hur ska vi bäst hushålla med mark, vatten, växtnäring, energi och gener? Förslagen till produktionstekniska lösningar varierar: ekologiskt, konventionellt, perenna grödor och mera genteknik. Men det handlar också om handelspolitik och marknader, om svinn i livsmedelskedjan, och om att få igång det småskaliga jordbruket i utvecklingsländer.



Genteknik som tar skruv

Gentekniken har revolutionerat möjligheterna att förädla växter, bakterier och djur. Tekniken skulle kunna bidra till nyttigare och säkrare mat som räcker till alla. Miljön skulle kunna förbättras med förnybara alternativ till olja. Samtidigt består misstron mot den nya maten hos europeiska konsumenter och miljöorganisationer.





Återvinna fosfor – hur bråttom är det?

Fosfor är nödvändigt för allt liv och för all matproduktion. Nu varnar forskare för att fosforreserverna kan ta slut fortare än vi anar. Men är läget verkligen så allvarligt som vissa forskare säger? Kan vi effektivisera fosforanvändningen? Hur kan vi återvinna fosfor och återföra den till matproduktion? Vad kan jordbruket göra – och vad kan vi göra i städerna? Ska vi gödsla med avloppsslam? Eller ska vi bränna slam och återvinna fosfor ur askan? Ska vi bygga om husens och städernas avloppssystem för källsortering? Vilka lösningar är rimliga i ett hållbart samhälle?



Miljonprogrammet – utveckla eller avveckla?

Debatten om miljonprogrammet har länge varit het. Vissa anser att husen ska rivas och områdena förändras radikalt. Andra vill ta tillvara miljonprogrammets goda egenskaper genom att förändra på ett varsamt sätt. Går det att anpassa hus och områden till nya krav och behov? Går det att renovera utan social turbulens? Ska redan tätbefolkade områden förtätas ännu mer? Behövs det en ny sorts byggregler för effektiva energiåtgärder vid renovering? Ska vi bygga om till källsorterande avloppssystem? Vad lönar sig ekonomiskt för företag och samhälle – och vad bidrar till ett bra boende?



Havsbruk som håller i längden

Mat ur sjöar, dammar och hav blir allt viktigare när jordens befolkning växer och landarealen inte räcker till. Men hur ska vi bruka havet på ett hållbart sätt så att både fiskbestånd och ekosystem klarar sig? Behöver vi vänja oss vid nya arter och fiskprodukter på tallriken? Vi går allt mer från att jaga sjömat till att odla den. Hur kan vi ordna smarta system för vattenbruk? Hur kan vi använda alger? Kan havet ge oss nya mediciner? Får vi svenska havsbönder i framtiden? Vad händer med EU:s fiskeripolitik? Läs boken så får du veta hur cirka 40 forskare ser på saken!

Som man ropar i skogen – vägval som berör oss alla

Skogen ska räcka till mycket – virkesproduktion, råvara till pappersindustrin, energiproduktion, kolsänka, bas för biobaserade drivmedel och inte minst en oas för friluftsliv och rekreation. Hur ska den svenska skogen bäst användas, nu och i framtiden? Beroende på vem du frågar så kommer svaret att variera.



Antibiotika boten och hoten

Antibiotika har botat miljontals människor från infektioner som tidigare var dödliga. Från det att penicillin började användas för 70 år sedan, har vi tagit tillgången till antibiotika för given. I dag har dock allt fler bakterier utvecklat motståndskraft mot antibiotika, så kallad antibiotikaresistens och den främsta orsaken är överanvändning av antibiotika, både för människor och djur. Antibiotikaresistens riskerar bli ett globalt hot mot folkhälsan. Hur ska vi kunna hantera den uppkomna situationen?



Beställ böcker på: www.formasfokuserar.se