

# ЗНАЧАЈ КОНТРОЛА ЗА МОДИФИКАЦИЈУ УНУТРАШЊЕ КЛИМЕ ДОСТУПНИХ КОРИСНИЦИМА ПОСЛОВНИХ ЗГРАДА

Милена Стојковић\*

рад примљен: октобар 2011, рад прихваћен: новембар 2011.

## THE ROLE OF OCCUPANT CONTROLS IN OFFICE ENVIRONMENTS

### Апстракт

У овом раду разматра се улога система за контролу унутрашње климе и њихов утицај на комфор и продуктивност у канцеларијском окружењу. Кроз преглед литературе и примере из праксе, рад покушава да установи који је најповољнији однос акција система за управљање и самих корисника простора. Разматрају се облик и организација просторије и њихов утицај на избор контрола и дају савети за пројектовање енергетски ефикасних и комфорних канцеларијских окружења.<sup>1</sup>

**Кључне речи:** системи за контролу, системи управљања зградом, пословни објекти, комфор, продуктивност

### Abstract

This paper aims to discuss the importance of occupant control systems, pointing out their influence on comfort and productivity in office environments. Through examples from practice it gives advice on how to establish the right balance between actions performed by the building management system and users. Finally, it looks at how different space organisations determine the choice of control systems and gives advice for the design of energy efficient and comfortable office environments.

**Key words:** building control systems, Building Management System (BMS), office environments, comfort, productivity

### Увод

Као део напора да се смањи емисија гасова стаклене баште и ради очувања природног окружења, пословне зграде морају тежити смањењу потрошње енергије. У већини развијеног света, зграде данас троше скоро половину укупно испоручене енергије. Ситуација је слична и у Србији (Pucar, Nenković Riznić, 2007). У Великој Британији, удео пословно-комерцијалних зграда у потрошњи енергије је чак 35%, од чега се 7% користи првенствено за канцеларијске просторе (CIRIA, 1993). Конвенционалне пословне зграде дуго су биле дизајниране тако да буду херметички затворене и на тај начин пружале су константне интерне климатске услове. У циљу смањења потребе за енергијом, развијене су нове генерације омотача зграда, које корисницима треба да омогуће већи избор у контроли квалитета радног окружења, као и да допринесу постизању благог, пријатног и еколошког прелаза између спољашње средине и унутрашњости зграде. Другим речима, улога омотача зграде је да манипулише пролазом светлости, топлоте, ваздуха и звука. Неке од контролних функција су: повећање количине дневне светлости, заштита од сунчевог зрачења, термичка изолација, вентилација, звучна изолација, одбацивање топлоте, прикупљање топлоте итд. Омотач је део система зграде и повезан је са другим елементима, као што су сензори и актуатори, а све под контролом централног

\* Милена Стојковић, д.и.а., истраживач -сарадник, ИАУС, Београд  
e-mail: milenastojkovic@gmail.com

<sup>1</sup> Овај рад настао је као резултат истраживања у оквиру научног пројекта *Просторни, еколошки, енергетски и друштвени аспекти развоја насеља и климатске промене – међусобни утицаји*, који је у оквиру програма *Технолошки развој* финансиран од стране Министарства за просвету и науку Републике Србије у периоду од 2011. до краја 2014. године.

система управљања зградом (*Building Management System, BMS*). У циљу унапређења пројектовања фасада пословних зграда, овај рад даје преглед литературе о значају контрола доступних корисницима, избору контрола за различите врсте канцеларијских простора и о односу између аутоматизованих и од корисника контролираних образаца понашања зграда.

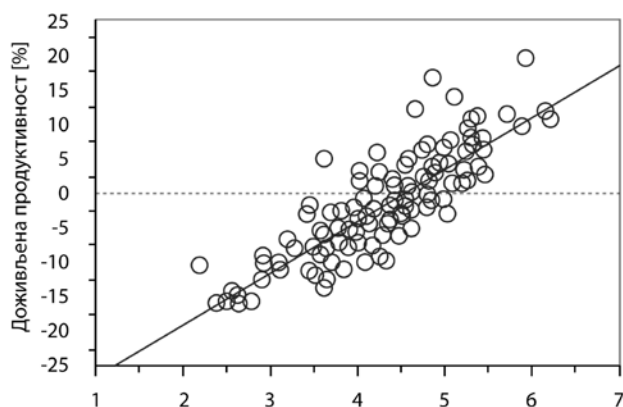
### КОНТРОЛЕ ОД СТРАНЕ КОРИСНИКА: ДОЖИВЉЕНИ КОМФОР И ДОЖИВЉЕНА ПРОДУКТИВНОСТ

Ранији радови о топлотном комфору показали су да је опсег температура које су корисници зграда пријавили као „пријатне/комфорне” шири у стварним ситуацијама него у контролираним условима у лабораторији (Humphreys, 1976, McIntyre, 1980). Из овога се закључује да се људи осећају много пријатније са повећањем доступних контрола (попут разних прекидача, жалузина, прозора који се отварају и сл.). Осим тога, Бордас (*Bordass*) и Лиман (*Leaman*) (1998) идентификовали су комфор, укључујући доступне контроле, као и ефикасно реаговање на потребе корисника, као кључне варијабле које утичу на продуктивност у зградама. Мада је продуктивност тешко тачно дефинисати у смислу просторних услова, студије су идентификовале да су запослени који се осећају комфортно и до 25% продуктивнији од оних који се тако не осећају (Сл.1) (*Bordass, Leaman, 1998*).

Однос између нивоа продуктивности (који су запослени навели у анкети) и могућности контроле показао се као значајан у 7 од 11 студија зграда у Великој Британији (*Bordass, Leaman, 1998*). Међутим, јачина везе између доживљене могућности контроле и продуктивности опада у зградама које имају добру унутрашњу климу (оптималну температуру, количину светлости, низак ниво буке итд.), јер су потребе за средствима којима би се умањила нелагодност мање када су услови добри.

И друге студије показале су већу продуктивност и мањи број здравствених проблема (изазваних боравком у зградама са нездравом климом, попут легионарске болести) са повећањем доживљеног нивоа доступних појединачних контрола (*Wilson, Hedge, 1987, Bordass et al., 1993*). На слици 2 види се да могућност контроле температуре и вентилације има значајан утицај на продуктивност. Контрола осветљења није се показала тако значајном (Сл. 2 и Таб. 1), јер утиче на оцену комфора само када корисници региструју недовољну количину светла или прејако осветљење и ефекат блеска. Касније студије (*Bordass, Leaman, 1998*) показале су да је ниво буке заправо фактор који има највећи утицај на продуктивност (Таб. 1).

Људи који доживљавају своје радно окружење као бучно или веома бучно у просеку имају за 4% мању продуктивност.



Сл. 1.  
**Доживљени (свеукупни) комфор и продуктивност**  
(Извор: *Leaman, 2005*)



Сл. 2.  
**Продуктивност у односу на степен контроле**  
(Извор: *Bordass et al., 1993*)

Зграда	Потенцијална уштеда изражена у	Сценарији за уштеду енергије			
		1	2	3	1+2+3
FH_TU	%	30	29	13	72
VC_SW+NO	[%]	28	30	13	71
VC_SW+NO	kWh m-2 a-1	6.8	7.2	3.0	17.0
VC_SW+NO	€ m-2 a-1	0.53	0.56	0.24	1.32

Таб. 1.  
**Варијабле доживљених контрола повезане са доживљеном продуктивношћу**  
(Извор: *Bordass, Leaman, 1998*)

**Introduction**

As part of the effort to reduce greenhouse gas production and preserve the natural environment, office buildings ought to consume less energy. Buildings now account for nearly half of all delivered energy consumption across most of the developed world. The situation is similar in Serbia (Pucar, Nenковић-Riznić, 2007). The commercial buildings share in the UK energy consumption was reported to be 35%, with 7% used by primarily office buildings (CIRIA, 1993).

For long time conventional office buildings were usually designed to be hermetically sealed, providing constant internal conditions. In order to reduce energy requirements of buildings, new skins are developed, aiming to allow users more choice in controlling the quality of their working environments, and to achieve a gentle, enjoyable, and environmentally friendly transition between exterior and interior. In other words, the role of the building envelope is to manipulate the passage of energy flows in the form of light, heat, air and sound. Some of these manipulating functions are: enhancement of daylight, maximization of daylight, protection from the sun, insulation, ventilation, attenuation of sound, rejection of heat, collection of heat etc.

The skin forms part of a building system, and is connected to other parts of the building outside of the enveloping zone, such as sensors and actuators, all controlled by a central building management system. In order to inform façade design for office buildings, this paper gives a literature review of the importance of occupant controls, choice of controls for different work settings, and relation between automated and occupant controlled patterns.

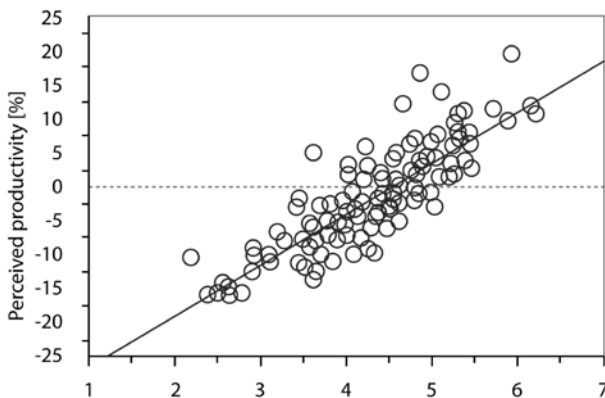


Fig. 1. Perceived (overall) comfort and perceived productivity (Source: Leaman, 2005)

**USER CONTROLS: PERCEIVED COMFORT AND PERCEIVED PRODUCTIVITY**

Previous work on thermal comfort had shown that the range of temperatures that building occupants reported as “comfortable” was wider in field studies than in controlled conditions in the laboratory (Humphreys, 1976, McIntyre, 1980). The conclusion is that people seemed to be more tolerant of conditions the more control opportunities (switches, blinds and opening windows) were available to them. Furthermore, Bordass and Leaman (1998) identified comfort including personal control, and effective responsiveness to need (including comfort) as key variables influencing perceived productivity in buildings. Though productivity is difficult to define exactly in terms of space conditions, they identified a perceived leave of productivity of up to 25% between comfortable and uncomfortable staff. The more comfortable people say they are, the more productive they say they are (Fig. 1).

The relation between self-assessed productivity and perceptions of control was found significant in 7 out of 11 studied UK buildings (Bordass, Leaman, 1998). However, the strength of relationships between perceived control and productivity declines as buildings perform better (there is less need for means of discomfort alleviation if the conditions are good).

Other studies reveal fewer symptoms of building-related ill-health and greater productivity as the perceived level of individual control increases (Wilson, Hedge, 1987, Bordass et al., 1993).

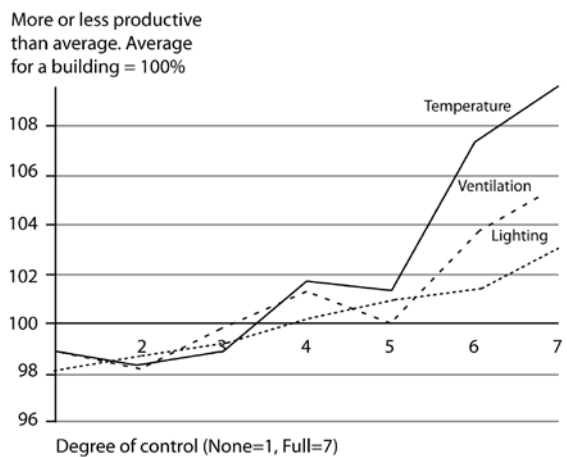


Fig. 2. Productivity versus degree of control (Source: Bordass et al., 1993)

	Spearman's Rho (corrected for ties) between perceived control and productivity	P value	Significant association?
Heating	0.1	0.0001	Yes
Cooling	0.08	0.0001	Yes
Lighting	0.033	0.2513	
Ventilation	0.06	0.0001	Yes
Noise	0.12	0.0001	Yes

Tab.1. Perceived control variables associated with perceived productivity (Source: Bordass, Leaman, 1998)

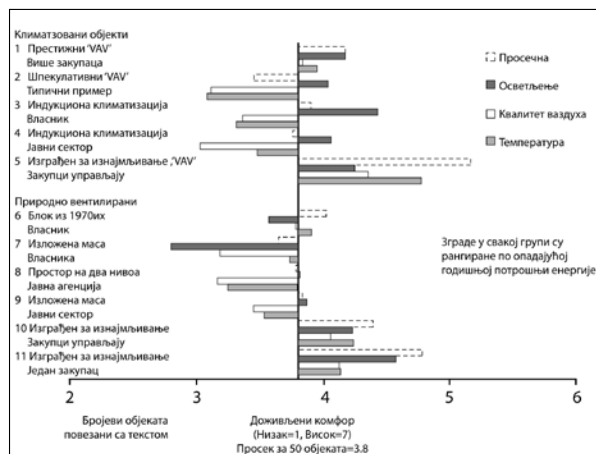
## СИСТЕМ ЗА УПРАВЉАЊЕ ЗГРАДА И КОРИСНИЧКЕ КОНТРОЛЕ – ПРОНАЛАЖЕЊЕ БАЛАНСА

Индивидуални корисници захтевају системе који не само да обезбеђују услове комфора, већ и брзо реагују како би ублажили нелагодност онда када су јој корисници изложени.

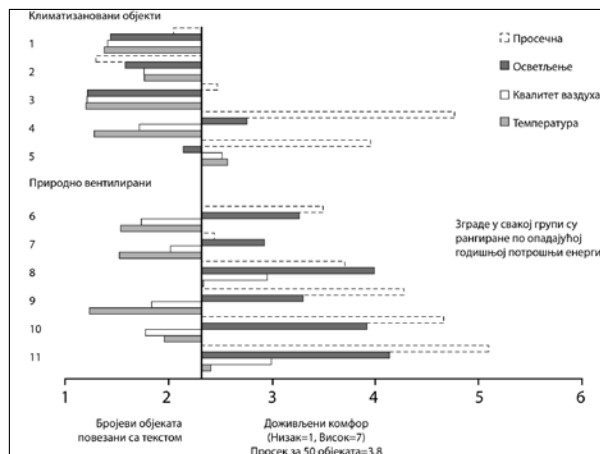
Тенденција да се корисници избаце из самог система развила се како би се олакшало функционисање система управљања зградом. Међутим, изгледа да управо долази до супротног: мање локалних контрола значи више нелагодности и више времена потребног систему управљања да одговори на жалбе (Bordass, Leaman, Cohen, Standeven, 1999).

С друге стране, постоје бројни примери где, ако је управљање зградом ефикасно, корисници се не жале на недостатак контроле. Један такав пример је зграда у улици Брајдвел бр. 1 (1 *Bridewell Street*) у Бристолу, где корисници нису имали на располагању велики број контрола (само инфрацрвене даљинске контролоре за осветљење и ограничене могућности за промену положаја радних места), али је због одличног управљања објектом задовољство корисника било необично високо (Bordass, Leaman, 1998; Eley, 1996).

Бордас наводи други пример који истиче значај система управљања (Bordass et al., 1993). Он посматра две зграде (зграде 1 и 5 на Сл. 3 и 4), обе са више различитих закупца, изграђене у исто време, са сличним спецификацијама и бројем корисника, опремљене од стране истих дизајнера. Међутим, потрошња енергије у згради 1 готово је три пута већа него у згради 5. Главне разлике леже у набавци, управљању зградом и контролама. Зграда 5 пројектована је да би била издата унапред познатом закупцу, који је као приоритете при пројектовању навео квалитет, једноставност и ниске оперативне трошкове. Он лично, са добрим менаџером – инжењером, брине о систему за управљање зградом и о контроли потрошње енергије (*Building Management System, BMS* и *Building Energy Management System, BEMS*). С друге стране, при дизајну зграде 1 будућа потрошња енергије и доступне контроле нису наведене као приоритетне, а за управљање зградом задужено је треће лице које није имало посебан подстицај да економично управља зградом (Bordass et al., 1993).



Сл. 3.  
**Доживљени комфор**  
(Извор: Bordass et al., 1993)



Сл. 4.  
**Доживљене контроле**  
(Извор: Bordass et al., 1993)

Наведени примери потврђују да се само посматрањем односа између дизајна целе зграде, система управљања, система контрола и потрошње енергије може доћи до релевантних закључака.

Значај разумевања ових веза и утицај на потрошњу енергије приказан је у следећем поглављу на примеру контроле осветљења.

Figure 2 shows that the most critical factor for control was temperature, followed by ventilation. The least important is light, which affects the overall rating of comfort only when it is either too good or too bad, or if glare is present. The perceived control variable (which was not part of this graph), but is influencing productivity the most is noise (Tab. 1). People who perceive that noise is poor or very poor have an average productivity score of minus 4.0% across the Probe buildings (Bordass, Leaman, 1998).

### BUILDING MANAGEMENT SYSTEM AND OCCUPANT CONTROLS: FINDING THE RIGHT FORMULA

Individual occupants require systems not only to provide comfortable conditions but also to respond rapidly to alleviate discomfort when it is experienced.

The tendency to take users out of the system may have developed in an attempt to make things easier for the building manager. However, the opposite seems to happen: less local control, more discomfort, and more management time to respond to complaints (Bordass, B., A. Leaman, R. Cohen, M. Standeven, 1999).

On the other hand, there are numerous examples where if the building management is efficient, people are not complaining about the lack of controls. One such example is One Bridewell Street, in Bristol, where personal control available to occupants was not high (with just infra-red "zappers" for the lights and limited ability to change workstation position), but the occupant satisfaction was unusually high due to the excellent facility management (Bordass, Leaman, 1998).

Bordass (1993) points out the importance of building management on the example of two buildings (buildings 1 and 5 in Fig. 3 and Fig. 4), both with multiple tenants, completed at the same time, with similar specification and occupancy, fitted out by the same designers, etc (Bordass et al., 1993). The building services energy costs in building 1 are nearly three times as high as in building 5.

The main differences seem to be in procurement, management and control. Building 5 was developed as a pre-let for a tenant who runs the whole building, and who insisted on

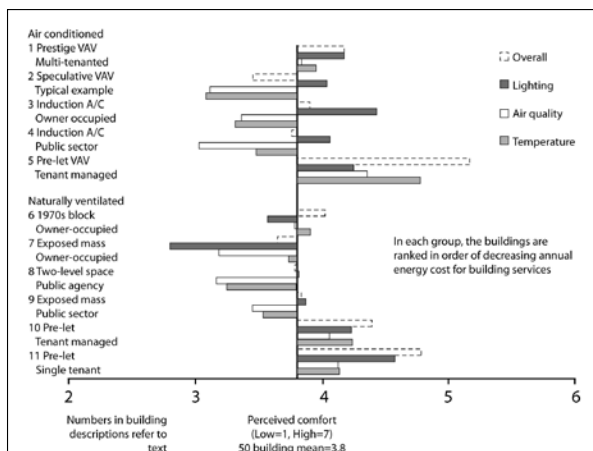


Fig. 3.  
**Perceived comfort**  
(Source: Bordass et al., 1993)

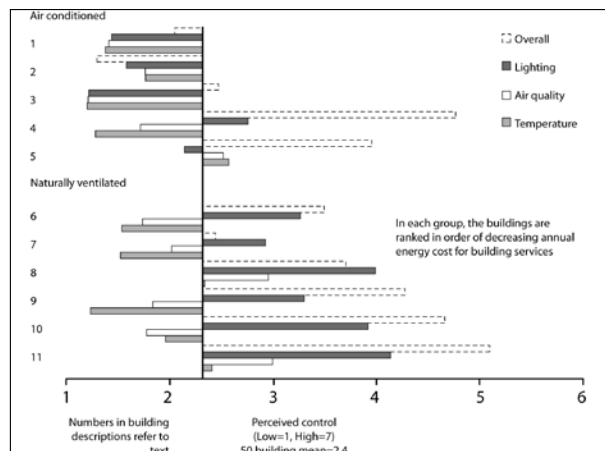


Fig. 4.  
**Perceived control**  
(Source: Bordass et al., 1993)

quality, simplicity and low running costs. He appointed a good facilities manager with an engineering background. On the other hand, building 1 had no energy or control brief, plus has a third party management who have no incentive to operate the building economically (Bordass et al., 1993).

To make any conclusions one must look into the relationships between building design, building management, control systems and energy performance.

The importance of these relationships is further presented on the example of lighting controls.

### Контроле осветљења

Осветљење је главни потрошач енергије у пословним зградама (око 15%) и велике количине енергије могу се уштедети коришћењем добро дизајнираних контрола осветљења које би искористиле доступну природну светлост и кориговале понашање корисника.

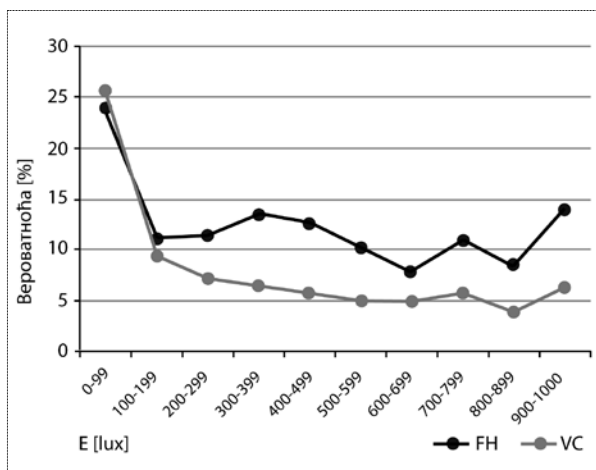
Недавне студије идентификовале су одређене обрасце понашања корисника као функције параметара унутрашње и спољашње климе (Mahdavi, 2007, Mahdavi, Proglhof 2008). Подаци прикупљени у дугорочним студијама пет пословних зграда у Бечу, откривају потенцијал за уштеду енергије када се узму у разматрање број корисника и обрасци понашања у пословним зградама, као и имплементација аутоматизованих система.

Према налазима, већа је могућност да ће корисници укључити светло по доласку у канцеларију само ако је преовлађујућа амбијентална илуминација мања од 100 lux (Сл. 5), иако је препоручени осветљај за пословне просторије од 300-500 lux. Важно је истаћи да су људи прилично неефикасни детектори за контролу осветљења, јер иако добро реагују на неадекватан осветљај, повратне информације о „превише светла“, односно „више светла него што је неопходно“, скоро да и не постоје (Baker, Steemers,

2002). Такође, студије су откриле да је мање вероватно да ће пословни корисници по напуштању канцеларије угасити светло, уколико намеравају бити одсутни мање од једног сата (Сл. 6).

Махдави (Mahdavi) (2007) је проверио три сценарија за уштеду енергије: 1) светла се аутоматски искључују након 10 минута уколико нема никога у канцеларији; 2) светла се искључују, уколико је ниво светлости над радним задатком једнак или већи од 500 lux; 3) пали се аутоматизовани режим пригушивања светла, како би се одржао ниво осветљења радног задатка од 500 lux. Уколико би се примениле све три стратегије, потенцијал за смањење електричне енергије коришћене за осветљење у изучаваним канцеларијама прелазило би 70% (Таб. 2).

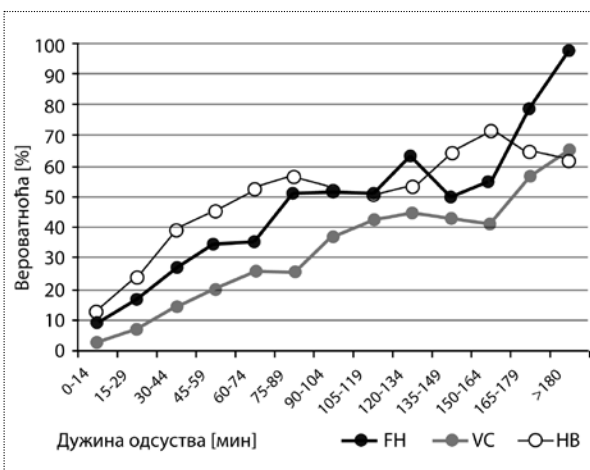
Бејкер и Стимерс (Baker и Steemers)(2002) наводе да друге студије случаја показују да у конвенционално осветљеним пословним зградама избор контрола може утицати на смањење потрошње енергије за осветљење 30-40%. Међутим, битно је истаћи да у студији система контроле осветљења у канцеларијама у Великој Британији, више од половине система није ефикасно функционисало (Slater, 1995). Ово је значајно за будућа истраживања која се морају усмерити ка повећању ефикасности система за контролу осветљења, како уштеде не би биле само експерименталне.



Сл. 5.

**Вероватноћа паљења светла по доласку у канцеларију као функција преовлађујућег нивоа илуминације радне површине**

(Извор: Mohdavi, Proglhof, 2008)



Сл. 6.

**Вероватноћа гашења светла као функција дужине одсуства из канцеларије (у минутима)**

(Извор: Mohdavi, Proglhof, 2008)

Зграда	Потенцијална уштеда изражена у	Сценарији за уштеду енергије			
		1	2	3	1+2+3
FH_TU	%	30	29	13	72
VC_SW+NO	[%]	28	30	13	71
VC_SW+NO	kWh m-2 a-1	6.8	7.2	3.0	17.0
VC_SW+NO	€ m-2 a-1	0.53	0.56	0.24	1.32

Таб. 2.

**Потенцијална уштеда (електричне енергије за осветљење) за различите зграде и сценарије** (Извор: Mahdavi, 2007)

**Lighting Controls**

Lighting represents a major energy-user in buildings (around 15%), and large amounts of energy can be saved by using well-designed lighting controls to correct occupants’ behavior and take advantage of the available natural light.

Recent studies identified certain patterns of user control behavior as a function of indoor and outdoor environmental parameters (Mahdavi, 2007, Mahdavi, Proglhof, 2008). Data collected in a long-term study of five office buildings in Vienna, Austria seems to reveal certain behavioural patterns, some of which will be discussed in this study to show energy saving potential due to consideration of occupancy and behavioural patterns in office buildings and the implementation of automated systems.

According to the findings, office users are more likely to switch on the light upon arrival in their offices only if the prevailing ambient illuminance is less than 100 lux (Fig. 5). The recommended illuminance levels for office work are 300-500 lux. It is important to point out that human occupants are rather poor control detectors since although good at detecting too little light, the feedback of ‘too much light’, or rather ‘more light than necessary’,

is very weak (Baker, Steemers, 2002). Also, studies revealed that office users are less likely to switch off the lights upon leaving their offices unless they remain absent for one hour or more (Fig. 6).

Finally, Mahdavi (2007) considered three energy saving scenarios: 1) lights are automatically switched off after 10 minutes if the office is not occupied; 2) lights are switched off, if the daylight-based task illuminance level equals or exceeds 500 lux; 3) an automated dimming regime is applied, whereby luminaires are dimmed down so as to maintain a task illuminance level of 500 lux. The potential for reduction of electrical energy use for lighting in studied offices if all three strategies are applied could exceeds 70% (Tab. 2).

Baker and Steemers (2002) report that other case studies have shown that in a conventionally daylit commercial building the choice of control can make 30-40% difference to the resulting lighting use. However, in a study of lighting control systems in UK offices, over half the systems did not work effectively (Slater, 1995). This fact should be of interest for future research.

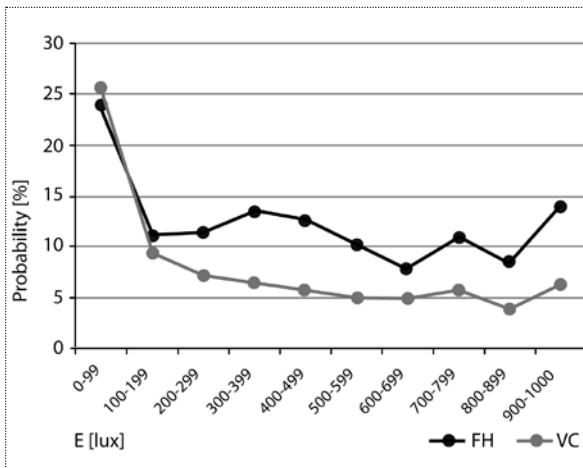


Fig. 5. Probability of switching the lights on upon arrival in the office as a function of the prevailing task illuminance level prior to an action (Source: Mahdavi, Proglhof, 2008)

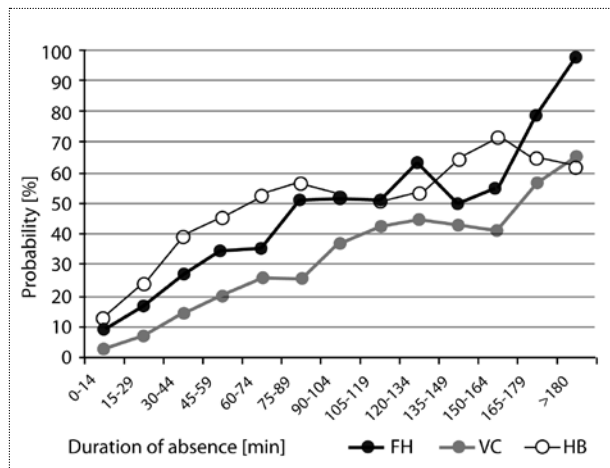


Fig. 6. Probability of switching the lights off as a function of the duration of absence (in minutes) from the offices (Source: Mahdavi, Proglhof, 2008)

		Energy saving scenarios			
Building	Saving potential in	1	2	3	1+2+3
FH_TU	%	30	29	13	72
VC_SW+NO	[%]	28	30	13	71
VC_SW+NO	kWh m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	6.8	7.2	3.0	17.0
VC_SW+NO	€ m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	0.53	0.56	0.24	1.32

Tab. 2. Saving potential (electrical energy for lighting) for various buildings and scenarios (Source: Mahdavi, 2007)

### Контроле доступне корисницима у зградама са интелигентним омотачима, студије случаја

У зградама са софистицираним системима аутоматизације мора се постићи баланс између централизоване контроле квалитета унутрашње климе и интервенције корисника, које имају велики утицај и на потрошњу енергије објекта и на унутрашњу климу. Да би се утврдило који је најповољнији однос акција од стране корисника и система за управљање, посматрана су три енергетски ефикасна објекта са интелигентним фасадама и системима управљања: БРЕ енвјајернментал билдинг (*BRE's Environmental Building*), седиште фирме ГСВ (*GSW*) и седиште Комерцбанке (*Commerzbank*) (Сл. 7). Корисници могу контролисати ниво вентилације, температуру, засенчење и осветљење.

300 lux је одабрано за осветљај радне површине. Интегрални сензори мере унутрашње нивое светлости и кретање, пригушујући осветљење (од 100% до 0%) ако има довољно дневне светлости. Уколико у просторији нема никога, осветљење се аутоматски гаси.

Софистицирани систем управљања зградом координира захтеве корисника, и контролише грејање, вентилацију и хлађење ради стварања оптималног комфора. Систем у поноћ анулира све промене задате од стране корисника (Wigginton, 2002, Ní Riain et al., 2000).

Контроле доступне корисницима кључна су карактеристика зграде. Корисници добијају савете од система управљања, а имају и могућност да преименују одлуке система управљања зградом. Канцеларије су углавном осветљене природном светлошћу, али су осветљене на 300 lux вештачким осветљењем ако је ниво на радној површини мањи.

Ред светилки поред прозора се аутоматски искључује када је природна светлост доступна у довољним количинама. Преостало осветљење може се ручно укључити у групама. Корисник може преименовати аутоматизовану контролу осветљења.

Систем управљања контролише проток ваздуха и корисницима простора даје препоруке о избору између природне и механичке вентилације.

Корисници могу у потпуности контролисати унутрашњу климу и понашање зграде, али само када је спољашња клима повољна, што одлучује систем за управљање консултујући тренутне временске податке.

Контроле осветљења су аутоматске и реагују у зависности од пенетрације дневне светлости и броја корисника простора. Високо ефикасно осветљење може се пригушити, као одговор на варијације у нивоу дневне светлости. Светло у ходницима активира се аутоматски када сензори установе присуство корисника.

Систем за управљање прати бројне сензоре и има пуну контролу над унутрашњим климатским условима. Он управља у складу са бројем корисника, обрасцима понашања и спољашњом климом.

Значај контрола доступних корисницима и њихов утицај на комфор и продуктивност већ је размотрен у поглављу 2. Примери дати у овом поглављу истичу значај система за управљање. Да би објекти били енергетски ефикасни, систем треба да даје савете и коригује акције корисника, уколико нису енергетски рационалне.



Сл. 7.

Контроле за зграде са интелигентним омотачима, студије случаја

1) *BRE's Environmental Building*, Гарстон, Велика Британија;

2) Главно седиште фирме *GSW*, Берлин, Немачка; 3) Седиште *Commerzbank* Франкфурт на Мајни, Немачка

(Извор: 1) <http://www.fcbstudios.com/projects.asp?s=3&ss=&proj=808>

2) [http://www.photoschule.de/images/architekturfotografie/fotokurs\\_architekturfotografie\\_berlin\\_gsw\\_1.jpg](http://www.photoschule.de/images/architekturfotografie/fotokurs_architekturfotografie_berlin_gsw_1.jpg)

3) <http://www.fosterandpartners.com/Projects/0626/Default.aspx>

The Environmental Building, Гарстон, Велика Британија

Fig. 7.

Controls for intelligent skins, case studies

1) *BRE's Environmental Building*, Garston, UK; 2) *GSW Headquarters*, Berlin, Germany; 3) *Commerzbank Headquarters*

(Source: 1) <http://www.fcbstudios.com/projects.asp?s=3&ss=&proj=808>

2) [http://www.photoschule.de/images/architekturfotografie/fotokurs\\_architekturfotografie\\_berlin\\_gsw\\_1.jpg](http://www.photoschule.de/images/architekturfotografie/fotokurs_architekturfotografie_berlin_gsw_1.jpg)

3) <http://www.fosterandpartners.com/Projects/0626/Default.aspx>



### Controls for intelligent skin, case studies

In buildings with sophisticated building automation systems a balance must be achieved between centrally controlled environmental systems operation and occupant interventions, which can affect both buildings' energy performance and indoor climate. In order to establish to which extent occupants should be able to change their environment, the study looks at three energy-efficient buildings with intelligent skins and BMS: the Environmental Building, GSW headquarters and Commerzbank headquarters (Fig. 7).

Occupants can control ventilation levels (windows), temperature, shading and lighting.

Lighting controls – daylight sensors automatically regulate the lighting according to daylight levels. Integral sensors measure internal light levels and movement, dimming the lamps (100% to 0%) if there is sufficient daylighting, or switching them off if a room is unoccupied.

Sophisticated building management system is coordinating users requirement, and controlling the heating, ventilation and cooling systems for optimum comfort. At midnight, the system resets all occupants' inputs (Wigginton, 2002, Ni Riain et al., 2000).

User control is a key feature of the building, incorporating both provision to override (all the systems) and the giving of advice.

Lighting controls - offices are predominantly daylit, but are illuminated to 300 lux by artificial lighting. The row of light fittings adjacent to the windows is automatically switched off by photocells within the façade to encourage the use of daylight. The remaining lighting is manually switched in groups. Occupant can override the automated daylight-linked switching.

BMS controls airflow and makes recommendations to the users about the selection of natural or mechanical ventilation.

Full occupant override is possible only when the external climate is appropriate, which is decided by the BMS in consultation with data describing the external weather conditions.

Lighting controls – in the office area controlled automatically according to daylight penetration and occupancy. High efficiency

lighting can be dimmed in response to variations in daylight levels. Light in corridors activated automatically by movement sensors.

The BMS monitors numerous sensors and has full control over the internal climate system. It is operated according to the number of people in the building, the usage of the system and the outdoor climate.

The importance of controls available to users and their impact on comfort and productivity has already been discussed in chapter 2. Examples given in this chapter emphasize the importance of management systems. For a building to be energy-efficient, the system should provide advice and correct user's actions, if they are energy wise not rational.

### CONTROLS AND SPACE LAYOUT: OPEN PLAN VERSUS CELLULAR

Open plan office is more space efficient, flexible, allowing more efficient flow of work and communication. However, in the open plan the one-to-one relationship between the occupant and the various control devices tends to vanish, making effective individual control difficult.

Figure 8 shows that the perceived level of control is significantly reduced with the increase in the number of occupants of a space. The open plan also tends to be more energy-intensive, not only because it tends to be deeper and require more artificial lighting and air conditioning, but also with less well-defined control interfaces systems are more likely to operate inefficiently, be left on unnecessarily, or have to be on when only a few people are there.

Probe studies concluded that it is easier to achieve occupant satisfaction in shallower plan forms and through cellularisation of the work space (Bordass, Leaman, Ruyssevelt, 1999, Bordass, Leaman, Cohen, Standeven, 1999). In a cellular office space, the individual has higher level of perceived control over their environmental parameters and hence comfort.

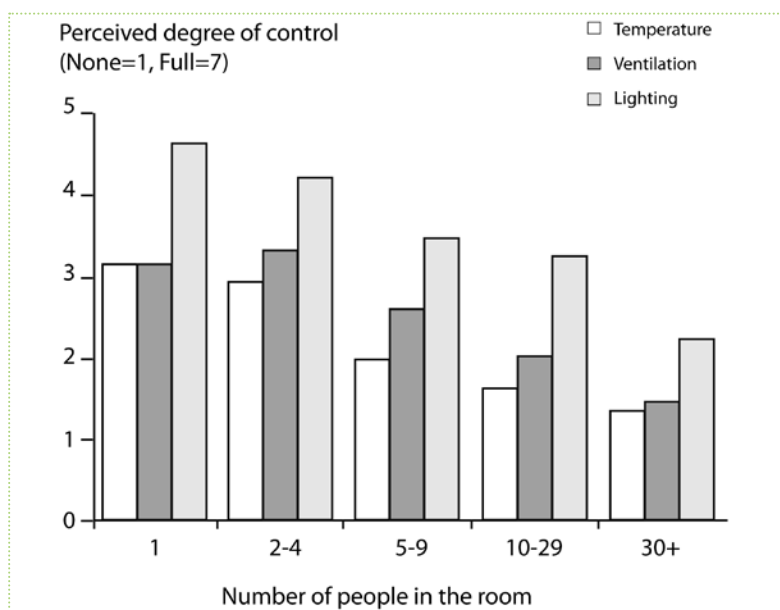


Fig. 8. Perceived control versus room size (Source: Bordass et al., 1993)

### КОНТРОЛЕ И ПРОСТОРНИ РАСПОРЕД: ОТВОРЕНИ ПЛАН / ЦЕЛУЛАРНИ ПЛАН

Канцеларије са отвореним планом су просторно ефикасније, флексибилније, омогућавају ефикаснији проток рада и комуникацију. Међутим, у канцеларијама са отвореним планом директан однос корисника и контролних уређаја веома је отежан.

Слика 8 показује да је ниво контроле значајно смањен са повећањем броја корисника неког простора. Канцеларије са отвореним планом карактерише интензивнија потрошња енергије, јер су то најчешће простори већих дубина и захтевају више вештачког осветљења и климатизацију. Такође је велика вероватноћа да ће системи контрола радити неефикасно јер ће морати да остану укључени и кад простор користи само неколико корисника.

У студијама зграда у Великој Британији констатује се да је лакше постићи задовољство корисника у просторијама мањих дубина и кроз целуларизацију радног простора (Bordass, Leaman, Ruyssevelt, 1999, Bordass, Leaman, Cohen, Standeven, 1999). У целуларној канцеларији, појединац има виши ниво перципиране контроле над параметрима окружења, а самим тим и комфора.

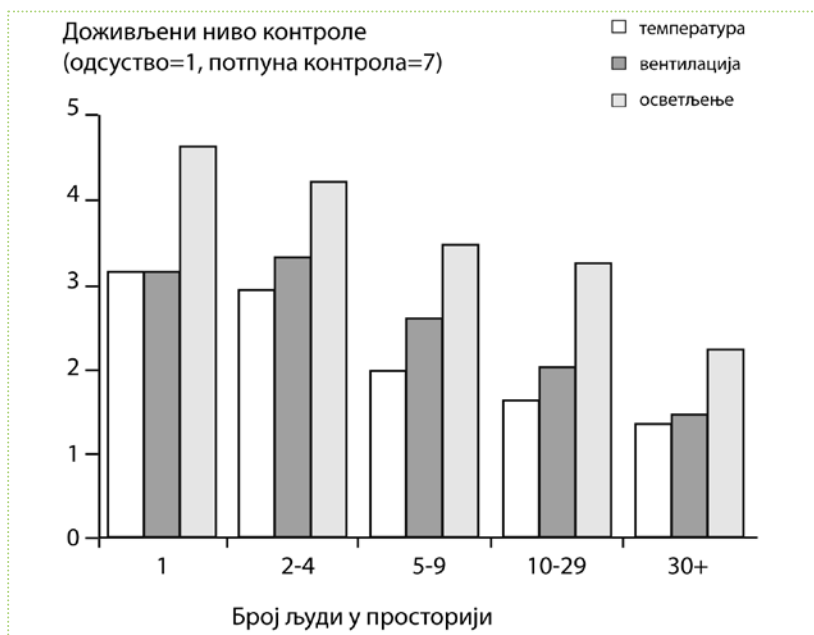
### Закључак

Контроле осветљења имају најмање утицаја на доживљену продуктивност и комфор. Међутим, њихова улога у смањењу потрошње енергије веома је значајана. Будућа истраживања морају се усмерити ка повећању ефикасности система за контролу осветљења како би уштеде у пракси биле веће.

Број контрола доступних корисницима мења перцепцију комфора и продуктивности, али само до одређене тачке. Уколико је клима у канцеларијском простору комфорна и зграда има систем за управљање који ефикасно реагује на потребе корисника, број контрола доступних корисницима губи на значају.

На примерима интелигентних фасада из праксе може се видети да ниску потрошњу енергије показују само системи који корисницима дају могућност контроле унутрашњих услова, али до мере која не угрожава добро функционисање зграде и енергетски баланс.

Из датих примера и констатација закључује се да се у циљу стварања ефикасног омотача зграде мора обратити пажња на њене пасивне и активне компоненте и на људске утицаје као на један комплетан систем, а не као на неповезане факторе.



Сл. 8. Доживљени ниво контроле у односу на величину просторије (Извор: Bordass et al., 1993)

## Conclusions

Lighting controls are reported to have least influence on the perceived productivity and perceived comfort. However, their role in preserving energy is significant. Future research must focus on increasing the efficiency of lighting systems.

The amount of control, available to a user changes the perceived comfort and productivity, but only to a certain point. If an office environment is comfortable, and has a building management system which responds efficiently to occupant needs, the amount of control available to an occupant becomes unimportant.

Most examples of intelligent facades from practice, trying to achieve good energy consumption norms, give occupants the controls, but only as far as it does not interfere with the good building performance.

These are some of the lessons that should inform façade design, because in order to create an efficient building skin one has to think of the building's passive, active and human interface features as one complete system, not as unconnected entities.

## Литература / References

- Baker, N., K. Steemers, (2002): *Daylight Design of Buildings*, James & James Science Publishers
- Bell, P., T. Greene, J. Fisher, A. Baum, (2001): *Environmental Psychology*, Hartcourt College Publishers, Orlando, Florida
- Bordass, B., A. Leaman, R. Cohen, M. Standeven, (1999): *Probe Strategic Review 1999, Report 3: Occupant Survey*  
<http://www.usablebuildings.co.uk/Probe/ProbePDFs/SR3.pdf>, accessed on 27/12/2011.
- Bordass, B., A. Leaman, (1998): *Probe 15: Productivity the Killer Variables*, *Building Services Journal*, June 1998, pp. 41-43.  
<http://www.usablebuildings.co.uk/Probe/ProbePDFs/Probe15.pdf>, accessed on 27/12/2011.
- Bordass, B., A. Leaman, P. Ruysssevelt, (1999): *Probe Review Final Report 4: Strategic conclusions*, *Building Services Journal*, August 1999, pp. 16-21.  
[http://www.breem.nl/images/uploads/Bordass\\_Leaman\\_SR4.pdf](http://www.breem.nl/images/uploads/Bordass_Leaman_SR4.pdf), accessed on 27/12/2011
- Bordass, B., A. Leaman, (1999): *The Probe Occupant Survey and its Implications*, CIBSE National Conference  
<http://www.usablebuildings.co.uk/Probe/ProbePDFs/BRI4.pdf>, accessed on 27/12/2011
- Bordass, B., K. Bromley, A. Leaman, (1993): *User and Occupant Controls in Office Buildings*, BRE Research Report, *Building Services Journal*, April 1993.  
<http://www.usablebuildings.co.uk/Pages/Unprotected/Brussels.pdf>, accessed on 27/12/2011.
- Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), (1993): *Environmental issues in construction, A review of issues and initiatives relevant to the building, construction and related industries*, Volume 1
- Eley, J. (1996): *Proving an FM Point: One Bridewell Street*, *Facilities Management World*, September 1996.
- Humphreys, M. A. (1976): *Comfortable indoor temperatures related to the outdoor air temperature*, *Building Research Establishment (Note PD117/76)*, U.K. Dept. of Environment
- Laing, A. (1998): *New environments for working: the re-design of offices and environmental systems for new ways of working*, London, BRE/DEGW
- Leaman, A. (2005): *Productivity in Buildings: the Killer Variables Updated*, presentation  
<http://www.usablebuildings.co.uk/Pages/Unprotected/KVChicagoApr05.pdf>, accessed on 27/12/2011.
- McIntyre, D.A. (1980): *Indoor climate*, London, Applied Science Publishers Ltd.
- Mahdavi, A. (2007): *People, Systems, Environment: Exploring the patterns and impact of control-oriented occupant actions in buildings*, (Keynote) *Proc. PLEA 2007*, Singapore
- Mahdavi, A., C. Proglhof, (2008): *Observation-based models of user control actions in buildings*, *Proc. PLEA 2008*, Dublin
- Ní Riain, C., J. Fisher, F. MacKenzie, J. Littler, (2000): *BRE's Environmental Building: Energy Performance in Use*  
<http://www.cibse.org/pdfs/BRE%20environmental%20building.pdf>, accessed on 27/12/2011.
- Pucar M., M. Nenković-Riznić, (2007): *Legislative and policy in energy efficient designing and renewable energy sources: Applications in Serbia*, *Spatium* **15-16**, pp. 66-71.
- Slater, A. I. (1995): *Occupant use of lighting controls: a review of current practice and problems, and how to avoid them*, Proceedings CIBSE National Conference, Eastbourne
- Wigginton, M. (2002): *Intelligent Skins*, Architectural Press, London
- Wilson, S., A. Hedge, (1987): *The Office Environment Survey: A Study of Building Sickness*, *Building Use Studies*, May 1987, London