



# Kunskapsläget om energianvändning på byggarbetsplatser

**LÅGAN Rapport  
Oktober 2020**

Helena N Lantz, CIT Energy Management



## Förord

Rapporten har finansierats inom LÅGAN av Energimyndigheten och har genomförts av Helena N Lantz på CIT Energy Management. Projektet har haft en referensgrupp bestående av:

Birgitta Govén, Byggföretagen  
Kjell-Åke Henriksson JM AB  
Nicklas Karlsson, Skanska Sverige AB  
Johan Svensson, PEAB AB  
Pär Åhman, Byggföretagen  
Magnus Österbring, NCC AB  
Åsa Wahlström, CIT Energy Management

Vi vill rikta ett varmt tack till alla branschaktörer som bidragit med sina kunskaper och synpunkter under projektets gång.

**Göteborg, oktober 2020**



**LÅGAN** (samverkan för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Byggföretagen, Energimyndigheten, Boverket, Västra Götalandsregionen, Formas, byggentreprenörer, byggherrar och konsulter.

LÅGAN stöttar regionala nätverk inom byggande av lågenergibygnader och skapar gemensamma projekt och studier för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibygnader framåt. LÅGAN ska bidra till att Sverige ska nå sina energimål genom att bostads- och lokalsektorn starkt effektiviserar sin energianvändning och ökar byggtakten av lågenergibygnader.

[www.laganbygg.se](http://www.laganbygg.se)

# Sammanfattning

I beaktande av klimatpåverkan från byggnadens livscykel är byggarbetsplatser en viktig faktor där både entreprenörer och byggherrar har stor påverkansmöjlighet. För att öka kunskapen om hur resurseffektiv energianvändning kan uppnås på byggarbetsplatser behövs kunskap om vilka aktiviteter som har stor energianvändning. Föreliggande studie syftar till att kartlägga och beskriva kunskapsläget om energianvändning på byggarbetsplatser. Den har genomförts genom att sammanställa 40 studier och artiklar som finns inom området.

Det kan konstateras att det finns en stor spridning i el- och energianvändning mellan olika projekt, att flera olika faktorer påverkar energianvändningen och att underlaget inte är tillräckligt för att ta fram någon form av nyckeltal. Energianvändningen, kartlagd från de olika studierna, varierar mellan 8 och 295 kWh/BTA där majoriteten ligger mellan 50 och 150 kWh/BTA. För att kunna ta fram relevanta kravnivåer på energianvändning vid upphandling behövs mer mätdata med bättre dokumentation.

Statistik från Energimyndigheten för slutlig energianvändning i byggsektorn fördelat på energibärare för år 2017 visar att de största posterna är dieselbränsle och el. Vid en generalisering av identifierad besparingspotential i tidigare studier för elanvändning och energianvändning i byggsektorn, skulle det teoretiskt vara möjligt att minska årligen elanvändningen med 200–400 GWh eller energianvändningen med 1,8 TWh.

Det finns flera detaljerade studier genomförda med specifikt fokus på byggbodars med både beräknad och uppmätt energiprestanda vilket sammantaget ger underlag som skulle kunna användas för att ställa krav vid upphandling. Uppskattade siffror på energianvändningen har identifierats för, gamla och icke energieffektiva bodar, nyare bodar och bodar som benämns som energibodar eller lågenergibodar. Energieffektiviseringspotential på bodar bedöms vara i intervallet 40–50 %.

När det kommer till containrar, maskiner, uttorkning och belysning finns väsentligt färre data att tillgå. Det som identifierats i olika studier är,

- Containrar bedöms i äldre studier stå för ca 13% av den totala energianvändningen.
- Identifierad energianvändning som krävs för uttorkning, klimathållning och avfuktning, varierar mellan 1,7 – 100 kWh/BTA ; flest projekt använder ca 50 kWh/BTA.
- Besparingspotentialen av att byta till energieffektivare belysningskällor bedöms uppgå till 60% av energianvändningen för belysning.

Studierna visar att krav som idag används för att minska energianvändningen på byggarbetsplatser är bland annat krav på den el som används (ex. miljömärkt), krav på energieffektiva byggbodar och allmänna råd om att använda energieffektiva produkter och energikällor.

Från sammanställningen av tidigare genomförda studier kan det konstateras att det finns ett stort behov av energimätningar från flera byggprojekt och byggarbetsplatser. Mer och bättre dokumenterade mätdata behövs för att ge underlag för en bedömning om vart specifika energinivåer bör ligga. Ett större antal detaljerade energimätningar behövs för att ge kunskap om energianvändning och energibesparingspotential för olika poster på byggarbetsplatsen. I det fortsatta arbetet behöver även energianvändning identifieras som ofta förbises genom att den betalas av underentreprenörer.

För att öka den ekonomiska drivkraften när det gäller implementering av olika besparingsåtgärder behövs studier som visar på olika former av lönsamhetsberäkningar med beaktande av livscykelkostnadsbedömningar, LCC.

När det kommer till bodar bedrivs idag ett projekt inom LÅGAN som ska ta fram energiklassningssystem för byggbodar och bodetableringar. Kompletterande studier kan dock behövas för teknikutveckling för att hitta nya lösningar. Vidare har studier identifierat att det finns ett behov av att driva på teknikutveckling för uttorkning och avfuktning. Här kan även demonstrationsprojekt vara bra för att visa på möjligheter.

Slutligen, livscykelanalyser visar att klimatpåverkan från byggprocessen är minst i samma storleksordning som användnings- och driftskedet. Resultatet påverkas till stor del på antaganden och kvalitet på indata som görs vid LCA beräkningar. Det kan konstateras att för fortsatta analyser av klimatpåverkan på byggarbetsplatser behövs bättre kunskap om energianvändning (storlek och sort) på byggarbetsplatser.

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b>	<b>2</b>
<b>1 Sammanfattning</b>	<b>3</b>
<b>Innehållsförteckning</b>	<b>5</b>
<b>1. Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 <i>Bakgrund</i>	7
1.2 <i>Syfte och mål</i>	7
1.3 <i>Genomförande</i>	8
<b>2 Resultat</b>	<b>9</b>
2.1 <i>Kartläggning av energianvändande poster</i>	9
2.2 <i>Energianvändningen på byggarbetsplatsen</i>	11
2.2.1 <i>Energianvändning i byggsektorn</i>	19
2.2.2 <i>Klimatpåverkan på byggarbetsplatsen</i>	21
2.2.3 <i>Byggbodar</i>	23
2.2.4 <i>Förvaring av byggmaterial/-komponenter, verktyg och annan utrustning</i>	39
2.2.5 <i>Maskiner</i>	40
2.2.6 <i>Uttorkning av byggfukt</i>	43
2.2.7 <i>Belysning</i>	46
2.3 <i>Vad saknas och behöver undersökas vidare</i>	47
<b>3 Diskussion och slutsatser</b>	<b>51</b>
3.1 <i>Förslag till fortsatt arbete</i>	52



# 1. Inledning

Livscykelanalyser visar på att klimatpåverkan från byggskedet är antingen i samma storleksordning som användnings- och driftskedet eller har till och med gått om och är större än användnings- och driftskedet (Sveriges Byggindustrier, 2014), (Liljenström, et al., 2015), (Malmqvist, et al., 2018), (Kellner, 2019). Byggarbetsplatsen kan därmed vara en viktig del i energieffektiviseringsarbetet. Energianvändning på byggarbetsplatser varierar beroende på byggprojektets storlek, geografiskt läge och när på året olika moment sker, metoder och utrustningen som använts. Det är idag ovanligt att byggherrar ställer krav på byggarbetsplatsens energianvändning, vilket gör att incitament saknas för energieffektivisering. Vidare anses kostnaden för byggenergin vara relativt liten och endast utgör någon procent av ett projekts totala budget.

## 1.1 Bakgrund

För en resurseffektiv bebyggelse krävs samarbete på alla nivåer i samhället och inom olika områden i byggprocessen; från planering, byggande och drift av byggnader. Flera studier har genomförts för att utvärdera byggnaders energibehov och energieffektiviseringspotential under drift- och förvaltningsskedet. Energibehov och energieffektiviseringspotentialen under själva byggandet, på byggarbetsplatsen, har inte studerats i samma utsträckning vilket gör det svårare att bedöma energiåtgången och till vilka funktioner och aktiviteter den används.

För att öka kunskapen om hur resurseffektiv energianvändning kan uppnås på byggarbetsplatsen är det av betydelse att veta vilka de stora energianvändningsposterna på byggarbetsplatsen är och hur de kan minskas. En sammanställning av kunskapsläget kan ge goda förutsättningar för fortsatt arbete med att ta fram uppslag till mer ingående utvärderingar kopplat till demonstrationer och teknikutvecklingsområden och på så sätt bidra till att energiresurser används på ett effektivare sätt. Ytterligare kan samordning och incitament skapas mellan aktörer utifrån energiprestandakrav på byggarbetsplatsen som systematiskt följs upp.

## 1.2 Syfte och mål

Föreliggande studie syftar till att kartlägga och beskriva kunskapsläget om energianvändning på byggarbetsplatser och att undersöka om det finns mätdata att tillgå för olika typer av byggarbetsplatser.

Målet för förstudien är att sammanställa kunskapsläget om energianvändning på byggarbetsplatser över vad som saknas, vad som behöver undersökas vidare och hur informationen skulle kunna användas för att bidra till resurseffektiv energianvändning. Förstudien har även som mål att identifiera dels behov av fortsatt kunskapsuppbyggnad, t.ex. insamling och analys av mätdata från olika byggarbetsplatser, och dels identifiera inom vilka områden det finns särskilt behov av fortsatt utveckling genom t.ex. kravspecifikationer för teknikupphandling och upphandlingsunderlag, demonstration m.m.

Det långsiktiga målet är att uppnå resurseffektiv energianvändning på lång sikt och skapa genomtänkt planering gällande energianvändande funktioner, -aktiviteter och -maskiner samt energisystemfrågor kring byggarbetsplatsen. Även samverkan mellan byggherrar och entreprenörer kan gynnas som med hjälp av underlaget kan ge en gemensam målsättning för att minska energianvändningen och därigenom miljöpåverkan på byggarbetsplatsen.

### 1.3 Genomförande

En litteraturstudie har genomförts med en sammanställning av vad som redan gjorts på området och identifierat kunskapsluckor. Sökning av studier gjordes på följande sidor och databaser, LÅGAN, BELOK, IVL, Energimyndigheten, Boverket, Byggföretagen, ICHB och Google Scholar.

En sammanställning på de studier och artiklar som hittats på området skickades till projektets referensgrupp för komplettering. Fokus har legat på studier utförda de senaste 10 åren med ett par undantag. Studierna i sig kan dock innehålla byggprojekt som är äldre. Litteraturstudien har avgränsats till studier som behandlar information om byggarbetsplatser i Sverige. Från det samlade materialet har en analys gjorts av kunskap inom olika energianvändande funktioner -aktiviteter, -maskiner m.m. Information om klimatpåverkan på byggarbetsplatsen har också ingått i sökningen. Inverkan från transporter ingår inte i analysen.



## 2 Resultat

Kartläggningen av 40 studier och artiklar gällande energianvändningen på byggarbetsplatsen presenteras i detta avsnitt.

### 2.1 Kartläggning av energianvändande poster

Från studierna som ingått i kartläggningen identifierades funktioner, aktiviteter m.m. som påverkar energianvändningen på byggarbetsplatser. Projektet, *Plusenergibyggarbetsplats* (Ossman, 2018), sammanställer dessa väl, i följande punkter:

- Personalutrymmen
- Förvaring av byggmaterial/-komponenter, verktyg och annan utrustning
- Maskiner
- Uttorkning av byggfukt (betong, trä osv)
- Uppvärmning av arbetsplatsen av arbetsmiljö-, bygg- och montagetekniska skäl
- Belysning på arbetsplatsen

Dessa presenteras mer utförligt i Tabell 1 nedan.

**Tabell 1** Identifierade moment, funktioner, aktiviteter m.m. som påverkar energianvändningen på byggarbetsplatsen (Ossman, 2018).

<b>Personalutrymmen</b>	<b>Förvaring av byggmaterial/-komponenter, verktyg och annan utrustning</b>	<b>Maskiner</b>	<b>Uttorkning av byggfukt (betong, trä osv)</b>	<b>Uppvärmning av arbetsplatsen av arbetsmiljö-, bygg- och montagetekniska skäl</b>	<b>Belysning på arbetsplatsen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodar               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Värme</li> <li>○ Ventilation</li> <li>○ Varmvatten</li> <li>○ Belysning</li> <li>○ Kontors-och köksutrustning</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Containers               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Belysning</li> <li>○ Ev. värme</li> </ul> </li> <li>• Tält och hallar               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Belysning</li> <li>○ Ev. värme</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maskiner/fordon/kranar/hissar               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El för drift</li> <li>○ Bränsle (ex. diesel)</li> <li>○ Biodiesel</li> </ul> </li> <li>• Handverktyg               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El för drift (skruvdragare, sågar etc.)</li> <li>○ Batteriladdare</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Byggvärme</li> <li>• Avfuktare</li> <li>• Olika innovativa tekniker, ex. ingjutna/tillfälliga värmeslingor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Byggvärme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utomhus (belyses ofta utanför arbetstid-inbrottsrisk)</li> <li>• Inomhus</li> </ul>

Energianvändningen för posterna i Tabell 1 påverkas i sin tur av nedanstående identifierade punkter,

- Byggprojektets storlek
- Byggnationens geografiska läge
- Metoder och utrustning som används, material- och konstruktionsval
- Rådande klimat under byggnationen
- Tid för byggnationen (både total tid som krävs för byggnationen, när på året byggnationen startar, avslutas och olika moment sker)
- Beteende på byggarbetsplatsen

## 2.2 Energianvändningen på byggarbetsplatsen

Ett antal studier och examensarbeten har genomförts de senaste åren, med varierande syften, där energianvändningen från olika byggprojekt redovisas. I Tabell 2 har identifierade data från dessa projekt gällande energianvändningen på byggarbetsplatsen sammanställts.

**Tabell 2** Rapporterad energianvändning på byggarbetsplatsen sammanställd från olika studier.

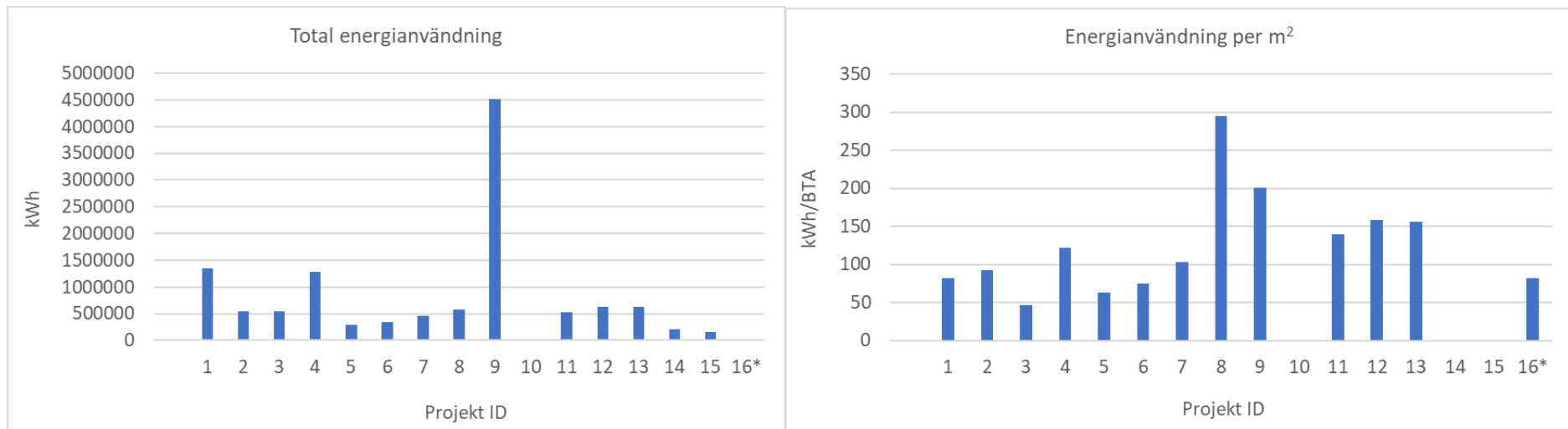
Studie	ID	Tot. elanvändning [kWh]	Tot. energianvändning [kWh]	Energianvändning [kWh/BOA]	Energianvändning [kWh/BTA]	Elanvändning [kWh/BOA]	Elanvändning [kWh/BTA]	Tot. Fjärrvärme [kWh]	Fjärrvärme [kWh/BTA]
(Arvidsson & Fahlström, 2016)	1	-	1 341 142	98,5	81,6	-	-	-	-
	2	-	537 574	112	92,7	-	-	-	-
	3	-	537 220	69,8	46,7	-	-	-	-
	4	-	1 272 800	166,2	122,2	-	-	-	-
(Bölin & Sundblom, 2014), (Hatami, 2007), (Norrman, et al., 2011)	5	185 640	284 119*	82*	63*	53,5	41,1	98 479	21,8
	6	196 135	347 785*	100*	75*	56,1	42,1	151 650	32,5
	7	204 059	459 572*	173*	104*	76,7	46	255 513	57,7

	8	185 613	580 613*	70	295*	-	94,5	395 000	201
	9	1 601 300	4 512 000*	-	201*	-	71,2	2 910 700	129,4
	10	435 000	-	-	-	-	25,6	NA	NA
(Ossman, 2018)	11	-	530 000	93	140	-	-	-	-
	12	-	627 000	90	158	-	-	-	-
	13	-	625 000	99	156	-	-	-	-
(Hani, 2013)	14	-	208 000	-	-	-	-	-	-
	15	-	154 146	-	-	-	-	-	-
(Karlsson, et al., 2019)	16*	-	-	-	8-138***	-	-	-	-

\*Egen beräkning, summering av el- och fjärrvärmeanvändningen. Detta motsvarar sannolikt behovet på byggarbetsplatsen då det inte är troligt att någon värmepump använts.

\*\*Presenterat värde baseras på datainsamling från 16 projekt

\*\*\* Siffran visar variationen på energianvändningen mellan alla projekt. Majoriteten var inom intervallet: 47 kWh/m<sup>2</sup> till 116 kWh/m<sup>2</sup>



**Figur 1** Grafisk illustration av total energianvändning [kWh] och energianvändning per m<sup>2</sup> [kWh/BTA] från Tabell 2.

**Tabell 3** Utvärdering av tabell 2, med min – medel och max värden.

	Tot. elanvändning [kWh]	Tot. energianvändning [kWh]	Energianvändning [kWh/BOA]	Energianvändning [kWh/BTA]	Elanvändning [kWh/BOA]	Elanvändning [kWh/BTA]	Tot. Fjärrvärme [kWh]	Fjärrvärme [kWh/BTA]
Min	185 613	154 146	70	8	54	26	98 479	22
Medel	467 958	858 355	105	124	62	53	762 268	88
Max	1 601 300	4 512 000	173	295	77	95	2 910 700	201

Tabell 3 ovan presenterar utvärderade medelvärden samt min- och maxvärden av data i Tabell 2. Det är svårt att ta fram någon form av nyckeltal från studierna. Dels är det en stor spridning i el- och energianvändning mellan olika projekt och dels framgår inte information om flera faktorer som är viktiga för påverkan av energianvändningen. För att utvärdera underlaget krävs information om period för byggnationen, klimat, tid för produktionen, byggprojektets storlek, byggnationens geografiska läge, metoder och utrustningen som använts. Nedan följer två exempel på svårigheter med att utvärdera underlaget.

- Av de projekt som presenterar värden för fjärrvärme framgår att fjärrvärme utgör mellan 35% - 68% av den totala energianvändningen. Förhållandet mellan el- och fjärrvärme påverkas av bland annat möjligheten till att koppla upp sig till fjärrvärmenätet och när i byggprocessen möjligheten fanns. Variationen kan dock inte analyseras då information om när fjärrvärme kopplades in saknas i underlaget.
- Baserat på Figur 1 ovan konstateras att projekt med ID 8 skiljer sig mycket från resterande projekt och drar upp medelvärdet för energianvändningen per BTA. Om projekt med ID 8 exkluderas från utvärderingen fås ett medelvärde på 110 kWh/BTA. Detta ligger i samma storleksordning med studien, *Energianvändning vid klimathållning och avfuktning under byggproduktion* (Karlsson, et al., 2019) där majoriteten av de ingående byggprojekten var inom intervallet 47 kWh/m<sup>2</sup> till 116 kWh/m<sup>2</sup>. Anledningen till att projekt med ID 8 ligger högre än resterande är svårt att avgöra och visar på att mer information krävs för att kunna dra slutsatser. En faktor som avviker är att byggprojektet utfördes år 2003 medan resterande byggprojekt utfördes 2007 och senare. Med mer information skulle det vara möjligt att bedöma om projekt med ID 8 borde exkluderas från utvärderingen.

Förutom att kunna dra slutsatser om data och fördelningen mellan de olika objekten, är det även svårt att validera data och bedöma kvalitén i de rapporterade värdena. Med avseende på detta bör sammanställt underlag kunna fungera som en indikation på energianvändningen på byggarbetsplatsen snarare än värden som kan användas till kravställning.

I projekten är det även svårt att avgöra hur stor energianvändningen är uppdelat på olika moment och poster såsom, bodar, belysning osv. Tidigare studier konstaterar att byggbodas är en av posterna med störst energianvändning på byggarbetsplatsen tillsammans med belysning och uttorkning, bland annat i studier av Hatami (2007), Olsson (2012), Bölin och Sundblom (2014), Heincke (2014) och Ganse et al. (2018).

Studien *Kartläggning av energianvändning under byggfasen vid nyproduktion av flerbostadshus* (Hatami, 2007) visade att uppvärmning av byggbodas och

byggbelysning står för ca 70 % av all elanvändning vid byggproduktionen. Resterande används av kranar, drift av containrar som inkluderar diverse verktyg och maskiner, byggfläktar etc. Denna fördelning presenterades i Tabell 4. Tabell 5 visar fördelningen mellan olika faser i byggproduktionen.

**Tabell 4** Elanvändningen fördelat på olika poster (Hatami, 2007)

Andel av el som användes till belysning	Andel av el som användes till bodar	Andel av el som användes till kran	Andel av el som användes till övriga poster (byggfläktar, containrar, verktyg)
28%	41%	4%	27%

**Tabell 5** Andel av totala elanvändningen för produktion fördelat på olika faser i byggproduktionen (Hatami, 2007)

FAS 1 (grundläggning)	FAS 2 (stombyggnad)	FAS 3 (stomkomplettering och inredning inkl. uttorkning)
2%	46%	52%

Dessa siffror ger en bra indikation på fördelningen av energianvändningen men då teknikutvecklingen både vad gäller digitalisering, produkter, bodar och belysning varit stor sedan studien utfördes är det inte säkert att siffrorna stämmer överens med hur det ser ut idag. I senare artiklar nämns att uppvärmning av byggarbetsplatsen under de kallaste månaderna står för den största energianvändningen på byggarbetsplatsen (Cabnet, 2018).



Tabell 6 redovisar identifierad energieffektiviseringspotential på byggarbetsplatsen från olika studier. Gemensamt för majoriteten oavsett besparingspotential är att införa åtgärder för bodar, belysning, energieffektiva maskiner, verktyg och produkter.

**Tabell 6** Identifierad el- och energieffektiviseringspotential på byggarbetsplatsen.

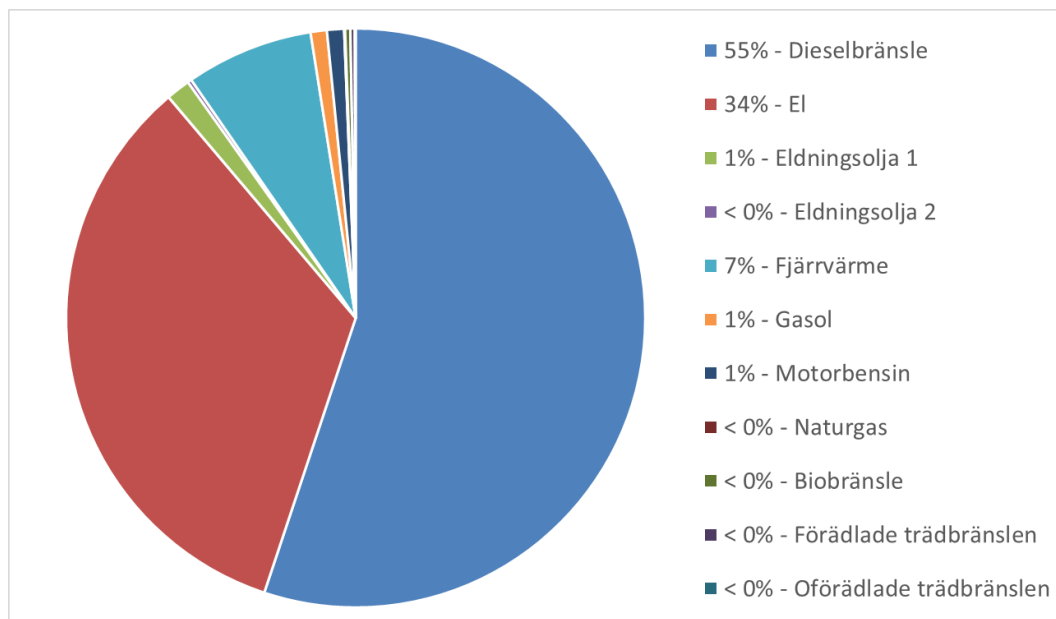
Studie	Besparingspotential	Identifierade åtgärder för att minska el-och energianvändningen
(Hatami, 2007)	44% av den totala elanvändningen för byggproduktion.	Åtgärder byggbodas: täta och isolera mot golv och mark, mellan bodar. Långsiktiga åtgärder: Tilläggsisolering av bodar; nya reglersystem för behovsanpassad temperaturreglering; val av temperatur i bodar; Byte av fönster.  Åtgärder belysning: Lågenergilampor; närvarostyrd belysning
(Norrman, et al., 2010), (SBUF, 2010)	20–30% minskad elanvändning	Generella åtgärder för: Belysning, Bodar, Containers, Maskiner, Torkning, Värmeutsläpp. I projektet har det tagits fram verktyg för planering, genomförande och uppföljning. Via dessa bedöms att det bör vara möjligt att minska elförbrukningen med 20-30% på byggarbetsplatsen.
(Lönnerholm, 2013) (Heincke, 2014)	-	Störts potential till besparing: Använda energieffektiva bodar och ha koll på värmeanvändningen i boden, att uttorkning av betong planeras för att ske vid optimalt tillfälle, effektiv användning av belysning och maskiner men även energieffektiva produkter.
(Ramirent, 2016)	45% minskad energianvändning	Ramirent har med ny teknik och smarta lösningar lyckats minska energianvändningen med upp till 45 procent på byggarbetsplatsen. Kenth Stureson, marknadschef på Ramirent, lyfter fram följande viktiga områden att se över: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Byggbodas</li> <li>• Ljuskällor</li> <li>• Miljövänligare bränslen och oljor</li> <li>• Energisnåla verktyg och maskiner</li> </ul>
(Ganse, et al., 2018)	Bedömd besparingspotential är att elanvändningen kan minska i byggsektorn med ca 200 GWh årligen för byggföretagen	ICT och IoT i kombination med beteendeförändring skulle kunna minska energianvändningen.  I rapporten hänvisas till informationsskriften "Byggel är inte gratis" <sup>1</sup> där det framgår att genom planering, teknikuppdatering och kloka energival kan elanvändningen på byggarbetsplatsen minska med mer än 50 %.

<sup>1</sup> FoU-Väst (2013) Byggel är inte gratis

## 2.2.1 Energianvändning i byggsektorn

Statistik från Energimyndigheten för slutlig energianvändning i byggsektorn fördelat på energibärare för år 2017<sup>2</sup> visar att största posterna är dieselbränsle och el, vilket ses i Figur 2. Statistiken beskriver den slutliga energianvändningen för byggsektorn exklusive transporter på allmän väg. (Energimyndigheten, 2018)

Dieselbränsle som är den största posten används till bland annat maskiner, fordon, byggvärme, uttorkning och avfuktare på byggarbetsplatser. El som står för 34% av energianvändningen används till bland annat byggbodar, byggvärme, belysning, verktyg, maskiner, uttorkning och avfuktning. Det går inte att avläsa från underlaget i detalj om vilka poster som bidrar.



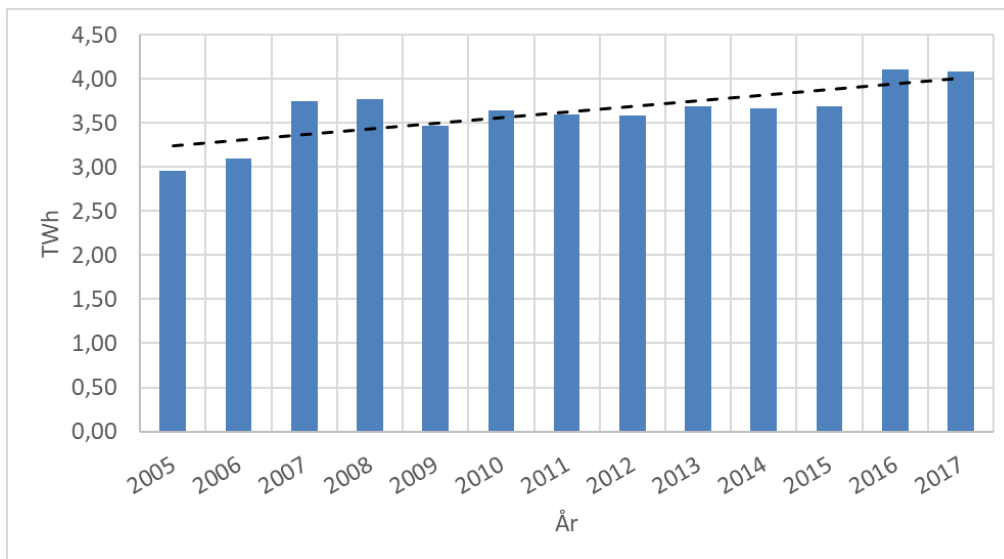
**Figur 2** Slutlig energianvändning i byggsektorn fördelat på energibärare för valt år 2017 (Energimyndigheten, 2018).

Figur 3 nedan visar utvecklingen från år 2005 till 2017 för energianvändningen i byggsektorn<sup>3</sup>. Trenden visar på att energianvändningen i byggsektorn ökar men det går inte att avläsa från underlaget vad ökningen beror på.

---

<sup>2</sup> "Energianvändningen avser företag i byggsektorn SNI 41–43. Transporter på allmän väg ingår ej. Energianvändningen utgår från två urvalsundersökningar som genomfördes 2005 och 2017. Energianvändningen fram till och med 2016 modellskattas fram baserat på 2005 års undersökning och förändringen i arbetade timmar i byggsektorn. Från och med 2017 används den senaste undersökningen som underlag till statistiken." (Energimyndigheten, 2018)

<sup>3</sup> Energianvändningen fram till och med 2016 modellskattas fram baserat på 2005 års undersökning och förändringen i arbetade timmar i byggsektorn.



**Figur 3** Utvecklingen från år 2005 till 2017 för energianvändningen i byggsektorn (Energimyndigheten, 2018).

Ser man till den identifierade besparingspotentialen i

Tabell 6 ovan, och generaliserar siffrorna, skulle det teoretiskt vara möjligt att minska årligen elanvändningen i byggsektorn med 200-400 GWh med en besparingspotential på 20-30% eller energianvändningen med 1800 GWh med en besparingspotential på 45%.

## 2.2.2 Klimatpåverkan på byggarbetsplatsen

Livscykelanalyser, LCA, för att bedöma klimatpåverkan från byggnaders energianvändning har utförts i ett antal studier de senaste åren. Senare livscykelanalyser visar på att klimatpåverkan från byggprocessen är antingen i samma storleksordning som användnings- och driftskedet eller har till och med gått om och är större än användnings- och driftskedet (Sveriges Byggindustrier, 2014), (Liljenström, et al., 2015), (Malmqvist, et al., 2018), (Kellner, 2019). Resultat från dessa studier varierar och beror till stor del på antaganden om el- och fjärrvärmemix i driftskedet, vald analysperiod och byggnadstyp, ex. lågenergihus som byggts, trä eller betongstomme, hus med/utan garage m.m.

Tabell 7 presenterar sammanställning av *uppströms* klimatpåverkan, främst under byggskedet, från olika studier. Begreppet *uppströms*, som också används i flera studier relaterar till byggprocessen och används även i denna rapport. Klimatpåverkan *uppströms* är uppdelat i produktskede (byggmaterialproduktionen: råmaterial, transport och tillverkning) och byggskedet (transport, byggproduktion). Nedanstående sammanställning ger en indikation på vilka moment vid byggfasen som bidrar till störst klimatpåverkan.

**Tabell 7** Fördelningen av uppströms klimatpåverkan.

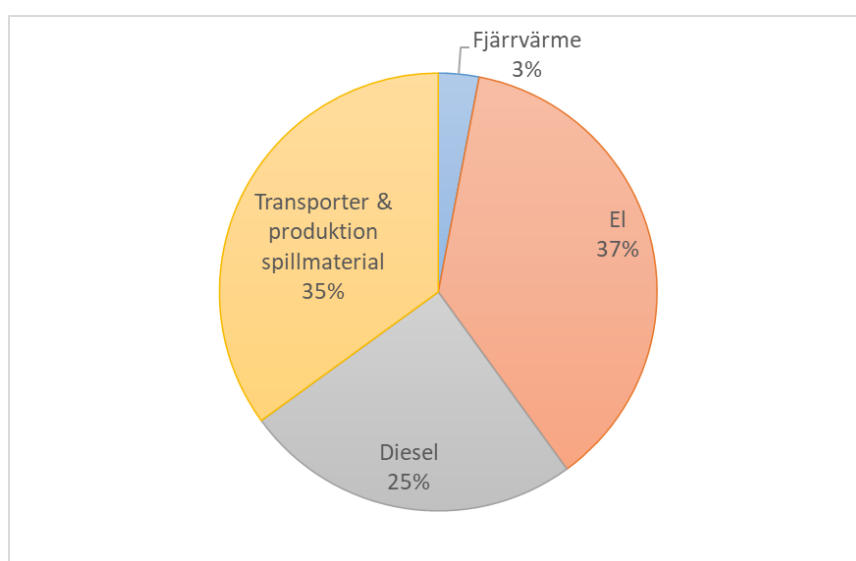
Studie	Bidrag från byggproduktionen på klimatpåverkan uppströms	Bidrag från transporter på klimatpåverkan uppströms	Bidrag från produktskede på klimatpåverkan uppströms
(Hedén & Sande Beiro, 2019)	1%	10%	89%
(Liljenström, et al., 2015)	13%	3%	84%
(Malmqvist, et al., 2018)	12–17%*	3–9%*	75–84%*

\*Varierar beroende på val av byggsystem. I studien har fem olika system analyserats.

Klimatpåverkan uppströms orsakas främst av byggmaterialproduktionen som varierar mellan 75–89% i studierna presenterade i Tabell 7. Därefter skiljer sig studiernas resultat åt för klimatpåverkan från byggproduktionen och transporter. I studien från Liljenström et al. (2015) och Malmqvist et al. (2018) står

byggproduktionen för mellan 12–17% och transporter för 3–9% av klimatpåverkan uppströms. Medan i studien av Hedén och Sande Beiro (2019) står byggproduktionen för 1% och transporter för 10% av klimatpåverkan uppströms. Den låga andelen av klimatpåverkan för byggprocessen i studien från Hedén och Sande Beiro (2019) förklaras i studien bero på att miljömärkt el och energi med låg klimatpåverkan användes i analysen.

Figur 4 nedan visar fördelningen av klimatpåverkan vid byggproduktion från fallstudien på blå jungfrun (Liljenström, et al., 2015). Där framgår att i byggproduktionen är det elanvändning och produktion samt transport av spillmaterial som orsakar det största bidraget till klimatpåverkan<sup>4</sup>. Diesel (till maskiner på byggplatsen) står för 25% av klimatpåverkan från byggproduktionen, medan fjärrvärmeanvändningen stod för ett relativt litet bidrag till klimatpåverkan. (Liljenström, et al., 2015).

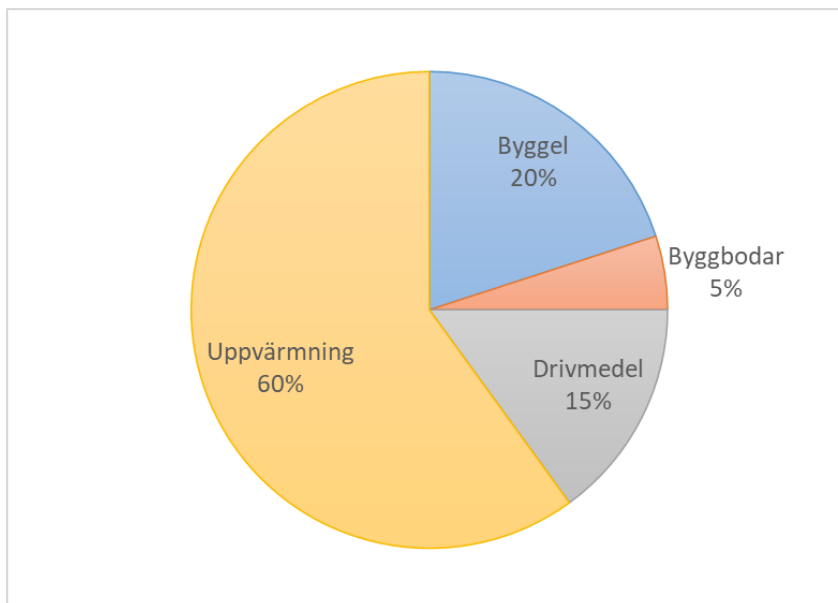


**Figur 4** Fördelning av klimatpåverkan från byggproduktion, fallstudie blå jungfrun (Liljenström, et al., 2015).

Största orsaken till klimatpåverkan av energi under byggproduktion för studien *Klimatberäkning under byggskedet – A Working Lab* (Hedén & Sande Beiro, 2019) kommer från uppvärmning. I denna studie och för det projekt som klimatberäkningarna gjordes på, stod byggbodar för endast 5% av klimatpåverkan. Fördelningen på klimatpåverkan under byggproduktionen visas i Figur 5.

---

<sup>4</sup> Kategorin "Transporter och produktion spillmaterial" inkluderar produktion av allt material som av olika anledningar inte används i konstruktionen samt transport av detta material från produktion till byggplats och från byggplats till avfallshantering.



**Figur 5** Fördelning av klimatpåverkan av energi under byggproduktion för A working Lab (Hedén & Sande Beiro, 2019).

Ovanstående livscykelanalyser visar att klimatpåverkan från byggprocessen är minst i samma storleksordning som användnings- och driftskedet och därmed kan det bekräftas att byggarbetsplatsen utgör en viktig del.

Som nämnts tidigare påverkas resultatet till stor del på antaganden och kvalitet på indata som görs vid LCA beräkningar. Det kan konstateras att för fortsatta analyser av klimatpåverkan på byggarbetsplatser behövs bättre kunskap om energianvändning (storlek och sort) på byggarbetsplatser.

### 2.2.3 Byggbodar

Byggbodars energianvändning, energiprestanda och energibesparingspotential har undersökts i ett flertal studier de senaste åren. Flertalet studier har identifierat byggbodar (etablering och uppvärmning) som en av de posterna på byggarbetsplatsen med störst energianvändning<sup>5</sup>. Energibesparingspotentialen bedöms av flertalet studier vara större än 40% (se Tabell 8). Byggbodar är således en av de posterna som har störst potential för energibesparing.

---

<sup>5</sup> Bland annat studierna (Hatami, 2007) (Alexandris, 2011) (Lönnerholm, 2013) (Heincke, 2014) (Bölin & Sundblom, 2014).

Idag finns det ca 50 000 – 60 000 byggbodar i Sverige varav majoriteten har bristfälliga energiegenskaper (Eriksson, et al., 2019). Enligt tidiga studier (Hatami, 2007) står byggbodar för 41% av den totala energianvändningen på byggarbetsplatsen. I senare studier beräknades denna siffra enligt (Larsson & Larsson, 2011) vara 45% och i en studie av (Doolke, 2013) beräknades denna siffra ligga runt 21%.

I Tabell 8 nedan har information från 13 studier sammanställts gällande total energianvändning, energiprestanda samt potential för energieffektivisering i byggbodar.

**Tabell 8** Total energianvändning, energiprestanda och energibesparingspotential i byggbodar, information från tidigare studier.

Studie	Energianvändning (kWh/bod, år)	Energiprestanda <sup>i</sup> (kWh/m <sup>2</sup> år)	Energibesparingspotential (%)
(Hatami, 2007)	6200	284 <sup>ii</sup>	>40%
C. Heincke, 2008 <sup>6</sup> (hämtat från (Eriksson, et al., 2019))	6650–8000	315–380	54%
C. Christensen, 2008 <sup>7</sup> (hämtat från (Eriksson, et al., 2019))	4660–12 100	220–575	-
(Norrman, et al., 2011)	6519-7606 <sup>ii</sup>	300–350	-
(Alexandris, 2011)	8267	380	55%
<i>Personalbodar</i>	12104 <sup>iii</sup>	557	-
<i>Kontorsbodar</i>	4672 <sup>iii</sup>	215	-
(Olsson, 2012)	4875 <sup>iv</sup>	220 <sup>iv</sup>	>43%
FoU-Väst, 2013 <sup>8</sup> (hämtat från (Eriksson, et al., 2019))			
<i>Traditionell bod</i>	6300–7350	300–350	>50%
<i>Modern bod</i>	3780–4620	180–220	

<sup>6</sup> Heincke, C. *Energianvändning på byggarbetsplatser*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, 2008. Examensarbete

<sup>7</sup> Christensen, C. *Bodetableringar - en fallstudie av elförbrukning och standard*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, 2008. Examensarbete

<sup>8</sup> FoU-Väst (2013) Bygget är inte gratis



(Ambrosson & Selin, 2014)			
<i>Befintlig bod</i>	5837–9263	269-426 <sup>II</sup>	>50%
<i>Energibod</i>	2530–4403	116-203 <sup>III</sup>	-
(Englund, 2015)			
<i>Standardbod</i>	8040 <sup>III</sup>	370	
<i>Miljöbod</i>	4042 <sup>III</sup>	186	
<i>Lågenergibod</i>	1304 <sup>III</sup>	60	
(Hatami & Inekci, 2015)			
<i>Marknadens byggbodas: Skanska standardbodas</i>	~7000–8000	~285-326 <sup>V</sup>	>40%
<i>Marknadens byggbodas: Skanska Maskin AB bodas efter 2010: Zenergy bodas med PIR isolering</i>	1228-1965 <sup>VI</sup>	50–80	
<i>Marknadens byggbodas: Maxmoduler AB-standardbod</i>	5500	253 <sup>III</sup>	
<i>Marknadens byggbodas: Maxmoduler AB-lågenergibod</i>	2000	92 <sup>III</sup>	
<i>Marknadens byggbodas: Maxmoduler AB- 10 st-lågenergibod i klimatzon 3<sup>VII</sup></i>	1800	82 <sup>III</sup>	
<i>Marknadens byggbodas: Ramirent standardbodas fram till 2010</i>	~6000 <sup>III</sup>	276	
<i>Marknadens byggbodas: Ramirent bodas efter 2010 med PIR-isolering</i>	~3540 <sup>III</sup>	163	
<i>Marknadens byggbodas: Zenergy AB bodas</i>	1300	53	
(Bergqvist & Smedberg, 2017)			
<i>Standardbod</i>	7200–8000	330-368 <sup>III</sup>	40–50%
<i>Energibod</i>	4000–4320	184-199 <sup>III</sup>	

(SBUF, 2017)			
Standardbod	6000–8000	280–380	>50%
Uppmätta värden bodetablering Hagfors - medelvärde	4982	238	
Uppmätta värden bodetablering Beckomberga - medelvärde	6047	288	
Uppmätta värden bodetablering Huddinge - medelvärde	5227	260	

<sup>i</sup> Inklusivt verksamhetsenergi

<sup>ii</sup> 75% går till värme och varmvatten, resterande till processen (vitvaror osv.)

<sup>iii</sup> Egen beräkning. Antagit standardmått för en bod, 21,73 m<sup>2</sup> enligt (SBUF, 2017).

<sup>iv</sup> 39 000 kWh/år – för 8 bodar och invändig area 22,14 m<sup>2</sup>.

<sup>v</sup> Egen beräkning. Invändig area som använts 24,56 m<sup>2</sup> enligt studien för Skanskas bodar.

<sup>vi</sup> Egen beräkning. Invändig area som använts 24,56 m<sup>2</sup> enligt studien för Skanskas bodar.

<sup>vii</sup> Klimatzon 3 enligt Boverkets byggregler, BBR 20<sup>9</sup>

Energianvändningen för gamla och icke energieffektiva bodar baserat på ovanstående sammanställning är ca 7000–7500 kWh per år och bod (320 -350 kWh/m<sup>2</sup>) och för nya och energieffektivare bodar ca 4 000 - 4500 kWh per år och bod (180–200 kWh/m<sup>2</sup>), med en energieffektiviseringspotential i intervallet 40–50 %. Därefter finns det bodar som bland annat benämns energibodar och lågenergibodar som kommer ner i en energianvändning på ca 1600–2500 kWh per år och bod (70-110 kWh/m<sup>2</sup>). Dessa siffror är i samma storleksordning som det som presenterades i studien *Energiklassning av byggbodar* (Eriksson, et al., 2019).

Från studierna framgår att energianvändningen varierar beroende på faktorer så som,

- Bodens geografiska läge
- När på året boden används och hur länge
- Hur boden används
- Verksamheten
- Bodetableringen

<sup>9</sup> Boverket. Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/lag-ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/> (Hämtat 2020-08-18)

- Bodtyp, om det är en kontorsbod eller en personalbod/manskapsbod
- Antal bodar
- Uppställningsmönster
- Tätning och isolering mellan och under bodar

Detta gör att värden som presenteras i Tabell 8 ovan till viss del är svåra att jämföra med varandra men utgör en indikation på energianvändningens omfattning.

Tabell 9 nedan redovisar sammanställning från olika studier för identifierade åtgärder för att minska energianvändningen för byggbodar.

**Tabell 9** Sammanställning från olika studier för identifierade åtgärder för att minska energianvändningen för byggbodars.

Studie	Identifierade åtgärder för att minska energianvändningen	Identifierade hinder & svårigheter
(Hatami, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enklaste åtgärden som ger störst besparing i förhållande till insatsen: ersätta luftspalter mot marken, mellan planen och i skarvarna mellan moduler med isoleringsmaterial               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Isolering mellan golv och mark</li> <li>○ Isolering mellan bodplanen, isolering i skarvar</li> <li>○ Kombination av flera möjligheter för isolering</li> </ul> </li> <li>• Långsiktiga åtgärder: Tilläggsisolering av bodar               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tilläggsisolering av tak</li> <li>○ Tilläggsisolering av ytterväggar</li> <li>○ Tilläggsisolering av golv</li> <li>○ Kombinerade åtgärder</li> </ul> </li> <li>• Nya reglersystem för behovsanpassad temperaturreglering</li> <li>• Val av temperatur i bodar</li> <li>• Lågenergilampor istället för glödlampor för belysning</li> <li>• Byte av fönster</li> <li>• Närvarostyrd belysning</li> </ul>	Nya tekniska lösningar är möjliga men kan ofta vara olönsamma ekonomiskt för både tillverkaren och beställaren.
(Norrman, et al., 2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energibesparing med hjälp av intelligenta system, exempelvis mät- och kontrollsystem som mäter energianvändning som kontrolleras och följs upp för respektive bod               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visualisering av energimätning</li> </ul> </li> </ul> <p>Exempel &amp; inspiration på teknik som testades i olika projekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieffektiv belysning, diodljus och xenonljus</li> <li>• Använda energieffektiva bodar</li> <li>• Energidockning av traditionella bodar (innebar att vindskyddad mineralullsisolering placerades mellan bjälklag och mellan bodarnas mellanväggar för att reducera andelen avkyld yttervägg i etableringen)</li> </ul>	

(Alexandris, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Byte av fönster</li> <li>• Byte av dörr</li> <li>• Montera dörrstängare</li> <li>• Temperatur i bodarna styrs med termostat</li> <li>• Sänkning av inomhustemperaturen till 20 °C</li> <li>• Bättre isolering samt invändig tilläggsisolering</li> <li>• Närvarostyrd belysning</li> <li>• Effektivare vitvaror</li> <li>• Tidur på alla kontakter i kök</li> </ul> <p>Störst bidrag till den minskade energianvändningen ger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvälls och nattsänkning av inomhustemperaturen</li> <li>• Installation av värmepump</li> </ul>	<p>Beteende identifierades som en faktor som påverkar energianvändningen, exempelvis genom att:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- För att kompensera för en sjunkande utomhustemperatur under vinterhalvåret höjdes temperaturen på radiatorer. Många gånger höjdes den till max på radiatorerna och på ventilationen.</li> <li>- När temperaturen i bodarna blev för hög sänktes inomhustemperaturen genom att öppna fönster och dörrar för att på så sätt vädra ut överskottsvärmen. Detta sker även på vintern.</li> <li>- Lamporna i boden lyser även när ingen är närvarande.</li> <li>- Ytterdörrar står ofta öppna.</li> <li>- Beteende: personalen går in och ut ur bodarna vilket innebär att dörrar öppnas och stängs.</li> <li>- Persienner som brukar finnas används sällan, trots direkt solljus in i bodarna.</li> <li>- Frånluftsfläktar går med konstant hastighet hela dagen, oavsett personbelastning.</li> <li>- Torkskåp används på snabbläget.</li> <li>- Köksmaskiner står på trots att ingen använder dem, såsom kaffekokare.</li> </ul>
(Olsson, 2012)	<p>Viktigaste åtgärden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolering och tätning mellan bodarna.</li> </ul> <p>Ytterligare åtgärder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Byte av fönster och dörrar</li> <li>• Tilläggsisolering</li> <li>• Installation av alternativa värmekällor, exempelvis värmepumpar, fjärrvärme</li> <li>• Beteendeförändring (motverka hög varmvattenanvändning, öppna dörrar och fönster, belysning som står på m.m.) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Installera snålspolande vattenkranar</li> <li>○ Dörrstängare</li> <li>○ Eventuellt installation av fasta fönster – ej öppningsbara (då krävs ett bra ventilationssystem)</li> </ul> </li> </ul>	<p>För de fönster och dörrar som finns installerade i dagens bodar kan det vara svårt rent ekonomiskt att motivera bytet till ännu bättre dörrar och fönster.</p> <p>Tilläggsisolering: förlorat utrymme inne i bodarna, eventuellt ekonomiskt olönsamt.</p> <p>Värmepumpar: krångligt när bodar ska flyttas och dyrt att installera då det behövs mer än en värmepump för att tillgodose värmebehovet i bodetableringen.</p>

		Fjärrvärme: inte möjligt på alla platser, behöver finnas framdraget och problematiskt vid flytt av bodar.
(Ambrosson & Selin, 2014)	<p>Störst inverkan för minskad energianvändning och kortast återbetalningstid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturreglering (inkl. temperatursänkning över helger och nätter)</li> </ul> <p>Ytterligare åtgärder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Byte av fönster</li> <li>• Byte av dörrar</li> <li>• Tilläggsisolering</li> <li>• Närvarostyrd belysning</li> <li>• Snålspolande kranar</li> <li>• Luftåtervinning</li> <li>• Ytbehandling av tak och väggar</li> <li>• Staplingsmönster</li> </ul> <p>Åtgärder som nämns men inte undersöks:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation av solceller</li> <li>• Isolering och tätning mellan bodar</li> </ul>	<p>Ytbehandling av tak och väggar: ganska liten procentuell inverkan på totala energianvändningen och är inte ekonomiskt lönsamt.</p> <p>Energieffektiva byggbodarna används oftast inte av mindre företag då dessa vanligen kopplar upp byggbodarna mot uppdragsgivarens elnät och står därmed inte själva för elkostnaden.</p>
(Hatami & Inekci, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tätning mellan och under bodarna</li> <li>• Bodarnas isolering – byte av isolering i standardbodarna <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ersätta isolering med så kallad PIR-isolering</li> </ul> </li> <li>• Tilläggsisolering</li> <li>• Närvarostyrd belysning</li> <li>• Helg- och nattsänkning av temperaturen</li> <li>• Snålspolande kranar och duschmunstycken</li> <li>• Fuktstyrda torkskåp</li> </ul> <p>Övriga faktorer som kan bidra till minskad energianvändning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mänskliga faktorer – beteende hos brukare</li> <li>• En energideklaration av bodetablerna blir grundstenen i arbetet för en mer energieffektiv byggarbetsplats.</li> </ul>	<p>Kraven styr utvecklingen: utbudet utökas vid efterfrågan och eftersom kraven varit nästintill obefintliga har det historiskt sett inte funnits något större behov av energieffektiva bodar.</p> <p>Byte av isolering: kräver omfattande ombyggnation av standardbodarna som inte är ekonomiskt lönsamt.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entreprenör tar kostnadsansvar för energianvändningen</li> <li>• Energiavtal mellan entreprenören och beställaren (Energiavtalet är avsett att energieffektivisera uppförande, handhavande och energianvändning av bodetableringar)</li> </ul>	
(Englund, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Använda miljöbod istället för standardbod</li> <li>• Solceller</li> <li>• Nattsänkning</li> <li>• Lågenergibelysning</li> <li>• Närvarostyrd belysning</li> <li>• Dagsljusavkänning på belysningen</li> <li>• Avstängning av elektroniska apparater efter arbetstid</li> <li>• Dörrstängare</li> <li>• Koppla in fjärrvärme istället för direktverkande el.</li> <li>• Värmeåtervinning av frånluften.</li> <li>• Luft-luftvärmepump</li> <li>• Bra klimatskal (isolering, tätning mellan bodar, fönster, dörrar)</li> </ul>	<p>Miljöbod: finns inte tillräckligt många miljöbodar för att endast använda sig av dessa i alla projekt. Fler väljer bort denna pga. den dyrare hyran. Men den totala kostnadsskillnaden sjunker om energianvändningen räknas med i den totala kostanden, vilket bör beaktas.</p> <p>Solceller: kan införas där det finns rätt förutsättningar, men är inte alltid ekonomiskt lönsamt.</p> <p>Nattsänkning har inte varit populärt ute på byggarbetsplatserna då temperatursänkningen gör att det ibland blir rätt inne i bodarna och när yrkesarbetarna kommer på morgonen är deras arbetskläder fuktiga. Undersökning har påbörjats om temperatursänkningen kan ske till viss del under dagtid i personalbodar, då dessa används en väldigt kort tid.</p> <p>Många bodar går inte att koppla till fjärrvärme och det finns inte någon större ekonomisk lönsamhet då värmesystemet i bodarna skulle behöva bytas ut till ett vattenburet system. Det finns inte heller alltid ett fjärrvärmenät i anslutning till byggetableringen.</p> <p>Luft-luftvärmepump används ofta som AC maskin på sommar. För att motverka krävs ordentlig solavskärmning-</p> <p>Alla bodar hinner inte renoveras innan de hyrs ut igen.</p>
(Ramirent, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Använda kjolar på bodarna</li> <li>• Tilläggsisolera mellan bodarna</li> <li>• Se till att dörrstängare fungerar</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Styr ljus och värme centralt, tid- eller närvarostyrning</li> <li>• Byta till fuktstyrda torkskåp</li> <li>• Snålspolande vattenkranar</li> <li>• Byta till lågenergilampor</li> </ul>	
(Bergqvist & Smedberg, 2017)	<p>Förbättring bör göras med avseende på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolering <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Isoleringen i yttervägg, tak och golv</li> <li>○ Tätning mellan bodar</li> <li>○ Inkjolning av bod</li> </ul> </li> <li>• Placering av bodar i vertikal-och horisontalled (minimera värmeförluster)</li> <li>• Fönster</li> <li>• Installation av luft-luftvärmepump som kompletteras med radiatorerna som endast levererar toppeffekten vid kalla väderförhållanden.</li> <li>• Fjärrvärmeanslutna bodar</li> <li>• Spärr på termostatventil</li> <li>• Ventilation med värmeåtervinning.</li> <li>• Införa snålspolande blandare, detta för att minska vattenåtgången på arbetsplatsen. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kranar med spärr för hett vatten: den som använder kranen måste hålla in handtaget för värmereglering för att hett vatten ska flöda ur kranen.</li> </ul> </li> <li>• Närvarostyrd belysning.</li> <li>• Torkrum istället för torkskåp <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Torkrum är utrustat med ventilationsaggregat med värmeåtervinning samt energieffektivare avfuktare.</li> </ul> </li> <li>• Lågenergibelysning</li> <li>• Nattsänkning av temperatur</li> <li>• Dörrstängare för att reducera värmeläckage vid in- och ut passage.</li> </ul> <p>Framtida lösningar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PIR-isolering</li> <li>• Installation av solceller</li> </ul>	<p>En energibod uppnår inte sin fulla potential utan energietablering (tätning och inkjolning).</p> <p>Torkrum: används endast till viss del, majoriteten föredrar torkskåp då arbetare föredrar varma arbetskläder och inte enbart torra.</p> <p>Fjärrvärme: Kräver vattenburet värmesystem i bodarna och att det finns möjlighet att ansluta sig till en fjärrvärmeslinga. Det finns inte alltid ett fjärrvärmenät i anslutning till byggetableringen.</p>



(SBUF, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luft-luftvärmepump (med värmeförflyttare för att sprida värmen mellan bodarna)</li> <li>• FTX-aggregat</li> <li>• Förbättrad isolering</li> <li>• Tätning mellan bodarna</li> </ul> <p>Övriga åtgärder som diskuteras men ingen utvärdering utfördes för hur mycket dessa påverkade energianvändningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Närvarostyrd belysning</li> <li>• Nattsänkning</li> <li>• Ny torkutrustning</li> </ul>	
(Ganse, et al., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Införa ICT och IoT-tjänster via insamling av stora datamängder som kan analyseras och nyttjas för att skapa energi- och resurseffektiviseringskoncept <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Med ett sensornät och övergripande mät- och styrsystem som även last/ effektstyr kan energi- och effekt sparas.</li> <li>○ Systemen skulle även kunna ge en optimering av bygget genom effekt och laststyrning och därigenom minska elanläggningens säkringsstorlek och effektuttag. Minskning av säkringsstorlek kan innebära en stor kostnadsbesparing.</li> </ul> </li> <li>• Reglering av värme (i byggbodarna) enligt samma princip som för belysning. I de fall byggarbetsplatsen förses med värme från en mobil fjärrvärmeanläggning kan även denna kopplas upp och styras för att undvika 100% kapacitetsanvändning 24h om dygnet.</li> <li>• Visualisering: Tex skulle ett demonstrationsprojekt kunna innehålla tester för hur temperaturregleringen i byggbodarna kopplas till vädertjänster så att höjd kan tas och planera uppvärmningen för detta.</li> </ul>	<p>Byggbodarna drar mycket energi och värms idag i de flesta fall upp med direktverkande el. Potential för uppvärmningsmöjligheter borde finnas. Ett hinder kan vara att byggföretag ofta hyr utrustning och därför inte investerar i t.ex. värmepumpar. Svårt att få ihop investeringskalkylen på energieffektiva bodar.</p>
(Eriksson, et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Införandet av ett energiklassningssystem för bodar och för bodetableringen för att främja efterfrågan och framtagande av mer effektiva byggetableringar. En enhetlig klassning skulle underlätta för beställare att välja energieffektiva produkter.</li> <li>• Byte eller renovering av äldre byggbodarna</li> <li>• Täta och isolera vid en bodetablering.</li> <li>• Beteendeförändring till exempel genom nudging</li> </ul> <p>Kriterier som föreslås i ett klassningssystem med hänsyn till energi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimatskärm (vägg/tak/golv/fönster/dörr)</li> </ul>	<p>Energieffektivare byggbodarna: investeringskostnaden kan bli ett stort hinder. Prisskillnad mellan olika klasser kan ligga på ca 20 %. Det är oftast de stora kunderna med interna miljömål och riktlinjer för att energieffektivisera byggprocessen som beställer energieffektiva bodar.</p> <p>Idag finns ett flertal varianter av egna märkningar från bodleverantörer som vill visa att en byggbod har en god energieffektivitet. De olika varianterna är dock inte jämförbara och</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tätning och isolering mellan och under bodar</li> <li>• Täthet (luftläckning)</li> <li>• Uppvärmning: uppvärmningssystem &amp; styrning</li> <li>• Helg- och nattsänkning av temperatur</li> <li>• Belysning: källa och styrning</li> <li>• Effektiva torkskåp</li> <li>• Effektiva tappvattenarmaturer</li> <li>• Dörrstängare</li> <li>• Energimätning och visualisering</li> <li>• Placering och uppställning av bodar</li> </ul> <p>Vidare finns det behov av teknikutveckling:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ett större utbud av ventilationsaggregat med värmeåtervinningsfunktion (FTX),</li> <li>• luft-luftvärmepumpar som är anpassade efter bodedableringsförutsättningar (små utrymmen, dammig miljö, risk för skada av värmepumparnas utedelar vid transport) och</li> <li>• energieffektiva torkskåp (fuktstyrda) som klarar att torka arbetskläderna tillräckligt snabbt (under rasten).</li> </ul>	<p>entydiga, utan varje leverantör har sin egen tolkning och benämning vilket medför svårigheter vid kravställning och upphandling.</p> <p>Svårt att ändra bodars yttermått då kunder efterfrågar bodar som passar med de gamla. Detta lämnar lite marginal för att förbättra klimatskärmen med tjockare isolering. En del har löst detta genom att använda isoleringsmaterial med högre isoleringsförmåga såsom PIR, men från insamlade synpunkter från olika bodtillverkare anser inte alla att detta är ett bra alternativ.</p> <p>Användning av fjärrvärme som värmekälla har testats och sker i projekt där det finns väldigt konkreta krav från byggherren, ofta kommuner. Det gäller att fjärrvärmenätet är utbyggt i området där byggverksamheten sker och att projektet sträcker sig under flera år för att det ska vara en kostnadseffektiv lösning. En annan aspekt är att endast en bråkdel av byggbodarna har vattenburen värme.</p> <p>Användning av luft-luftvärmepumpar som värmekälla sker oftast på begäran av beställaren och som tillval. Det finns inte så många värmepumpar som är anpassade efter byggbodarnas förutsättningar. Värmepumpar blir dock vanligare eftersom komfortkyla på sommaren efterfrågas mer och mer. Anledning som lyfts till att inte fler idag använder luft-luftvärmepumpar är:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftkvalitet på byggarbetsplatsen ofta innehåller mycket damm och partiklar vilket ger en hög belastning på filter som då behöver bytas ofta,</li> <li>• Utedelen utsätts och havererar ofta vid transport och montering av boden</li> <li>• Det är svårt att garantera bra inomhustemperatur i bodar med flera rum eftersom det kräver en bra luftspridning.</li> </ul>
--	--	--

Ovanstående sammanställning visar att det finns flera möjliga åtgärder för att minska energianvändningen i byggbodarna. Åtgärdsförslagen är i stort sett samma i alla studier som ingått i analysen för de senaste 10 åren. Det pågår en omsättning där bodar köps in och fasas ut varje år (Eriksson, et al., 2019) vilket också bör innebära att de nyare bodarna som köps in har en bättre energiprestanda. Det framgår dock inte, om och hur många, av de nya bodarna som köps in som är lågenergibodar. Energieffektiva bodar erbjuds från flera tillverkare men tycks nyttjas i liten utsträckning (Ganse, et al., 2018).

Från ovanstående sammanställning identifierades hinder till varför mer energieffektiva bodar troligtvis inte används och hinder till varför de identifierade åtgärderna inte anammats i större utsträckning för att sänka energianvändningen. Dessa delas in i nedanstående punkter:

- **Ekonomiska hinder**

För bodar med väldigt låg energianvändning kan investeringskostnaden vara ett hinder (Eriksson, et al., 2019) (Ganse, et al., 2018). Prisskillnaden mellan olika klasser kan ligga på ca 20 %. Det är oftast de stora kunderna med interna miljömål och riktlinjer för att energieffektivisera byggprocessen som beställer energieffektiva bodar (Eriksson, et al., 2019). Flera väljer bort dessa pga. den dyrare hyran men bör beakta att den totala kostnadsskillnaden sjunker om energianvändningen räknas med i den totala kostanden (Englund, 2015).

Ekonomiska hinder förekommer även när det gäller nya möjliga tekniska lösningar. Exempelvis, solceller som kan införas där det finns bra förutsättningar, men inte alltid är ekonomiskt lönsamt (Englund, 2015). Ytterligare ett exempel är byte till nya fönster och dörrar som ofta inte går att motivera ekonomiskt (Hatami, 2007) (Olsson, 2012). För en del åtgärder som exempelvis ytbehandling av tak och väggar är den procentuella inverkan på den totala energianvändningen ganska liten och blir därmed inte ekonomiskt lönsam (Ambrosson & Selin, 2014).

- **Avsaknaden av incitament och energikrav**

Användning av energieffektiva byggbodarna används oftast inte av mindre företag då dessa vanligen kopplar upp byggbodarna mot uppdragsgivarens elnät och står därmed inte själva för elkostnaden (Ambrosson & Selin, 2014).

I en studie av (Hatami & Inekci, 2015) identifierades att kundens ovilja för utvecklingskostnader av energieffektiva bodar stoppar utvecklingen, då efterfrågan styr marknaden. Utbudet utökas vid efterfrågan och eftersom

krav varit nästintill obefintliga har det historiskt sett inte funnits något större behov av energieffektiva bodar (Hatami & Inekci, 2015).

Potential för uppvärmningsmöjligheter som sänker energianvändningen i byggbodas borde vara stor då de idag i de flesta fall värms upp med direktverkande el. Återigen finns avsaknad av incitament då byggföretag ofta hyr utrustning och därför inte investerar i t.ex. värmepumpar (Ganse, et al., 2018).

- **Hinner ej renovera innan de hyrs ut**

Byggbranschens rådande högkonjunktur ökar efterfrågan på byggbodas vilket troligtvis är anledningen till att alla bodas inte hinner renoveras innan de hyrs ut igen (Englund, 2015), (Eriksson, et al., 2019). Samtidigt som det inte finns tillräckligt många lågenergibodas för att endast använda sig av i alla projekt (Englund, 2015). I en studie av Eriksson et al. (2019) identifierades att andelen "gamla" bodas uppgår till ca 60% av alla bodas som finns idag.

- **Beteende**

Ett antal studier identifierade hur energianvändningen både för bodas men också för byggarbetsplatsen påverkas av beteende. Exempel på beteende som påverkar energianvändningen framgår i Tabell 9 ovan för studien av (Alexandris, 2011). Svårigheter med detta är att lyckas implementera beteendeförändring på byggarbetsplatsen. Studierna lyfter att genom beteendeförändring finns stor potential till att minska energianvändningen. (Alexandris, 2011), (Norrman, et al., 2011), (Ossman, 2018) (Ganse, et al., 2018)

- **Flexibilitet på byggarbetsplatsen**

Att utföra en energieffektiv bodetablering dvs. bland annat att isolera och täta mellan och under bodarna, använda kjolar på bodarna, är en aspekt som i studierna identifierats som en åtgärd som bidrar till att minska energianvändningen, framförallt när det kommer till äldre bodas. Denna åtgärd tycks inte användas i någon större utsträckning vilket skulle kunna bero på att det är en kostnadsfråga för om det anses vara lönsamt. En annan anledning kan vara att man vill kunna förändra byggarbetsplatsen enkelt och ta bort / lägga till bodas under byggnationstiden. En energieffektiv bodetablering kommer endast göras en gång och vill man

kunna förändra den försvåras detta och det anses inte lönsamt att införa en energieffektiv bodetablering.<sup>10</sup>

- **Tekniska svårigheter**

- **Tilläggsisolering**

Att tilläggsisolera bodar skulle antingen innebära förlorat utrymme i bodarna eller ändrade yttermått beroende på hur tilläggsisoleringen utförs. (Olsson, 2012) Att tilläggsisolera invändigt eller utvändigt medför svårigheter då det finns strikta krav på bodars minsta tillåtna innermått eller då kunder efterfrågar bodar som passar med de gamla. Det är även svårt att ändra yttermått då bodar ska få plats att transporters. Detta lämnar lite marginal för att förbättra klimatskärmen med tilläggsisolering. Lösningar som en del gjort är att använda isoleringsmaterial med högre isoleringsförmåga såsom PIR, men från insamlade synpunkter från olika bodtillverkare anser inte alla att detta är ett bra alternativ (Eriksson, et al., 2019). Tilläggsisolering kräver också omfattande ombyggnation av standardbodarna som inte anses vara ekonomiskt lönsamt (Hatami & Inekci, 2015).

- **Värmepump**

Det finns inte många värmepumpar som är anpassade efter byggbodarnas förutsättningar. Endast en liten del använder luft-luftvärmepumpar. Dessa blir vanligare eftersom komfortkyla på sommaren efterfrågas mer och mer. (Eriksson, et al., 2019) Men för att minska energianvändningen som orsakas av att använda luft-luftvärmepumpen för komfortkyla bör den även kombineras med bra solavskärmning (Englund, 2015).

Hinder som identifierats till varför det inte är vanligare med värmepumpar framgår i Tabell 9 ovan för studierna av (Olsson, 2012) och (Eriksson, et al., 2019).

- **Fjärrvärme**

Användning av fjärrvärme som värmekälla har testats och sker i projekt där det finns väldigt konkreta krav från byggherren (Eriksson, et al., 2019). Fjärrvärme kräver vattenburet värmesystem i bodarna och att dessa har möjlighet att ansluta sig

---

<sup>10</sup> Diskussioner med författarna av studierna (Eriksson, et al., 2019) (Glader, et al., 2020)

till fjärrvärmenätet, men endast en bråkdel har vattenburen värme (Eriksson, et al., 2019) och det finns inte alltid ett fjärrvärmenät i anslutning till byggetableringen. (Bergqvist & Smedberg, 2017), (Olsson, 2012) (Englund, 2015)

Att byta värmesystem i bodarna anses inte ha någon större ekonomisk lönsamhet (Englund, 2015). Det gäller att fjärrvärmenätet är utbyggt i området där byggverksamheten sker och att projektet sträcker sig under flera år för att det ska vara en kostnadseffektiv lösning (Eriksson, et al., 2019).

- **Nattsänkning**  
Nattsänkning har ibland resulterat i att arbetarnas kläder varit fuktiga på morgonen, vilket gör att denna åtgärd inte är omtyckt. Möjligheten till att utföra temperatursänkningen till viss del under dagtid i personalbodarna är ett alternativ som kan undersökas, då dessa används en väldigt kort tid (Englund, 2015).
- **Torkrum**  
Torkrum används endast till viss del, majoriteten föredrar torkskåp då arbetare föredrar varma arbetskläder och inte enbart torra. Torkrum är dock en lösning som minskar energianvändningen vid torkning av kläder och är därför att föredra framför torkskåp. (Bergqvist & Smedberg, 2017)

Energieffektiva bodar benämns olika av olika bodleverantörer som bland annat, *energibod*, *miljöbod* och *lågenergibod*. Varje bodleverantör har egna krav på dessa vilket gör att de inte är jämförbara och medför svårigheter i samband med upphandling vid kravställning. (Eriksson, et al., 2019).

Enligt en studie av Hatami och Inekci (2015) kan följande krav vid upphandling ställas för att arbeta mot en energieffektivare byggprocess; att energieffektiva bodar ska i första hand prioriteras med en maximal förbrukning på 120 kWh/m<sup>2</sup> år. I andra hand ska standardbodarna användas med maximala förbrukning på 160 kWh/m<sup>2</sup> (vilket motsvarar en nyare bod enligt sammanställningen ovan baserad på Tabell 8).

Trafikverket har sedan 2014 krav på att entreprenörer skall använda energieffektiva byggbodarna (Ganse, et al., 2018). I studien av Ganse et al. (2018) återges trafikverkets definition av energieffektiva byggbodarna. Dessa har en energianvändning på ca 250 kWh/m<sup>2</sup>, jämfört med en standardbod som har en energianvändning på ca 350 kWh/m<sup>2</sup> och som i genomsnitt är 25 m<sup>2</sup>. Enligt sammanställningen utförd ovan baserad på Tabell 8 uppvisar dagens energieffektiva byggbodarna och standardbodarna betydligt lägre energiprestanda än definitionerna som används av trafikverket.

Även Stockholms stad ställer krav på byggproduktionen. Krav ställs på att uppvärmning av byggbodar ska använda om möjligt energikällor med låg primärenergifaktor. Elvärme tillåts om behovet av köpt el understiger 4 000 kWh/år för en kontorsbod och 5 000 kWh/år för en manskapsbod. Elen som används under byggproduktionen ska vara miljömärkt. (Stockholms stad, 2018)

Förstudien *Energiklassning av byggbodar* (Eriksson, et al., 2019) konstaterar att energiklassningssystem som gäller dels för bodar och dels för bodetableringar behöver utformas, där det också finns ett nystartat projekt inom LÅGAN. Införandet av ett energiklassningssystem för bodar och för bodetableringen främjar efterfrågan och framtagande av mer effektiva byggetableringar. En enhetlig klassning skulle underlätta för beställare att välja energieffektiva produkter. En annan fördel med detta som nämns i studien är att detta även gynnar andra energisystemnyttor såsom minskning av eleffektuttag. Liljeström et al. (2015) konstaterar att möjligheten till att verifiera en bättre klimatprestanda i jämförelse med branschgenomsnittet kan ge konkurrensfördelar inom de närmaste åren, såväl nationellt som internationellt genom bland annat nya affärserbudanden med hållbara produkter och även locka potentiella nya kunder.

#### **2.2.4 Förvaring av byggmaterial/-komponenter, verktyg och annan utrustning**

I containrarna utförs en del arbete men används främst till förvaring och laddning av bland annat handmaskiner, verktyg, byggmaterial och diverse byggkomponenter (Doolke, 2013). Containrar (som oftast saknar isolering) värms upp eftersom det som förvaras där är temperaturkänsligt (SBUF, Infobric, 2011), (Doolke, 2013). Enligt en studie av Bölin och Sundblom (2014) är containrar en av de minst energieffektiva komponenterna på byggarbetsplatsen då de är oisolerade och värms med antingen elradiatorer eller byggfläktar. Containrarna har vanligtvis dåligt anpassade portar som står öppna under arbetstiden (Bölin & Sundblom, 2014) och värms dygnet runt (Hatami, 2007). Bölin och Sundblom (2014) konstaterade att energianvändningen gick från underhållsvärme under nätterna till att ligga på maximal energianvändning när arbetarna kom på morgonen fram tills dess att de slutar för dagen, då portar står öppna. I en studie av Arvidsson och Fahlström (2016) konstaterades att arbetare använder utrymmet för att värma sig och stänger inte alltid av värmen trots tillräckliga temperaturer utomhus.

För containrar finns väsentligt färre data att tillgå i jämförelse med byggbodar. I en studie av Hatami (2007) står containrar för ca 13% av den totala energianvändningen. Mätningar som gjordes i denna studie visade på att containrarna hade en energianvändning på mellan 200 och 400 kWh per dag under stombyggnadsfasen och den totala energianvändningen för projektet varierade mellan 500 och 1 500 kWh per dag, vilket motsvarar ca 70–220 kWh/dag, container. Doolke (2013) fann att energianvändningen för containrar

uppgår till ca 650 kWh/m<sup>2</sup>, år vilket även i detta projekt motsvarade 13% av den totala energianvändningen på byggarbetsplatsen. Att ha i åtanke är att maskiner som är batteridrivna laddas i förrådscontainrarna. Energianvändningen från dessa inkluderas därmed per automatik i containrars energianvändning.

Identifierade värden för energianvändningen utgör ett för litet underlag för att kunna dra slutsatser om någon form av genomsnittlig energianvändning för containrar. Däremot finns identifierade åtgärder att implementera för att bidra till resurseffektiv energianvändning. Verktygscontainrar bör vara isolerade och försedda med luftsluss och självstängande dörrar (Doolke, 2013) (Liljenström, et al., 2015) (Bölin & Sundblom, 2014). Om oisolerade containrar ändå används bör isoleringsväggar byggas (Norrman, et al., 2010). Alternativ till containern bör också undersökas som att istället använda sig av exempelvis oinredd bod (Norrman, et al., 2010).

Ytterligare bör energianvändningen i containrar uppmärksammas och styrning av uppvärmningen i dessa införas för att motverka att värmekällor går på full effekt konstant (Norrman, et al., 2011) (Bölin & Sundblom, 2014). Belysning i containrar kan närvarostyras och uppvärmning av containrar kan styras via timer- och termostatsystem. (Bölin & Sundblom, 2014).

Identifierade åtgärder för att minska energianvändningen i containrar kan sammanställas i följande punkter;

- Klimatskal och isolering
- Automatisk dörrstängning inkl. sluss
- Närvarostyrd belysning samt timer- och termostatsstyrning

## 2.2.5 Maskiner

Det finns en rad olika verktyg och maskiner som används på en byggarbetsplats så som lyftkranar, hissar, olika bygg- och anläggningsmaskiner, diverse handverktyg (skruvdragare, bormaskiner, borrhämmare, slipmaskiner, markvibratorer, betongblandare, byggdammsugare m.m.) byggfläktar och även en del bränsledrivna verktyg och maskiner. (Bölin & Sundblom, 2014) (Hatami, 2007).

Bölin & Sundblom (2014) konstaterar att det är väldigt svårt att kartlägga hur mycket energi de enskilda maskinerna använder, dels för att det skulle kosta betydligt mer att utföra en sådan mätning än vad besparingen skulle kunna generera och dels för att många av dessa maskiner är batteridrivna och laddas i förrådscontainrarna. Energianvändningen från dessa inkluderas därmed per automatik i containrars energianvändning.

I en enkätundersökning som genomfördes av (Norrman, et al., 2011) som skickades till byggtreprenörer frågades hur de planerade kostnad för maskiner och energianvändningen på byggarbetsplatser. Från svaren framgick att



planering skedde ”utifrån maskinbehov och utifrån ett hyreskostnadsperspektiv, energianvändning betraktas till största delen ur ett kapacitetsperspektiv, energikostnad under pågående bygge är i dag<sup>11</sup> ingen prioriterad beslutsparameter” (Norrman, et al., 2011).

Tabell 10 nedan presenterar identifierade värden för energianvändningen av vissa maskiner på byggarbetsplatsen.

**Tabell 10** Information om energianvändningen för vissa maskiner på byggarbetsplatsen

Studie	Maskintyp	Information om energianvändningen
(Hatami, 2007)	Hiss	0,85 kWh/ arbetsdag <sup>1</sup>
	Kran	4% av total elanvändning
	Det som inte ingår i containrar, kran, belysning, bodar har bakats in i en övrig post: maskiner som t ex byggfläktar, dammsugare, extra strålkastare <sup>2</sup>	Ca. 14% av total elanvändning
(SCB, Statistiska centralbyrån, 2013)	Arbetsmaskiner: <i>mobila maskiner som inte används för transporter på allmän väg (dvs. de är inte bilar, lastbilar eller bussar). De utgörs av arbetsfordon, stora arbetsredskap och små arbetsredskap.</i>	Elanvändningen för arbetsmaskiner i byggsektorn: 2 GWh (2004). (Motsvarar 0,3% av elanvändningen i byggsektorn)  ca 42% av energianvändningen i byggsektorn (2004)  Diesel i arbetsmaskiner: 4,3 TWh (2009)

<sup>1</sup> Uppmätt under 5 dagar

<sup>2</sup> I denna studie ingick byggfläktar för uttorkning under övriga maskiner och uppgick i 190 kWh/dygn.

Identifierade åtgärder för att minska energianvändningen vad gäller maskiner kan delas in i tre kategorier:

- **Val av maskiner**

---

<sup>11</sup> Var 2011

Viktiga åtgärder för minskad klimatpåverkan och energianvändning i byggskedet omfattar exempelvis, användning av energieffektiva maskiner (Liljenström, et al., 2015) (Ramirent, 2016). Att välja så energieffektiva maskiner som möjligt och med kapacitet som är anpassat efter behov (Norrman, et al., 2010) (SBUF, 2010).

Utvecklingen av fordon, maskiner, verktyg och kranar har blivit mer effektiva (Ramirent, 2016) Alternativ för kranar och hissar är att använda frekvensstyrda sådana. Englund (2015) konstaterade att besparingspotentialen uppgick till ca 30–40% jämfört med vanliga modeller.

Studier för att bedöma klimatpåverkan från byggandet visar att diesel till de maskiner som används på byggplatsen står för en fjärdedel av klimatpåverkan från byggproduktionen (Liljenström, et al., 2015). Bensin- och dieseldrivna maskiner bör ersättas med eldrivna maskiner och/eller bytas till alternativ som minimerar utsläppen genom att exempelvis använda förnybara bränslen. (Sveriges Byggindustrier, 2014) (Liljenström, et al., 2015) (Ramirent, 2016).

- **Visualisering/mätning/IoT**

Genom mätning och övervakning av vilka maskiner som är på och hur länge kan information om energianvändningen erhållas, vilket därmed ger underlag till energibesparande åtgärder men även bättre planeringsunderlag. Övervakningen kan även kopplas till ett driftlarm så att rätt mottagare får information om något gått fel eller behöver åtgärdas (för att minska eventuellt slitage eller onödig energianvändning) (Ganse, et al., 2018).

Flertalet hyrfirmor och leverantörer med fokus på byggarbetsplatsen har utvecklat koncept som kombinerar energi- och resurseffektivitet med arbetsmiljö och säkerhet. Cramo har idag ca 7 000 av sina maskiner uppkopplade till molntjänster för att samla in data kring energianvändning och nyttjande och Ramirent har börjat komplettera sitt tjänsteutbud med tjänster inom process-, konstruktions- och logistikstyrning (CM, SCM och BIM) (Ganse, et al., 2018).

- **Beteende**

Möjligheten att mäta energianvändningen påverkar ansvar, attityder och beteende. Genom att förmedla information om energianvändningen kommer allt färre belysningsarmaturer, fläktar och maskiner stå på i onödan (Norrman, et al., 2011).

Personal på arbetsplatser stänger sällan av utrustning helt vid dagens slut utan lämnar dem i standby-läge. Detsamma gäller fossildrivna maskiner under dagtid som kan stå på tomgång även då de inte direkt nyttjas (Ganse, et al., 2018). Dessa delar är möjliga att överkomma genom

beteendeförändring och ökad medvetenhet för energianvändningen på byggarbetsplatsen.

## 2.2.6 Uttorkning av byggfukt

Det finns olika metoder för uttorkning av byggfukt, från värmefläktar (med direktverkande el, fjärrvärme eller diesel), oljepannor eller mer innovativa tekniker som beskrivs mer utförligt i studien av Karlsson (2019), exempelvis Altiflex, AWG, lufttridåer eller tillfälliga värmekablar i betongen.

I tidiga studier har värmefläktar identifierats som den vanligaste uppvärmningsmetoden och varierar mellan dieselvärmare, el eller fjärrvärme då det finns tillgängligt och möjlighet att koppla upp värmefläktarna till denna (Bölin & Sundblom, 2014).

Englund (2015) identifierade att de vanligast provisoriska uppvärmningssätten när det finns krav på uttorkning är hetvatten. Antingen varmvatten genom fjärrvärmesystemet eller mobil oljepanna. Provisorisk uppvärmning kompletteras nästan alltid med eldrivna fläktar. Arvidsson & Fahlström (2016) lyfter i sin studie att det är vanligt med eldrivna fläktar och ibland gasvärmare.

I en senare studie av Karlsson et al. (2019) med informationsinsamling via enkätundersökning till byggherrar och platschefer visades den vanligaste uttorkningsmetoden vara varmluftsfläktar och oftast i kombination med kondensavfuktare. Fjärrvärme var det vanligaste energislaget för klimathållning följt av el (Karlsson, et al., 2019).

Uttorkningsmetodernas energieffektivitet beror på olika faktorer som exempelvis klimat, skede i produktionen och till stor del byggnadens täthet samt väderskydd (Bölin & Sundblom, 2014) (Ossman, 2018) (Karlsson, et al., 2019).

Uttorkning av byggfukt och klimathållning tas upp som en aktivitet med ett stort behov av energitillförsel under byggproduktionen (Bölin & Sundblom, 2014) (Karlsson, et al., 2019).

I

Tabell 11 nedan presenteras identifierade värden på energianvändningen för uttorkning och klimathållning på byggarbetsplatsen.

**Tabell 11** Identifierade värden för energianvändningen för klimathållning och uttorkning på byggarbetsplatsen

Studie	Energianvändningen
(Hatami, 2007)	800W / byggfläkt (inkopplade till fjärrvärme) - 19 kWh/dygn, fläkt
(Karlsson, et al., 2019)	1,7 – 100 kWh/BTA ; flest projekt använder ca 50 kWh/BTA

Tre övergripande åtgärder har identifierats för att minska energianvändningen under uttorkning:

- **Byggmetoder**

I analysen av Karlsson et al. (2019), baserat på 42 projekt, hade utrustningen (för klimathushållning och avfuktning) i 36 % av projekten driftsatts innan tätt hus har uppnåtts (Karlsson, et al., 2019). Hur pass färdigställt en byggnads klimatskal är när uppvärmning och uttorkning påbörjas påverkar energianvändningen. Genom att optimera byggmetoder och säkerställa väderskydd, eller att byggnaden tätas temporärt innan uttorkning och uppvärmning påbörjas, finns möjlighet till besparingspotential (Norrman, et al., 2011) (Liljenström, et al., 2015) (Ossman, 2018).

Ganse et al. (2018) konstaterar i sin studie att genom bättre och noggrannare mätning av temperaturer och fuktnivåer kan arbetet med uttorkning underlättas.

- **Fjärrvärme och utrustning**

Flera studier identifierar att möjligheten till att ansluta byggnationen till fjärrvärme, som också kan användas till uttorkning, minskar klimatpåverkan och anses ha stor energibesparingspotential (Norrman, et al., 2011) (Liljenström, et al., 2015) (Ossman, 2018).

Många entreprenörer kopplar in sig till det befintliga fjärrvärmenätet när detta är möjligt och kan då använda fjärrvärme i uttorkningsprocessen. Ofta sätter man dock in annan temporär torkutrustning för att spara tid och inte försena projektet (Heincke, 2014).

Karlsson et al. (2019) konstaterade att i de flesta fall är det utrustningsuthyrarens och platsorganisationens kompetens som avgör hur effektiv klimathållnings- och avfuktningssprocessen blir och identifierar att det kan finnas potential i utbildningsinsatser för att höja kompetensen hos dessa.

- **Planering**

I en studie av IMCG Sweden AB (2010) hänvisas till forskning utförd av Peter Brander som konstaterade att energianvändningen för uttorkning och uppvärmning kan minska betydligt med ett mer metodiskt arbetssätt. Vidare konstateras att via planering för bland annat tid för när olika arbetsmoment sker, exempelvis att se till att uttorkning inte inträffar under vinterperiod, finns potential för att minska energianvändningen (Heincke, 2014) (Ossman, 2018).

## 2.2.7 Belysning

I en tidig studie av Hatami (2007) konstaterades att belysning stod för 28 % av den totala elanvändningen på byggarbetsplatsen. Detta beräknades fram för ett projekt där majoriteten av belysningen på byggarbetsplatsen bestod av glödlampor, vilket troligtvis inte ger en representativ bild av läget på dagens byggarbetsplatser. Studier som följde visade på olika energibesparingspotentialer utan information om hur stor andel av energianvändningen som belysningen numera utgör.

Energieffektiv belysning (i form av diodljus och xenonljus) identifierades kunna ge en effektiviseringspotential på ca 80% i jämförelse med motsvarande traditionell belysning år 2011 (Norrman, et al., 2011). Även studien, *En energieffektiv arbetsplats*, konstaterade att genom att använda lågenergilampor, istället för glödlampor (LED, halogenlampor, närvarostyrdbelysning och dagljuskännare) kunde energianvändningen sänkas med 70–80% (Englund, 2015) och liknande siffror redovisades även av Liljenström et al. (2015).

Senare studier tyder på att teknikutvecklingen inom belysning har gjort att energieffektivare belysning används på dagens byggarbetsplatser men det finns fortfarande besparingspotential inom området. Belysningen på arbetsplatser består ofta av starka halogenlampor som använder mycket energi (Ramirent, 2016). Genom att byta från klassiska halogenlampor till nyare metallhalogenlampor kan man spara upp till 60% av energianvändningen för belysning (Ramirent, 2016). I en studie av Bergqvist och Smedberg (2017) identifierades halogenstrålkastare och glödljusbelysning som belysningstyper som används i störst utsträckning på byggarbetsplatser. Samtidigt konstaterades att LED-belysning förekom allt oftare då det finns en energibesparing som kan uppnås vid utbyte från halogen till LED. LED-belysning blir vanligare då det erbjuds LED i både strålkastare och glödljusbelysning men glödljusbelysning av LED är fortfarande under utveckling. (Bergqvist & Smedberg, 2017).

Stor del av all belysning står tänd dygnet runt på byggarbetsplatser vilket bland annat beror på att det behöver säkerställas att ingen obehörig kan ta sig in vid en helt avstängd byggarbetsplats eller skadar sig vid en obelyst arbetsplats.

Identifierade åtgärder till energibesparing är därmed främst genom byte till mer energieffektivare belysning och närvarostyrda produkter.

## 2.3 Vad saknas och behöver undersökas vidare

Inom flera områden som påverkar den totala energianvändningen på byggarbetsplatsen har det identifierats delar som skulle behöva undersökas vidare för att komplettera saknad information och därmed förbättra kunskapsläget.

### 2.3.1 Energianvändningen på byggarbetsplatsen

Att kunna bedöma energianvändningen på byggarbetsplatsen för att möjliggöra kravställning för specifika energinivåer bedöms inte möjligt baserat på det underlag som kartlagts i denna studie. I ett PM som Stockholms Stad tog fram över vad Staden gör avseende direkt och indirekt energianvändning i byggprocessen gjorde exploateringskontoret och miljöförvaltningen liknande bedömning (Stockholms stad, 2015). Det fastslogs att statistiska underlag av hur mycket energi som används på en arbetsplats är alltför bristfälliga för att krav ska kunna ställas på specifika energinivåer. Här behövs ytterligare underlag, mer mätdata med bättre dokumentation för att öka det statistiska underlaget och dess kvalitet och därmed kunna bedöma vart specifika energinivåer bör ligga och vad det finns för energibesparingspotential.

Vidare framgår i studier och via den referensgrupp som varit med i projektet att det finns flera underentreprenörer vars energianvändning är okänd. Exempelvis vid energikartläggning av företaget står varje underentreprenör/leverantör för sin del och sina verktyg. Dessa underentreprenörers energianvändning missas ofta i rapporterade data och därmed är det sannolikt att det finns ett mörkertal som kan behöva beaktas. Dessa behöver identifieras vid fortsatta mätningar.

Förutom att mer data behövs på den totala energianvändningen saknas även uppdaterad information på energianvändningen för olika poster på en byggarbetsplats. Resultat på fördelningen av energianvändningen mellan olika poster på en byggarbetsplats från studien av Hatami (2007) refereras till i flera studier. Det kan dock konstateras från de olika studierna att bland annat teknikutvecklingen i byggbranschen har lett till att det idag används energieffektivare produkter som exempelvis belysning och byggbodas än vad det troligtvis gjordes i studien som är mer än 10 år gammal. Fördelningen från denna studie mellan energianvändningen för olika poster på en byggarbetsplats kan därför ifrågasättas och det skulle behövas uppdaterade siffror via en ny fallstudie. Genom uppdaterade siffror fås en bild över vilka poster som kräver ytterligare insatser för att bidra till effektivare energianvändning.

Sammanställning av mätdata och statistiska underlag gör det möjligt att kunna skapa verktyg, affärsmodeller och ställa energi- och resurseffektiviseringskrav på entreprenörer.

En drivkraft för de olika aktörerna involverade på byggarbetsplatsen är ekonomin. För att öka den ekonomiska drivkraften när det gäller implementering av olika besparingsåtgärder behövs studier som visar på olika former av lönsamhetsberäkningar. Flera studier tar upp ekonomiska hinder för energieffektiviseringsåtgärder som exempelvis att effektivare produkter och lösningar kan ha högre hyreskostnad och investeringskostnad. Till detta bör dock den minskade energianvändningen beaktas och inkluderas i lönsamhetsberäkningar (Englund, 2015). Det finns därmed ett behov av att studera den ekonomiska lönsamheten för olika besparingsåtgärder genom livscykelkostnadsbedömningar, LCC.

För att minska energianvändningen på byggarbetsplatsen bör man även titta på teknikutvecklingsmöjligheter, exempelvis via teknikupphandlingar, för att hitta nya lösningar. Teknikupphandlingar kan tillämpas på olika typer av utrustning som exempelvis uttorkning och avfuktning, men även utrustning för byggbodas. Ett annat alternativ att visa på möjligheter är demonstrationsprojekt. Genom demonstrationsprojekt men också teknikupphandlingar är det samtidigt möjligt att överkomma möjliga hinder som kan finnas med att inte våga testa ny teknik och samtidigt påskynda samt stimulera utvecklingen av ny teknik som kan finnas inom olika poster.

### **2.3.2 Byggbodar**

Många studier har gjorts specifikt på byggbodas och i flera finns detaljerad information att hitta om dessa, vilket bidragit till att sammanställningen av identifierad energiprestanda bedöms kunna användas för att ställa krav vid upphandling.

Identifierade åtgärder för byggbodas är många för att åstadkomma energieffektivisering och från studierna kan det konstateras att det finns många äldre bodas kvar som kräver mer incitament för att öka utfasningen av dessa. Ett sätt att öka utfasningen kan vara genom införandet av ett energiklassningssystem där det också finns ett nystartat projekt inom LÅGAN. Det som framtida studier kan kompletteras med är att se på teknikutvecklingsmöjligheter genom teknikupphandlingar för att hitta nya lösningar. Ett exempel är att energieffektiva bodetableringar som kan minska energianvändningen inte tycks användas i någon större utsträckning och en anledning framgick vara att man vill kunna förändra byggarbetsplatsen enkelt och ta bort / lägga till bodas. Här skulle en tekniklösning eventuellt behövas för



att en energieffektiv bodetablering ska göras. Energiklassningen kan skapa en möjlighet till att lyckas med detta men det kanske även krävs någon teknisk lösning för att öka incitamentet.

### **2.3.3 Containerar**

Information om containrar energianvändning är begränsad. Identifierade värden på energianvändningen utgör ett för litet underlag för att kunna dra slutsatser om någon form av genomsnittlig energianvändning för containrar. Detta gör det samtidigt svårt att bedöma energibesparingspotentialen för de identifierade åtgärderna.

Detta är ett område där mätinsamling från olika byggarbetsplatser skulle behöva sammanställas för att få information om energianvändningen och besparingspotentialen. Vidare bör det även undersökas hur många containrar som används och som inte implementerar några av åtgärderna som identifierats i avsnitt 2.2.3. Kunskapsuppbyggnad inom denna post bör lämpligen i första hand göras genom intervjuer och enkäter och i andra hand genom mätningar.

### **2.3.4 Maskiner**

För arbetsmaskiner på byggarbetsplatsen finns begränsade data att tillgå. I en studie utförd av statistiska centralbyrån (SCB, Statistiska centralbyrån, 2013) framgick det att det fanns svårigheter för företag att särredovisa bränsleanvändning för arbetsmaskiner och transporter på allmän väg. Anledningen till detta var att bränsleinköpen summerades och ingen information gick att få fram för vilken maskin som tankades och hur mycket bränsle som användes. Detta gäller troligtvis även för dagens företag. Här skulle en fallstudie kunna bidra med information. I denna studie var en del information om maskiner aggregerade värden. Utredningar bör utföras för att titta på detta området, vilket också studien av Ganse et al. (2018) konstaterade bland annat behövdes. Intressant vore att kunna se värden gällande bränsleanvändningen för olika typer av maskiner eller åtminstone kunna särskilja på värden för arbetsmaskiner och arbetsfordon.

### **2.3.5 Uttorkning**

Information om energianvändning som krävs för uttorkning och avfuktning samt besparingspotentialen inom denna post är begränsad. Mätinsamling från fler byggprojekt skulle behövas vilket konstaterades i en studie av Karlsson et al. (2019). I denna studie framgick det även att energimätningar från flera projekt med olika husbyggnadsteknik där även metoder och utrustning följs upp och dokumenteras är nödvändiga.

Karlsson et al. (2019) beskrev hur det troligtvis förekommer onödiga energiförluster på grund av problematik med att den energi som tillförs vid avfuktning och klimathållning i de flesta fall inte optimerats för ändamålet.

Vidare framgick det även att det kan vara relevant att kartlägga utrustningsuthyres kunskapsnivå, vilken typ av utrustning som används samt deras incitament för energieffektivisering då dessa står för mycket planering och dimensionering av klimathållning och avfuktning. Mätningar från fler byggprojekt ökar kunskap inom området och gör det möjligt att komma åt identifierad problematik.

### **2.3.6 Belysning**

Energieffektiviseringspotentialen för belysning bedöms av flera vara hög samtidigt som inga värden på energianvändningen för belysning redovisas. Det finns inga identifierade studier på senare år som tittat på hur stor andelen av den totala elanvändningen på byggarbetsplatsen som belysningen numera står för. Mätinsamling från fler byggprojekt skulle behövas där en sammanställning även görs för vilken typ av belysningskälla som används på dagens byggarbetsplatser. Kunskapsuppbyggnad inom denna post bör lämpligen i första hand göras genom intervjuer och enkäter och i andra hand genom mätningar.

### 3 Diskussion och slutsatser

Flera studier har gjorts för att utvärdera energibehov och energieffektiviseringspotential under byggfasen. Vad man kan konstatera är att det finns en ganska stor spridning i el- och energianvändning mellan olika projekt. Det finns svårigheter att utvärdera underlaget och kunna få fram någon form av nyckeltal då fler faktorer påverkar energianvändningen som behöver tas hänsyn till. Förutom att kunna dra slutsatser om data och fördelningen mellan de olika projekten, är det även svårt att validera data och bedöma kvalitén i de presenterade värdena. Energianvändningen, kartlagd från de olika studierna, varierar mellan 8–295 kWh/BTA där majoriteten snarare är ligger mellan 50–150 kWh/BTA. Att använda dessa data för kravställning för specifika energinivåer bedöms inte möjligt, som nämnts krävs mer mätdata med bättre dokumentation för att öka det statistiska underlaget och dess kvalitet.

Statistik från Energimyndigheten för slutlig energianvändning i byggsektorn fördelat på energibärare för år 2017 visar att största posterna är dieselbränsle och el som troligtvis främst används till byggvärme, uttorkning, avfuktning och byggbodar. Teoretiskt kan det vara möjligt att årligen minska elanvändningen i byggsektorn med 200–400 GWh räknat på en besparingspotential på 20-30% eller energianvändningen med 1800 GWh räknat på med en besparingspotential på 45%.

Många studier har gjorts specifikt på byggbodar och i flera finns detaljerad information att hitta om dessa, vilket bidragit till att sammanställningen utförd och identifierad energiprestanda bedöms kunna användas för att ställa krav vid upphandling. En bra representation av energianvändningen för gamla och icke energieffektiva bodar är ca 7000–7500 kWh per år och bod (320–350 kWh/m<sup>2</sup>). En bra representation för nya och energieffektivare bodar är en energianvändning på ca 4 000 - 4500 kWh per år och bod (180–200 kWh/m<sup>2</sup>), med en energieffektiviseringspotential i intervallet 40–50 %. Därefter finns det bodar som bland annat benämns energibodar och lågenergibodar som kommer ner i en energianvändning på ca 1600–2500 kWh per år och bod (70-110kWh/m<sup>2</sup>). Från studierna kan det konstateras att det finns flera möjliga åtgärder för att minska energianvändningen i byggbodar men trots detta finns många äldre bodar kvar, därför krävs mer incitament för att öka utfasningen av dessa.

När det kommer till containrar, maskiner, uttorkning och belysning finns väsentligt färre data att tillgå i jämförelse med byggbodar. För att öka kunskapen om energianvändningen inom dessa poster och kunna ställa krav behövs mätningar på flera byggarbetsplatser och kartläggning över vilka produkter som används. Uppdaterade mätdata och statistiskt underlag gör det möjligt att kunna skapa verktyg, affärsmodeller och ställa energi- och resurseffektiviseringskrav på entreprenörer.

I en studie av Hatami (2007) stod containrar för ca 13 % av den totala energianvändningen vilket även Doolke (2013) kom fram till i sin studie. Frågor man kan ställa sig är; hur representativt är detta värde, hur har utvecklingen sett ut sedan studierna utfördes och hur många containrar används idag som inte implementerar några av åtgärderna som identifierats i avsnitt 2.2.3. När det kommer till arbetsmaskiner är det svårare att bedöma energianvändningen som dessa står för i dagsläget. Åtgärder för att minska arbetsmaskiners energianvändning har identifierats via olika studier men utan att hitta uppdaterad information om energianvändningen eller besparingspotentialen för dessa.

Identifierad energianvändning som krävs för uttorkning, klimathållning och avfuktning, varierar mellan 1,7 – 100 kWh/BTA och flest projekt använder ca 50 kWh/m<sup>2</sup>. Information om energianvändning som krävs för uttorkning och avfuktning samt besparingspotentialen inom denna post är begränsad och mätinsamling från fler byggprojekt skulle behövas för att kunna användas vid kravställning.

Det finns inga studier på senare år som tittat på hur stor andelen av den totala elanvändningen på byggarbetsplatsen som belysningen numera står för. Det har även varit svårt att få fram information om vilken belysningskälla som vanligast förekommer på dagens byggarbetsplatser. Senare studier bedömer dock att besparingspotentialen är stor och enligt Ramirent (2016) kan besparingspotentialen uppgå till 60 % av energianvändningen för belysning.

Krav som går att ställa i dagsläget för att minska energianvändningen på byggarbetsplatser framgår från studier vara krav på den el som används (ex. miljömärkt), krav på byggbodar. Därefter är det snarare råd om att använda energieffektiva produkter och energikällor.

Som nämnts framgick det i studier och via den referensgrupp som varit med i projektet att det finns flera underentreprenörer vars energianvändning är okänd. Här behövs mätningar på flera byggarbetsplatser där även den energianvändning som påverkar byggarbetsplatsen och orsakas av underentreprenörer kartläggs. Det är även väsentligt att byggherrarna i sina upphandlingar ställer krav på entreprenörerna för att säkerställa en effektiv energianvändning även i det ledet.

För att verkligen komma längre med energieffektiviseringsarbetet är det inte enbart en fråga om att införa identifierade åtgärder och nyare teknik. För att komma längre krävs även ett ändrat beteende och löpande uppföljning med åtgärdsplaner för att förbättringar faktiskt ska implementeras och utföras. Detta ansvar kan inte läggas på den enskilde arbetaren utan behöver implementeras i organisationsstyrningen där tydligt ansvar tilldelas en grupp som har befogenhet, ekonomi och tiden att bedriva ett sådant arbete.

### 3.1 Förslag till fortsatt arbete

Förslag till fortsatt arbete bygger på sammanställningen i avsnitt 2.3. Nedan presenteras en sammanfattning över identifierat kunskapsgap som skulle behöva kompletteras i framtida studier. Framst kärvs det energimätningar från flera projekt och byggarbetsplatser. Detta då ytterligare underlag behövs med mer mätdata och bättre dokumentation för att öka det statistiska underlaget och dess kvalitet och därmed kunna bedöma vart specifika energinivåer bör ligga och vad det finns för energibesparingspotential. I detta arbete behöver även energianvändningen som påverkar byggarbetsplatsen och orsakas av underentreprenörer kartläggas.

Förutom att mer mätdata behövs på den totala energianvändningen saknas även uppdaterad information om energianvändningen och energibesparingspotentialen för olika poster på byggarbetsplatsen. Detta gäller främst för containrar, maskiner, uttorkning och belysning där mätinsamling från olika byggarbetsplatser skulle behövas för att kunna ställa krav på energinivåer för dessa. När det gäller arbetsmaskiner behövs värden på bränsleanvändning för olika typer av arbetsmaskiner eller åtminstone möjlighet att kunna särskilja på värden för arbetsmaskiner och arbetsfordon. Kunskapsuppbyggnad inom dessa områden föreslås i det fortsatta arbetet även inkludera intervjuer och enkäter för att få mer kunskap om hur det ser ut.

För att öka den ekonomiska drivkraften när det gäller implementering av olika besparingsåtgärder behövs studier som visar på olika former av lönsamhetsberäkningar. Till exempel livscykelkostnadsbedömningar, LCC, för olika besparingsåtgärder.

När det kommer till bodar bedrivs idag ett projekt för energiklassning. Det som framtida studier kan behöva kompletteras med är att se på teknikutvecklingsmöjligheter för att hitta nya lösningar. Detta kan även omfatta teknikupphandlingar som även gäller annan utrustning som exempelvis uttorkning och avfuktning. Här kan även demonstrationsprojekt vara bra för att visa på möjligheter. Genom demonstrationsprojekt men också teknikupphandlingar är det möjligt att överkomma eventuella hinder som kan finnas med att inte våga testa ny teknik och samtidigt kan det påskynda och stimulera utvecklingen av ny teknik som kan behövas inom olika poster.

## Litteraturförteckning

- Alexandris, T. K., 2011. *Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar*, Lund: Lunds Tekniska Högskola. Institutionen för bygg- och miljöteknologi.
- Ambrosson, F. & Selin, M., 2014. *Energianvändning i byggbodar*, Stockholm: KTH – skolan för Industriell Teknik och Management, Energiteknik EGI-2014..
- Arvidsson, R. & Fahlström, M., 2016. *ENKLA – Energy Mapping Model for the Construction of Apartment Buildings – A Method proposal for Peab Construction*, Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola. Institutionen för bygg- och miljöteknik.
- Bergqvist, L. & Smedberg, J., 2017. *Energieffektiv etablering – En studie om hur energieffektiv etablering kan bidra till minskade koldioxidutsläpp*, Stockholm: KTH, Byggt teknik och Design.
- Boverket, 2011. *Miljöindikatorer för bygg- och fastighetssektorn 1993–2007. (Rapport 2011:2)*, Karlskrona: Boverket.
- Bölin, J. & Sundblom, J., 2014. *Byggenergi – systematiskt energiarbete på byggarbetsplatsen*, Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan - Institutionen för Fastigheter och Byggande.
- Cabnet, 2018. *El-Björn och Cabnet i samarbete*. [Online]  
Available at: <https://www.cabnet.se/single-post/2018/09/19/El-Bj%C3%B6rn-och-Cabnet-i-samarbete>
- Cision, 2019. *Fossilfritt bränsle till byggarbetsplats i Linköping*. [Online]  
Available at: <https://news.cision.com/se/sankt-kors/r/fossilfritt-bransle-till-byggarbetsplats-i-linkoping,c2882187>
- Doolke, P., 2013. *Elförbrukning vid uppförande av Rosenberg 3 - Identifiering och kartläggning av nyckelkomponenter*, Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Energimyndigheten, 2018. *Energianvändningen inom byggsektorn*. [Online]  
Available at: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energianvandningen-inom-byggsektorn/?currentTab=3#mainheading>  
[Använd 27 08 2020].
- Englund, K., 2015. *En energieffektiv byggarbetsplats – En studie av Skanskas bostadsprojekt*, Uppsala: Uppsala universitet. Institutionen för teknikvetenskaper, Byggt teknik.
- Eriksson, H., Termens, J. & Wahlström, Å., 2019. *Energiklassning av byggbodar*, Göteborg: LÅGAN.

- Ganse, Y. o.a., 2018. *ICT och IoT för resurs- och energi- effektivisering inom byggarbetsplatser*, u.o.: Sustainable Innovation i Sverige AB.
- Glader, K., Edenhofer, V. & Termens, J., 2020. *Klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv för byggbodar*, Göteborg: LÅGAN Rapport.
- Hani, S., 2013. *Byggmetod, energianvändning, transport vid jämförelse mellan Gävle Strands Etapp 2 och Maskinisten*, Gävle: Högskolan i Gävle. Byggnadsteknik.
- Hatami, S. & Inekci, S., 2015. *Upphandlingskrav utifrån energieffektiviseringsåtgärder i byggskedet*, Stockholm: KTH, Byggt teknik och Design.
- Hatami, V., 2007. *Kartläggning av energianvändning under byggfasen vid nyproduktion av flerbostadshus*, Uppsala: Uppsala universitet.
- Hedén, K. & Sande Beiro, T., 2019. *Klimatberäkning under byggskedet – A Working Lab*, u.o.: Akademiska Hus, White arkitekter AB.
- Heincke, C., 2014. *Förstudie – Energianvändning under byggtiden*, Göteborg: Belok.
- Karlsson, N., Larsson, C. & Burke, S., 2019. *Energianvändning vid klimathållning och avfuktning under byggproduktion – Förstudie*, u.o.: LÅGAN.
- Kellner, J., 2019. *Energi- och klimatstrategi*, Artikeln är publicerad i *Bygg & teknik nr 7/19*. Boverket anser att byggsektorn är en stor miljöbov. [Online] Available at: <https://byggt teknikforlaget.se/boverket-anser-att-byggsektorn-ar-en-stor-miljobov/>
- Larsson, K. & Larsson, S., 2011. *Energiåtgång under tillverkning och produktion av byggnadskomponenter*, Uppsala: Uppsala universitet.
- Lewan, M., 2013. *Här har hela bygget blivit uppkopplat*. [Online] Available at: <https://www.nyteknik.se/automation/har-har-hela-bygget-blivit-uppkopplat-6403992>
- Liljenström, C. o.a., 2014. *Byggproduktionens miljöpåverkan i förhållande till driften - Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning av ett nyproducerat flerbostadshus i betong med lågenergiprofil*, Stockholm: KTH.
- Liljenström, C. o.a., 2015. *Byggandets klimatpåverkan – Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong.*, u.o.: IVL.
- Lindahl, E. & Sundqvist, J., 2011. *Grön Arbetsplats – i teorin och praktiken*, Norrköping: Linköpings universitet. Institutionen för teknik och naturvetenskap.

- Lönnerholm, H., 2013. *Energianvändning på byggarbetsplatser – Analys av införandet av energieffektiva byggetableringar*, u.o.: Uppsala universitet. Institutionen för teknikvetenskap, Byggt teknik.
- Malmqvist, T., Erlandsson, M., Francart, N. & Kellner, J., 2018. *Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus - LCA av fem byggsystem*, u.o.: Sveriges Byggindustrier.
- Norrman, J., Nore, E. & Emanuel, J., 2011. *Energieffektiv Byggarbetsplats*, Göteborg: LÅGAN, Tidermans Hyrmaskiner AB, IMCG Sweden AB.
- Norrman, J., Nore, E. & Lorentzon, F., 2010. *Energieffektiv byggarbetsplats – energisparande i byggskedet på arbetsplatsen*, Göteborg: IMCG Sweden AB.
- Olsson, A., 2012. *Energieffektivisering av arbetsbodar på byggarbetsplatser*, u.o.: Uppsala universitet. Institutionen för geovetenskaper, Byggnadsteknik.
- Ossman, L., 2018. *Plusenergibyggarbetsplats*, Borås: RISE Research Institutes of Sweden.
- Ramirent, P. a., 2016. *Spara energi på byggarbetsplatsen!*. [Online] Available at: <http://www.temabygg.se/spara-energi-pa-byggarbetsplatsen/>
- SBUF, Infobric, 2011. *Slutrapport SBUF 12262 – Envirocentral – för energieffektiva byggarbetsplatser. (Version 1.0 (2011-08-23))*, u.o.: SBUF, Infobric.
- SBUF, 2010. *Energieffektiv byggarbetsplats*, Stockholm: SBUF.
- SBUF, K. M., 2017. *Energieffektiva byggbodar*, u.o.: SBUF.
- SCB, Statistiska centralbyrån, 2013. *Statistik över byggsektorns energianvändning - en modellansats*, Stockholm: Statistiska centralbyrån, Avdelningen för regioner och miljö.
- Stockholms stad, 2015. *Energianvändning och LCA-beräkningar i byggprocessen*, Stockholm: Stockholms stad.
- Stockholms stad, 2018. *Energi och klimat på kvartersmark*. [Online] Available at: <https://norradjurgardsstaden2018.se/resurshushallning-och-klimatansvar/energi-och-klimat-pa-kvartersmark/>
- Sveriges Byggindustrier, I., 2014. *Klimatpåverkan från byggprocessen – En rapport från IVA och Sveriges Byggindustrier*, u.o.: Sveriges Byggindustrier, IVA.





LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Byggföretagen, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

[www.laganbygg.se](http://www.laganbygg.se)