



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**Vliv okrajových podmínek na hodnocení proslunění a
denního osvětlení**

**Influence of marginal conditions on evaluation of insolation and
daylight**

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí, zaměření Konstrukce budov
Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Bc. Filip Jirásek

Praha 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jirásek	Jméno: Filip	Osobní číslo: 399782
Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb		
Studijní program: Budovy a prostředí		
Studijní obor: Budovy a prostředí, zaměření Konstrukce budov		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vliv okrajových podmínek na hodnocení proslunění a denního osvětlení	
Název diplomové práce anglicky: Influence of marginal conditions on evaluation of insolation and daylight	
Pokyny pro vypracování: Požadavky kladené na proslunění a denní osvětlení v závislosti na účelu daného prostoru. Stanovení parametrů modelových místností (rozměry místností, parametry osvětlovacích otvorů) a uvažované situace stínících překážek (odstup, výška). Výpočet proslunění, činitele denní osvětlenosti a rovnoměrnosti denního osvětlení pro všechny uvažované stavy. Ověření úrovně denního osvětlení měřením na modelu vybrané místnosti.	
Seznam doporučené literatury: ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007 ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov, ČNI Praha, červen 2007 ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004 HABEL, Jiří., DVOŘÁČEK, Karel., DVOŘÁČEK, Vladimír., ŽÁK, Petr. Světlo a osvětlování. Praha : FCC Public s. r. o., 2013. ISBN 978-80-86534-21-3. VYCHYTIL, Jaroslav. Stavební světelná technika - cvičení. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 156 s. 2015. ISBN 978-80-01-05858-9	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 3. 10. 2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8. 1. 2017
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Filip Jirásek

Název diplomové práce: Vliv okrajových podmínek na hodnocení proslunění a denního osvětlení

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů: Požadavky kladené na proslunění a denní osvětlení v závislosti na účelu prostoru. Stanovení parametrů modelových místností a osvětlovacích otvorů - rozměry, výplň a rámy. Určení modelových situací stínících překážek, jejich odstup a výška.

Výpočet proslunění, úrovně a rovnoměrnosti denního osvětlení v posuzovaných místnostech.

Ověření úrovně denního osvětlení měření na modelu vybrané místnosti.

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv okrajových podmínek na hodnocení proslunění a denního osvětlení“ vypracoval samostatně, s užitím literatury a pramenů sepsaných v seznamu literatury, který je součástí této práce.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V dne

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce, za ochotu, vstřícnost, cenné rady a připomínky.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá výpočtem proslunění, úrovní a rovnoměrností denního osvětlení – v závislosti na účelu prostoru, tvaru místnosti, tvaru a vlastností osvětlovacího otvoru a v neposlední řadě na tvaru a odstupu stínících překážek. Cílem práce je snadné a předběžné ohodnocení referenční místnosti v oblasti světelné techniky bez nutnosti výpočtu.

Část první obsahuje obecné informace o světle a jeho vnímání. Další části práce jsou věnovány světelné technice, stanovení parametrů modelových místností, osvětlovacích otvorů a stínících překážek. Následují výpočty modelových stavů, z nichž jsou vybrané místnosti ověřeny měřením úrovně denního osvětlení na modelu. Závěrečná část diplomové práce pak shrnuje výsledky do přehledných grafů.

Text sděluje čtenářům světelně technické požadavky, vlivy okrajových podmínek na proslunění, činitel denní osvětlenosti a rovnoměrnost denního osvětlení. Mohl by pomoci například stavebním úřadům, projekčním kancelářím či uživatelům obytných budov, kteří se snadno a bez nutnosti výpočtu orientačně dozví, zda je jejich posuzovaná místnost dostatečně osvětlena a prosluněna.

KLÍČOVÁ SLOVA

proslunění, denní osvětlení, světlo, oslnění, měření denního osvětlení

ANNOTATION

This diploma thesis deals with the calculations of insolation, the level and evenness of daylight – depending on the purpose of the space, the shape of the room, the shape and features of the light opening and finally on the shape and the distance of the shading obstacles. The aim of this thesis is a simple and tentative evaluation of the room from the point of view of the lighting equipment, without the necessity of any calculation.

The first part states general information about light and people's perception of it. The other parts of the thesis are devoted to the lighting equipment, the defining of the parameters of model rooms, the light openings and the shading obstacles. Those are followed by the calculations of the model conditions, when the chosen room is verified by the measurement of the level of daylight on the model room. The final part of this diploma thesis sums up the outcomes into synoptic graphs.

The text tells its readers about the technical light requests, the influence of marginal conditions on the insolation, the factor of the daylight illuminance and the evenness of daylight. The text could be of help for example to the building control offices, to project and design offices, or to the users and occupants of residential buildings who can easily and without the need of a calculation find out an approximate information about the fact if the room they assess is alighted and insulated enough.

KEY WORDS

insolation, daylight, light, glare, daylight measurements

OBSAH

Úvod	10
1 Světlo	11
1.1 Vznik světla	11
1.2 Psychologické účinky denního světla	12
1.3 Fyziologické účinky denního světla	12
1.4 Biologické účinky denního světla	12
2 Vnímání světla	13
2.1 Zrakový orgán	13
2.1.1 Akomodace	14
2.1.2 Adaptace	14
2.2 Oslnění	14
3 Proslunění (oslunění)	15
3.1 Meridiánová konvergence	15
3.2 Kritéria proslunění	16
3.3 Normové požadavky	17
4 Denní osvětlení	18
4.1 Zdroj světla	18
4.2 Kvantitativní kritérium	19
4.3 Kvalitativní kritérium	21
4.4 Normové požadavky	22
5 Okrajové podmínky	23
5.1 Místnost	23
5.1.1 Rozměry místnosti	23
5.1.2 Povrchy místnosti	24
5.2 Okno	25
5.2.1 Rozměry okna	25
5.2.2 Rám	25
5.2.3 Druh skla	28
5.2.4 Znečištění okna	29
5.3 Stínící překážky	30

5.3.1	Geometrie.....	30
5.3.2	Činitel odrazu stínících překážek.....	31
6	Výpočet	32
6.1	Proslunění	32
6.1.1	Orientace	32
6.1.2	Stanovení výšky překážek	33
6.1.3	Okno.....	35
6.2	Denní osvětlení	36
6.2.1	Místnost a okno.....	36
6.2.2	Situace stínících překážek.....	40
6.2.3	Další parametry	40
7	Měření denního osvětlení	41
7.1	Přístroje.....	41
7.2	Postupy měření	41
7.2.1	Činitel odrazu světla	42
7.2.2	Činitel prostupu světla	42
7.2.3	Činitel jasů stínící překážky.....	43
7.3	Kritéria	43
7.4	Požadavky	43
8	Měření denního osvětlení na modelu	44
8.1	Okrajové podmínky	44
8.2	Denní osvětlení	47
9	Výstupy	50
9.1	Proslunění	50
9.2	Denní osvětlení	53
9.2.1	Výpočet.....	53
9.2.2	Model.....	64
10	Výsledky práce	67
10.1	Proslunění – výsledné grafy.....	69
10.2	Denní osvětlení – výsledné grafy	73
	Závěr	105
	Zdroje.....	106
	Přílohy.....	DVD

ÚVOD

Každý člověk tráví většinu svého života uvnitř budov – lidé v nich pracují, žijí či provozují své koníčky. Jejich vnitřní prostředí však jedince ovlivňuje jak po stránce psychologické tak i fyziologické. Z tohoto důvodu je velice důležité vytvořit uvnitř nich zdravý a příjemný prostor.

Jedna z nejdůležitějších životních potřeb je i denní světlo, na které by měl mít každý z nás přirozené právo. Ve volné přírodě je přístup k němu takřka neomezen, v prostředí umělém je tomu ovšem jinak, proto je třeba navrhovat tento prostor také s ohledem na denní osvětlení.

Nedostatek přímého světla způsoboval v minulosti výskyt nemocí, proto se rozmohlo české přísloví, které praví: „Kam nechodí slunce, tam chodí lékař.“

1 SVĚTLO

Denní viditelné světlo má charakter elektromagnetického záření, které není přesně definované rozsahem – ten se mění dle pozorovatele (obecně se bere v rozmezí vlnových délek 380 až 780 nm).

Viditelné záření má hodnotu 44% a její střední intenzita je 602 W/m^2 . Nižší vlnové délky se nazývají ultrafialové a přibližný rozsah jejich vlnových délek je 280 až 380 nm, činí tak 3% celkového záření. Vyšší vlnové délky než je viditelné světlo jsou infračervené, jejich přibližný rozsah vlnových délek je 780 až 2500 nm a činí 53% podíl světla ve slunečním spektru. [01]



Obrázek č. 01 – sluneční záření

Světlo je rozděleno do dvou hlavních složek – na přímé, které přichází přímo ze slunce a rozptýlené v atmosféře, které je vnímáno jako světlo oblohy.

1.1 VZNIK SVĚTLA

Zjednodušeně se dá princip vzniku světla vysvětlit následovně – v atomu obíhají kolem jádra elektrony a při dodání energie elektronu, která ho přenesse na vyšší oběžnou dráhu kolem jádra, dojde k nestabilní situaci. Elektron se vrací zpět a při tom vytváří foton.¹ Světlo vzniká přeměnou energie a vychází z rozžhaveného tělesa. Čím vyšší je teplota, tím více je uvolňováno záření. S rostoucí teplotou se záření stává viditelným tmavočerveným, poté se mění přes oranžovou, žlutou až na bílou barvu. [02]

¹ Elektromagnetické záření lze považovat za tok energetických kvant, pro který americký fyzikální chemik Lewis zavedl název foton [03]

1.2 PSYCHOLOGICKÉ ÚČINKY DENNÍHO SVĚTLA

Je vyzorováno, že nedostatek denního světla způsobuje syndrom sezónní deprese či syndrom sezónně podmíněných depresí.² Přibližně 5% populace ovlivňuje v podzimním a zimním období tento syndrom, který se projevuje především depresemi. Nedostatek denního světla však může vést také ke zvýšené únavě, nemocnosti či snižování pracovní výkonnosti. Léčba probíhá formou světelné terapie, přirozeným nebo umělým světlem s podobným spektrem, jaké má světlo denní.

1.3 FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY DENNÍHO SVĚTLA

Člověk nepotřebuje světlo pouze k vidění, má také nevizuální funkci, která zajišťuje důležité biologické pochody v lidském organizmu. Špatně rozložené osvětlení prostoru, chybné rozmístění pracovních míst (zejména ve školách) či nízká pohybová aktivita způsobují zhoršování zraku u předškolní a školní mládeže.

Oči ke svému vývoji potřebují čas a prostor, zároveň se však musí trénovat tím, že střídají pohledy na blízké a vzdálené předměty v daném prostoru a jeho barevné vnímání. [01]

1.4 BIOLOGICKÉ ÚČINKY DENNÍHO SVĚTLA

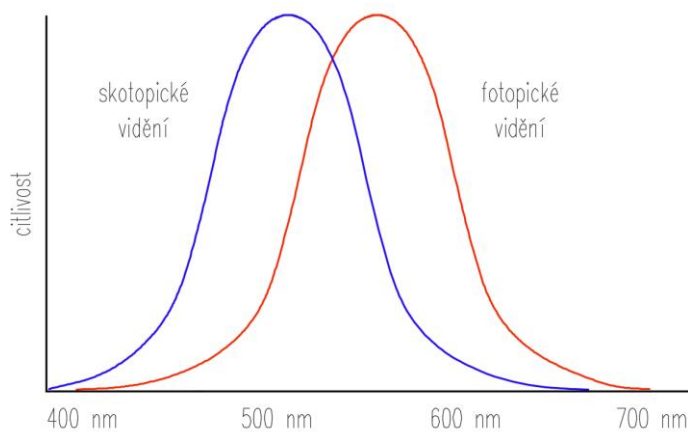
Ultrafialová složka slunečního záření má vliv na tvorbu provitaminu D v těle. Viditelné záření podporuje léčbu novorozeneckých žloutenek, popálenin a zánětlivých procesů. Střídání dne a noci (cirkadiánní rytmus) ve dvacetičtyřhodinovém cyklu způsobuje změny v mozkové aktivitě, hormonální produkce, buněčné regenerace a další fyziologické pochody.

² Lékařsky vyzorován stav, který se nazývá: SAD syndrom (SeasonalAffectivDisorder)

2 VNÍMÁNÍ SVĚTLA

Základní podmínkou vidění je existence světelného pole, kde se spojuje zrak a světlo. Pouze ve světelném poli lze předmět vidět za pomoci přímého či odraženého světla. Zrakový vjem neboli nervové podráždění člověk zprostředkovává díky zrakovému orgánu, kterým je oko, to je rozdílné a liší se dle schopností člověka. [04]

Lidský zrak je nejcitlivější na žluté světlo, vidění je fotopické a skotopické. Fotopické vidění je citlivější na větší vlnové délky a je zajištěno čípkami na sítnici oka. Skotopické vidění je citlivější na kratší vlnové délky a je zajištěno tyčinkami. Díky tomuto vidění je člověk schopen vidět i za soumraku a při snížené intenzitě osvětlení.



Obrázek č. 02 – rozložení citlivosti zraku dle vlnových délek

2.1 ZRAKOVÝ ORGÁN

„Zrakový orgán mění světelný podmět na komplex nervových podráždění, kterých subjektivním projevem je zrakový vjem.“ [05] Přes duhovku oka se promítá na sítnici oka obraz a jas. V čípkách a tyčinkách na sítnici se odraz mění na nervové podráždění, které dále pokračuje do mozku. Ten nervové podráždění zpracovává ve zrakový vjem.

2.1.1 AKOMODACE

Akomodace je schopnost oka, kdy oko nedokáže současně zaostřit na předměty v různých vzdálenostech. Ostře zobrazuje předměty v takové vzdálenosti, kterou lze považovat za rovnoběžnou. Je to tedy nevědomá schopnost oka vidění na bližší vzdálenosti, kdy se musí oční čočka přizpůsobit lomivosti světla. Rozsah je různý a mění se v závislosti na pozorovateli. Jednotkou akomodačního rozsahu je dioptrie.

2.1.2 ADAPTACE

Adaptace je schopnost zraku přizpůsobit se různým hladinám osvětlenosti. Přizpůsobení je změnou velikosti otvoru zornice, citlivosti světločinných buněk a velikosti vjemových polí sítnice. Adaptace zornice probíhá velmi rychle, naopak adaptace světločinnými buňkami a změna velikosti pole sítnice potřebuje určitý čas. Při adaptaci na vyšší světlo trvá tato akce asi minutu a doznívá do deseti minut. Adaptace na tmou trvá déle, přibližně dvacet minut a dalších čtyřicet minut se zvyšuje citlivost tyčinek.

2.2 OSLNĚNÍ

Oslnění je nepříznivý stav zraku, který zhoršuje vidění a může vést i k jeho poruchám. Existuje několik druhů oslnění: Prvním z nich je oslnění rušivé, které si uživatel neuvědomuje, ale způsobuje diskomfort a vidění se stává více namáhavé, zároveň působí ještě poté, co zdroj oslnění zanikl.

Druhým druhem je oslnění absolutní, které vzniká, když se oko nedokáže adaptací přizpůsobit různým jasům v zorném poli. Na takovou situaci se oko neadaptuje a způsobuje tak trvalé oslnění.

Dále existuje přechodové oslnění, jež zaniká adaptací při přestupu do prostředí s jiným jasnem.

3 PROSLUNĚNÍ (OSLUNĚNÍ)

Proslunění označuje dopad slunečních paprsků do pozorovaného kontrolního bodu a je důležité při návrhu objektů sloužících k bydlení. V konkrétním datu se počítá doba, kdy dopadají přímé sluneční paprsky do kontrolního bodu obytné místnosti. Za **obytnou místnost** se považuje ta, která plní následující kritéria:

- je vytápěna a má možnost přirozeného větrání,
- podlahová plocha je minimálně 8 m², popřípadě obytná kuchyň musí mít podlahovou plochu minimálně 12 m².

Zdrojem světla pro výpočty proslunění je přímé sluneční záření, které není stíněné v atmosféře.

Oslunění označuje taktéž dopad paprsků, ovšem na volném prostranství, nikoliv v obytné místnosti.

3.1 MERIDIÁNOVÁ KONVERGENCE

Pro výpočty proslunění je nutné znát přesnou polohu severu, která se v běžných mapách zkresluje, zejména kvůli sbíhání poledníků. Tento úhel roste se vzdáleností od základního poledníku symetricky na obě strany. Pro výpočet je rozhodující zeměpisná délka místa, kde se objekt nachází, ve vzorci označená řeckým symbolem λ (°).

V případě kladného výsledku se poloha severu pootočí o vypočtenou hodnotu meridiánové konvergence, ve směru hodinových ručiček.

Vzorec pro výpočet meridiánové konvergence pro mapy S–JTSK je následující:

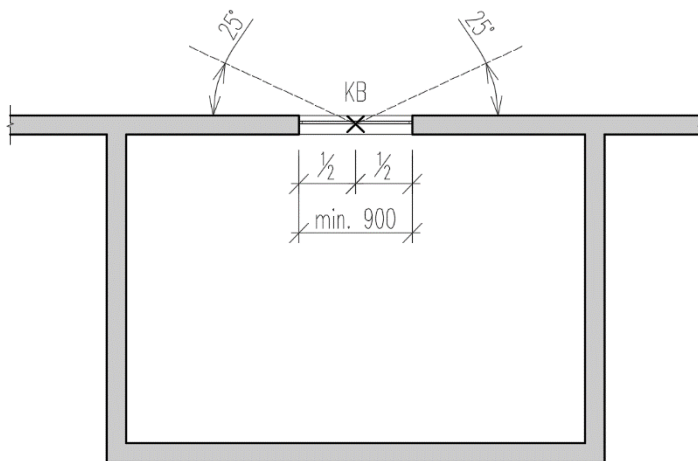
$$C = \frac{24^{\circ}50' - \lambda}{1,34} (\text{°}) \quad (1)$$

3.2 KRITÉRIA PROSLUNĚNÍ

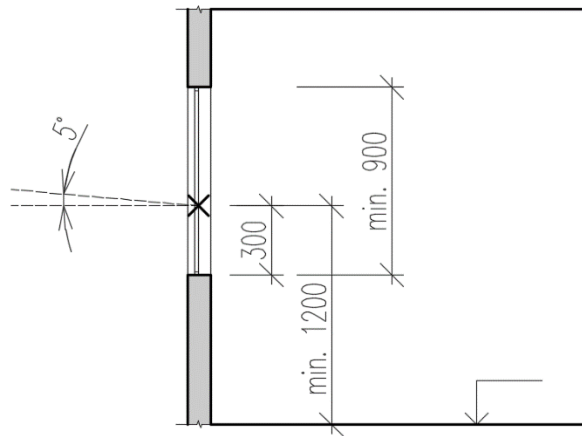
Jako nejdůležitější kritérium lze považovat fakt, že sluneční paprsky dopadají do kontrolního bodu, který se nachází v rovině vnitřního zasklení a je 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1200 mm nad úrovní čisté podlahy v posuzované místnosti, minimálně 90 minut, dne 1. března. Doba proslunění tohoto dne lze nahradit časovým úsekem od 10. února do 21. března, což je čtyřicet dní (mimo přestupné roky). V tomto časovém úseku poté musí být doba, kdy dopadají sluneční paprsky do kontrolního bodu minimálně 3600 minut.

Další kritérium se vztahuje na velikost osvětlovacího otvoru, který musí mít nejmenší skladebný rozměr minimálně 900 mm a otvory ve skloněné rovině, například střešní okna, musí mít minimální rozměr 700 mm. Plocha osvětlovacího otvoru, vypočtena ze skladebných rozměrů, musí být minimálně desetina plochy posuzované místnosti.

Dále se zanedbává dopad slunečních paprsků v neefektivních úhlech – v řezu je to 5° nad horizontem a v půdorysu 25° dopředu od předního líce fasády. [06]



Obrázek č. 03 – schematický půdorys místnosti s vyznačením umístění kontrolního bodu a neefektivních úhlů



Obrázek č. 04 – schematický řez místnosti s vyznačením umístění kontrolního bodu a neefektivních úhlů

3.3 NORMOVÉ POŽADAVKY

Požadavky, kladené na proslunění, jsou uvedeny v normě ČSN 73 4301 [07]. Byt je považován za prosluněný, je-li součet prosluněných obytných místností větší než jedna třetina plochy všech obytných místností v bytě. U rodinných domů je toto kritérium přísnější a je stanoveno na polovinu plochy obytných místností.

Obytná místnost je poté považována za prosluněnou, když splňuje požadavky popsané výše.

4 DENNÍ OSVĚTLENÍ

Oproti proslunění, kdy do posuzované místnosti proniká přímé sluneční světlo, je při posuzování denního osvětlení světlo, které osvětluje prostor, nepřímé a rozptýlené v atmosféře. Pro zrakovou pohodu může mít nepřímé světlo lepší účinky než světlo přímé, jelikož nevytváří vysoké kontrasty jasů. Přímé světlo totiž může vést k oslňování přímému nebo odrazem od lesklých ploch.

Denní osvětlení je nutno zajistit v prostorách s trvalým pobytem osob, v obytných místnostech, ve školách, ve výrobních i nevýrobních prostorách v průmyslu, v místnostech pro dlouhodobě ubytované a v denních místnostech pro pracovníky.

Místnost, kde osoby tráví při opakovaných činnostech více než 4 hodiny denně a zároveň více než 1 den v týdnu, se považuje za **prostor s trvalým pobytem osob**. [06]

4.1 ZDROJ SVĚTLA

Při výpočtech denního osvětlení je zdrojem světla nepřímé rozptýlené světlo v atmosféře.

Obecně je zdrojem obloha, která mění své vlastnosti v závislosti na ročním období, ale i během dne. Obloha může být jasná, polojasná, oblačná či zcela zatažená. Pro výpočty je za nejpříznivější považován stav zcela zatažené oblohy v zimě. [08]

Při výpočtech se počítá s několika stavy oblohy – první a nejčastěji používaný je zatažená obloha v zimě při tmavém terénu. Rozložení jasů v horizontu ku zenitu v tomto případě graduje v poměru 1:3, kdy nejvyšší hodnoty nabývá ve vrcholu (zenitu). Dalším stavem je zatažená obloha v zimě při zasněženém terénu, kdy je rozložení gradovaného jasů oblohy v poměru 1:2. Třetí, a dříve využívaný stav, je obloha s konstantním jasnem. Existují však i jiné stavy.

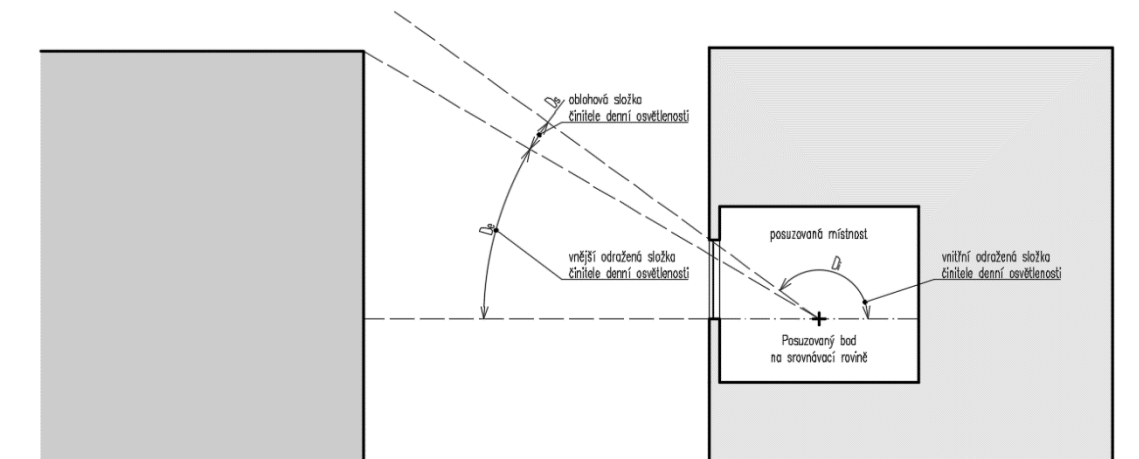
4.2 KVANTITATIVNÍ KRITÉRIUM

Úroveň denního osvětlení je vyjádřena činitelem denní osvětlenosti D (%) a je definována jako podíl osvětlenosti v posuzovaném bodu uvnitř místnosti E (lx) a současné exteriérové osvětlenosti na nezastíněné horizontální rovině E_h (lx). Posuzovaný bod uvnitř místnosti bývá umístěn na horizontální (v některých případech i skloněné) rovině, která se nazývá rovinou srovnávací. Rovina je nejčastěji umístěna ve výšce 850 mm nad úrovní čisté podlahy a je stanovena v úrovni pracovní desky. U předškolních dětí se její výška snižuje na 450 mm a v tělocvičnách na úroveň čisté podlahy a podobně.

$$D = \frac{E}{E_h} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

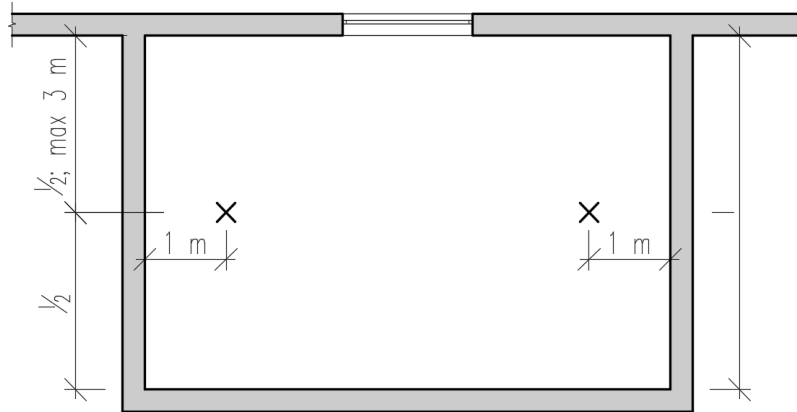
Činitel denní osvětlenosti se skládá z několika složek – tou první je oblohová složka činitele denní osvětlenosti D_s (%), dále vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti D_e (%) a vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti D_i (%).

$$D = D_s + D_e + D_i \quad (\%) \quad (3)$$



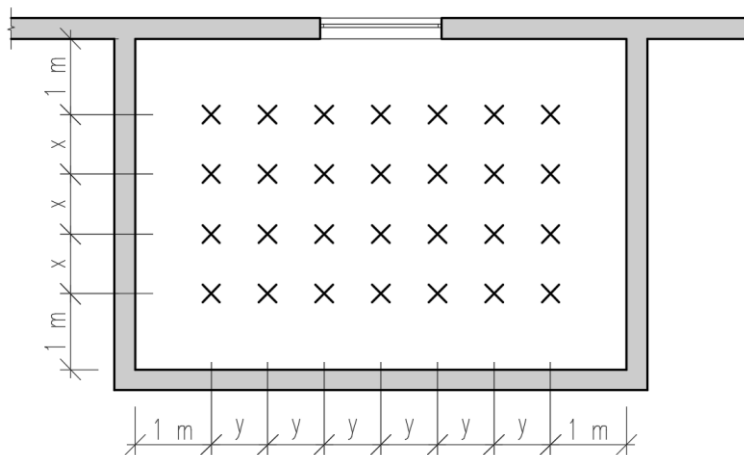
Obrázek č. 05 – složky činitele denní osvětlenosti

V obytné místnosti se činitel denní osvětlenosti posuzuje ve dvou bodech, které jsou v polovině hloubky místnosti, ne však dále než 3 metry od stěny s osvětlovacím otvorem. Od krajních stěn jsou vzdáleny 1 metr.



Obrázek č. 06 – umístění kontrolních bodů v obytné místnosti

V místnostech s trvalým pobytem osob a v ostatních prostorech se posuzované body navrhují v pravidelné síti, která je od stěn odsazena o 1 metr.



Obrázek č. 07 – umístění kontrolních bodů v místnosti s trvalým pobytem osob

4.3 KVALITATIVNÍ KRITÉRIUM

Mezi kvalitativní kritéria denního osvětlení patří: rovnoměrnost osvětlení, rozložení světelného toku, rozložení jasů ploch v zorném poli, výskyt oslnění a barevné řešení interiéru.

Pro zrakovou pohodu je důležité rovnoměrné rozložení osvětlení. Rovnoměrnost osvětlení U (–) je stanovena jako poměr minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti a maximální nebo průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti. Průměrné hodnoty se používají v případech, kdy je místnost osvětlována horním osvětlením.

Směr přiváděného světla by měl odpovídat činností prováděným v osvětlovaném prostoru a neměl by být ničím stíněn.

Požadavek na rozložení jasů „*souvisí s vlastností zrakového orgánu – fototropickým reflexem, při kterém se zrak nevědomě snaží obracet na nejvíce jasné a nejvíce kontrastní místo v zorném poli. Vyloučením rušivých jasů a rušivých kontrastů v zorném poli lze tento reflex využít k soustředění pozorovatele na předmět zrakové práce.*“ [09]

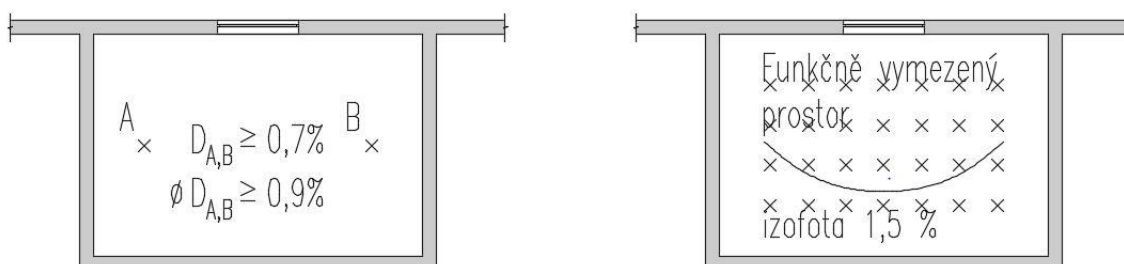
Omezení vzniku oslnění je provedeno umístěním pracovní plochy na místo, kde oslnění při zatažené obloze ani při slunečním svitu nehrozí. Zároveň by osvětlovací otvory neměly být v zorném poli uživatele.

4.4 NORMOVÉ POŽADAVKY

Požadavky kladené na denní osvětlení jsou uvedené v normě ČSN 73 0580 – 1 až 4 [10], v závislostech na třídě zrakové činnosti, která klade různé požadavky na hodnoty činitele denní osvětlenosti. Existuje sedm tříd zrakové činnosti, od I (mimořádně přesná zraková činnost) do třídy VII. V obytné místnosti nesmí minimální hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolním bodě klesnout pod 0,7% a průměrná hodnota v posuzovaných bodech nesmí být nižší než 0,9%.

V místnostech s trvalým pobytem osob se obecně požaduje minimální hodnota činitele denní osvětlenosti 1,5%. V případě, že prostor není osvětlen v celé své ploše hodnotou vyšší než 1,5%, vyhrazuje se poté funkčně vymezený prostor, jenž je oddělen od ostatního prostoru izofotou³ 1,5%.

Hodnota rovnoměrnosti se doporučuje ve zrakových třídách I až III $U \geq 0,30$, minimálně však pro třídy I až IV je hodnota $U \geq 0,20$ a pro třídu V je minimální limit $U \geq 0,15$. [06]



Obrázek č. 08 – vlevo – požadavky činitele denní osvětlenosti v obytné místnosti vpravo – vyznačení funkčně vymezeného prostoru, tj. prostor pro trvalý pobyt osob, izofotou

³ Izofota je křivka spojující body se stejnou hodnotou osvětlení.

5 OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Výpočty této diplomové práce se budou vztahovat k místnosti, která je osvětlována jedním oknem uprostřed průčelní stěny. Následně se bude sledovat vliv změny půdorysných rozměrů místnosti, změna velikosti a typu osvětlovacího otvoru či vliv stínících překážek v různých situacích stínění.

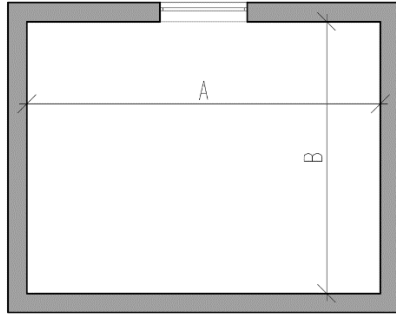
5.1 MÍSTNOST

Posuzovaná místnost je pro účel této práce současně považována za místnost obytnou a s trvalým pobytem osob. Tento předpoklad umožňuje na jedné místnosti stanovit několik světelně technických hodnot (dobu proslunění obytné místnosti, úroveň činitele denní osvětlenosti, stanoveného ve dvou bodech obytné místnosti, a vyznačení úrovně denní osvětlenosti místnosti s trvalým pobytem).

5.1.1 ROZMĚRY MÍSTNOSTI

Jelikož jsou jednotlivé stavby i místnosti v nich velmi rozdílné, nelze proto jednoznačně určit rozměry místností, které by postihovaly všechny možné stavy. Přesto se v této práci stanoví několik rozměrů, které pokryjí alespoň část těchto místností.

Minimální podlahová plocha obytných místností je popsána v normě ČSN 73 4301 [07] a má hodnotu 8 m^2 (pokud je ovšem byt tvořen pouze jednou místností, je tato minimální plocha dvojnásobná). Dále jsou v normě popsány minimální šířky místností: minimální šířka obývacího pokoje je 3,3 m, dvoulůžkové ložnice 2,4 m a jednolůžkové ložnice 1,95 m. Další z limitujících rozměrů je i světlá výška místnosti (výška od úrovně čisté podlahy po strop), která je u rodinných domů minimálně 2,5 m, u domů bytových pak 2,6 m.



Obrázek č. 09 – vyznačení rozměrů místnosti

Pro výpočty této diplomové práce budou rozměry místností s uvažováním minimálních rozměrů dle ČSN 73 4301 [07] následující:

- rozměr A bude nabývat hodnot od 3 do 6 m a tento interval bude rozdělen po jednom metru,
- rozměr B bude korespondovat s rozměrem A a bude nabývat stejných hodnot,
- rozměry místnosti budou obsahovat všechny kombinace rozměrů A a B ,
- světlá výška místnosti bude uvažována 2,6 m,
- tloušťka průčelní stěny bude uvažována 0,45 m.

5.1.2 POVRCHY MÍSTNOSTI

Povrch stěn ovlivňuje činitel vnitřního odrazu světla ρ (-), který udává, kolik světla je odraženo.

Činitel odrazu světla souvisí s odstínem barvy povrchu a teoreticky může nabývat hodnot od 0 (zcela pohlcující – černá) až do 1 (zcela odrazná). Průměrná odrazivost světla v místnosti se vyjadřuje průměrným činitelem odrazu světla ρ_m (-), určeným z následujícího vztahu:

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i \times \rho_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (-), \quad (4)$$

kde S_i (m^2) značí plochu i -tého povrchu a ρ_i (-) činitel odrazu jednotlivé plochy. Vnitřní povrchy se nejčastěji navrhují v následujících hodnotách: pro strop $\rho = 0,7$, pro stěny $\rho = 0,5$ a pro podlahy $\rho = 0,3$. Průměrný činitel odrazu z těchto hodnot bude tedy $\rho_m = 0,5$, taktéž ho uvažuje i norma.

5.2 OKNO

Místnost, sledována v této diplomové práci, bude vybavena jedním osvětlovacím otvorem v ose průčelní stěny (stěna s rozměrem A). Parametry osvětlovacího otvoru jsou popsány v následujících kapitolách.

5.2.1 ROZMĚRY OKNA

Stejně jako rozměry místností, také žádný rozměr okna nelze přesně určit. Limitujícím parametrem pro proslunění je, aby okno svojí plochou odpovídalo minimálně desetině podlahové plochy místnosti a dále, aby jeho rozměry byly větší než 900 mm. Díky těmto parametrům je patrné, že rozměry okna budou souviset s rozměry posuzovaných místností.

Též maximální rozměr okna bude souviset s rozměrem místnosti – bude se jednat o poloviční hodnotu průčelní stěny A . Výška oken i parapetu bude vždy stejná – u oken 1500 mm a parapetu 900 mm.

Pro výpočet bude uvažován minimální a maximální rozměr okna, ale také rozměr třetí, kterým budou střední hodnoty mezi minimálním a maximálním rozměrem.

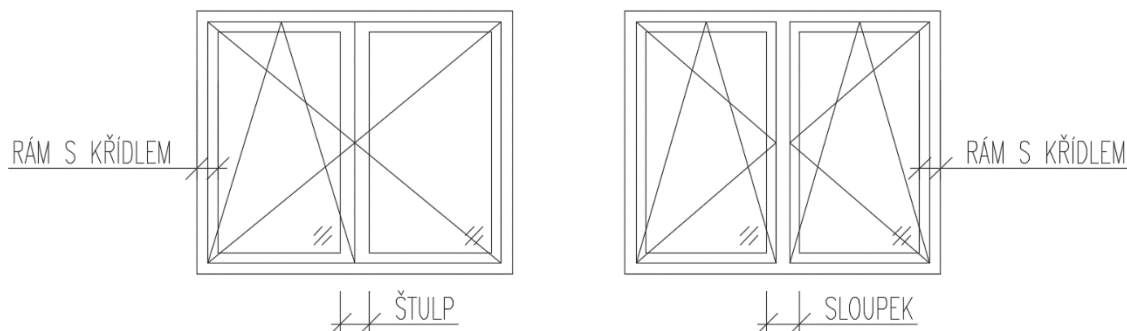
5.2.2 RÁM

Okenní rám je nedílnou součástí každého okna. Je jeho pevnou částí, ke které jsou připevněna křídla.

Rám však svojí pohledovou šířkou zasahuje také do plochy zasklení a přímo ovlivňuje poměr čisté plochy zasklení A_s (m^2) k ploše stavebního otvoru A_c (m^2),

$$\tau_k = \frac{A_s}{A_c} \quad (-). \quad (5)$$

Na následujícím obrázku jsou znázorněny pohledové rozměry rámu – obrázek nalevo je bez středového sloupku s tzv. štupelem, na pravém je okno se středním sloupkem.



Obrázek č. 10 – popis neprůsvitných částí okna

V následujících tabulkách jsou znázorněny pohledové šířky rámu několika vybraných typů oken (dřevěná, plastová, hliníková a dřevohliníková okna).

5.2.2.1 DŘEVĚNÁ OKNA

Tabulka č. 01 – pohledové šířky rámu dřevěných oken

Typ okna	Pohledová šířka		
	Rámu s křídlem	Štulpu	Sloupku
VEKRA Eurookna Natura 68/78/94 [11]	123 mm	138 mm	192 mm
TWW Termookno IV68/IV84/plus IV94[12]	123 mm	138 mm	192 mm
ALBO Eurookno IV78 trend/IV78 trend 3+[13]	117 mm	121 mm	189 mm
ALBO Eurookno IV92 strong 3+[13]	117 mm	120 mm	187 mm
OKNA.EU CL 92/78 [16]	121 mm	136 mm	–

5.2.2.2 PLASTOVÁ OKNA

Tabulka č. 02 – pohledové šířky rámu plastových oken

Typ okna	Pohledová šířka		
	Rámu s křídlem	Štulpu	Sloupku
VEKRA prima [11]	118 mm	168 mm	190 mm
VEKRA style/design /komfort/premium EVO [11]	123 mm	180 mm	196 mm
OTHERM perfekt/pasiv/sigma/gama EVO [14]	123 mm	180 mm	196 mm
OTHERM omega [14]	120 mm	166 mm	186 mm
OTHERM efekt/ekonomy [14]	118 mm	168 mm	190 mm
OKNA.EU pasiv [16]	119 mm	142 mm	182 mm

5.2.2.3 HLINÍKOVÁ OKNA

Tabulka č. 03 – pohledové šířky rámu hliníkových oken

Typ okna	Pohledová šířka		
	Rámu s křídlem	Štulpu	Sloupku
VEKRA Futura panel/standard /exclusive [11]	108 mm	145 mm	184 mm
OKNA.EUexclusiv HI 72 [16]	120 mm	164 mm	190 mm
OKNA.EUexclusiv HI 77 [16]	120 mm	164 mm	160 mm
OKNA.EUexclusiv SB 75 [16]	85 mm	122 mm	154 mm
OKNA.EUexclusiv SI 90 [16]	117 mm	158 mm	182 mm
OKNA.EUexclusiv SB 90 [16]	95 mm	132 mm	174 mm

5.2.2.4 DŘEVOHLINÍKOVÁ OKNA

Tabulka č. 04 – pohledové šířky rámu dřevohliníkových oken

Typ okna	Pohledová šířka		
	Rámu s křídlem	Štulpu	Sloupku
ALBO AL-Trend [13]	125 mm	136 mm	190 mm
VEKRA Alu Design Classic/Linear/Integral [11]	120 mm	130 mm	184 mm
VEKRA Alu Design Softline [11]	124 mm	138 mm	192 mm

Z výše uvedených rozměrů rámu konkrétních výrobců oken je patrné, že okna z pohledu šířek rámu nelze jednoznačně rozdělit, a proto budou při výpočtu zohledněny tři skupiny rozměrů rámu, středových štulpů a sloupků.

První skupinou jsou nejběžnější plastová okna, jejichž šíře rámu jsou z uvedených oken nejvyšší. Rozměry plastových oken budou 123/180/196 mm (pohledová šířka rámu s křídlem/štulpu/sloupku).

Druhou skupinou budou takřka srovnatelně rozšířená dřevěná okna, popřípadě okna dřevohliníková, s rozměry 133/138/192 mm.

Poslední skupinu tvoří hliníková okna, která nabývají rozměrů takřka srovnatelných s plastovými i dřevěnými okny a zároveň jsou i velmi subtilní. Pro výpočet bude uvažována velmi subtilní varianta, 85/122/154 mm.

5.2.3 DRUH SKLA

Jednu z vlastností skla lze také nazvat činitelem prostupu světla sklem τ_s (-), jehož hlavní náplní je zohledňovat světelné ztráty dle různého materiálu zasklení. Tento činitel je dán poměrem prošlého světelného toku přes osvětlovací otvor a dopadajícího světelného toku na rovinu zasklení. Dle normy ČSN 73 0580 – 1 [10] nabývá hodnota činitele prostupu světla čirým tabulkovým sklem tloušťky 3 – 4 mm až 0,92, pro izolační dvojsklo a trojsklo jsou pak hodnoty nižší.

Normové hodnoty činitele prostupu světla čirým tabulkovým sklem běžné tloušťky 4 mm s neovlivňujícím meziprostorem skel činí pro dvojsklo $\tau_{s,dvojsklo} = 0,84$ a pro trojsklo $\tau_{s,trojsklo} = 0,77$.

Činitel prostupu světla sklem udávaný výrobcí je nižší především proto, že moderní tepelně izolační skla mají nižší propustnost než normové hodnoty. V následující tabulce je sepsáno několik druhů:

Tabulka č. 05 – hodnoty činitele prostupu světla sklem konkrétních výrobců oken

Druh skla	Počet skel	Rozměry	Činitel prostupu světla sklem
Izolační sklo s dutinou vyplněnou Argonem 90% [15]	2	4–16–4 mm	0,78
Izolační sklo s dutinou vyplněnou Argonem 90% [15]	3	4–16–4–16–4 mm	0,70
Standartní sklo s dutinou vyplněnou vzduchem [17]	2	4–16–4 mm 5–14–5 mm	0,76 0,74
Izolační sklo [18]	2	4–16–4 mm	0,82; 0,83; 0,78
Izolační sklo [18]	3	4–16–4–16–4 mm	0,75; 0,67

Hodnoty uvažované ve výpočtu jsou brány dle výrobců oken, oproti normovým hodnotám jsou nižší. Činitel prostupu světla sklem pro dvojsklo bude pro výpočet brán $\tau_{s,dvojsklo} = 0,78$, pro trojsklo bude hodnota uvažována $\tau_{s,trojsklo} = 0,70$.

5.2.4 ZNEČIŠTĚNÍ OKNA

Hodnoty ztrát, způsobených znečištěním, uvádí norma ČSN 73 0580 – 1 [10], v závislosti na znečištění vzduchu polétavým prachem. Činitel znečištění pro vnitřní prostředí dosahuje běžné hodnoty $\tau_{zi} = 0,95; 0,85; 0,65$ (–), pro svislé zasklení při malém, středním a velkém znečištění vzduchu. Pro exteriérovou stranu zasklení pak hodnoty nabývají $\tau_{ze} = 0,95; 0,90; 0,85$ (–). Činitel znečištění τ_z je dán součinem znečištění exteriérové a interiérové hodnoty:

$$\tau_z = \tau_{zi} \times \tau_{ze} \quad (-). \quad (6)$$

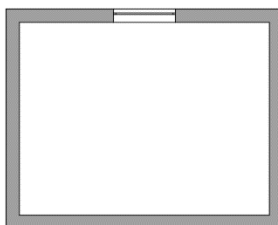
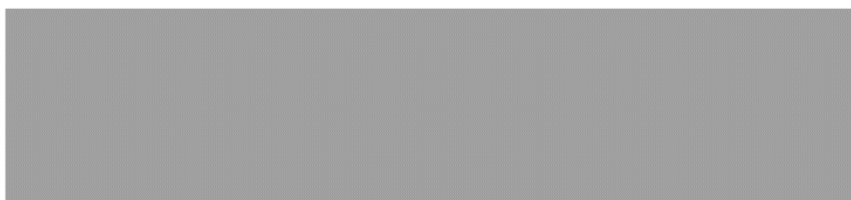
Pro výpočty práce jsou brány hodnoty malého znečištění okna pro interiér a středního pro exteriér, tedy $\tau_z = 0,855$.

5.3 STÍNÍCÍ PŘEKÁŽKY

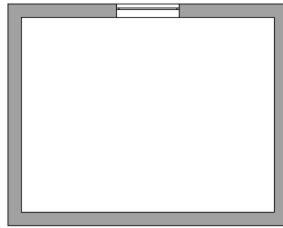
Množství světla, dopadající na okno, je ovlivněno stínícími překážkami, které zastiňují jak přímé sluneční paprsky, tak světlo rozptýlené v atmosféře.

5.3.1 GEOMETRIE

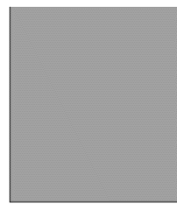
Charakter stínících překážek je vyobrazen na následujících obrázcích. Jedná se o situaci bez stínění, s rovnoběžnou překážkou konstantní výšky a s překážkou končící v ose okna. Poslední situací pro výpočty proslunění bude překážka před osvětlovacím otvorem, která zcela zastíní dráhu slunce a bude se tak měnit její půdorysná šířka.



Obrázek č. 11a – stínění místnosti – průběžná stínící překážka



Obrázek č. 11b – stínění místnosti – délkově omezená stínící překážka



Obrázek č. 11c – stínění místnosti – překážka uprostřed

5.3.2 ČINITEL ODRAZU STÍNÍCÍCH PŘEKÁŽEK

Stínící překážky způsobují, přestože stíní osvětlovací otvory, odrazy rozptýleného světla a tím se stávají zdroji světla. Jelikož nemohou nabývat stejného jasu jako obloha, je jejich jas snížen na jednu desetinu jasu oblohy $k_{\gamma} = 0,1$.

6 VÝPOČET

Výpočet proběhl ve výpočetním programu Světlo+ [19] a to jak pro určení doby proslunění, tak pro výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti.

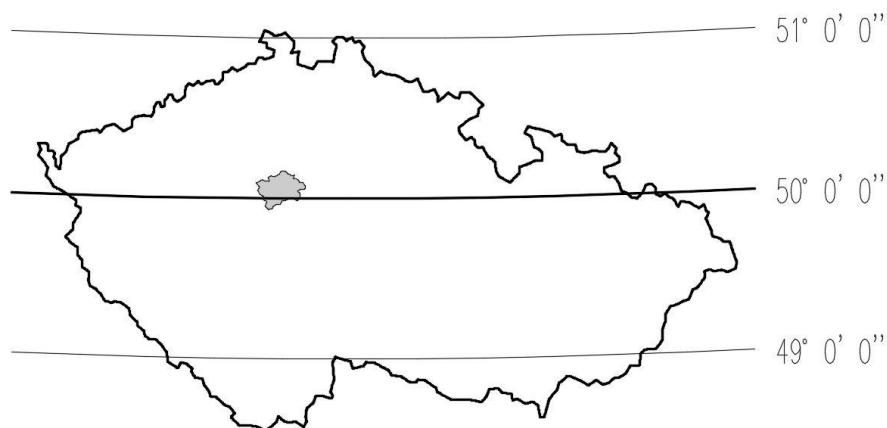
6.1 PROSLUNĚNÍ

Okrajové podmínky, týkající se výpočtu proslunění, závisí především na umístění kontrolního bodu orientace vůči světovým stranám, dále je také důležitá situace stínění. Jelikož se v této práci posuzuje místnost osvětlena pouze jedním osvětlovacím otvorem v ose místnosti, je poloha kontrolního bodu neměnná. Okrajové podmínky, ovlivňující dobu proslunění, jsou následující: orientace, stínící překážky a rozměry okna.

6.1.1 ORIENTACE

Výpočet proběhne pro různé světové strany – Z, JZ, J, JV a V. Poloha severu je upravena o meridiánovou konvergenci vypočtenou dle vztahu (1) $C = 7,8^\circ$, například pro hlavní město Prahu s uvažováním $14^\circ 25'$ východní zeměpisné délky. Pro určení doby proslunění se bere jednotná severní zeměpisná šířka pro Českou republiku 50° .

$$C = \frac{24^\circ 50' - 14^\circ 25'}{1,34} = 7,8^\circ.$$

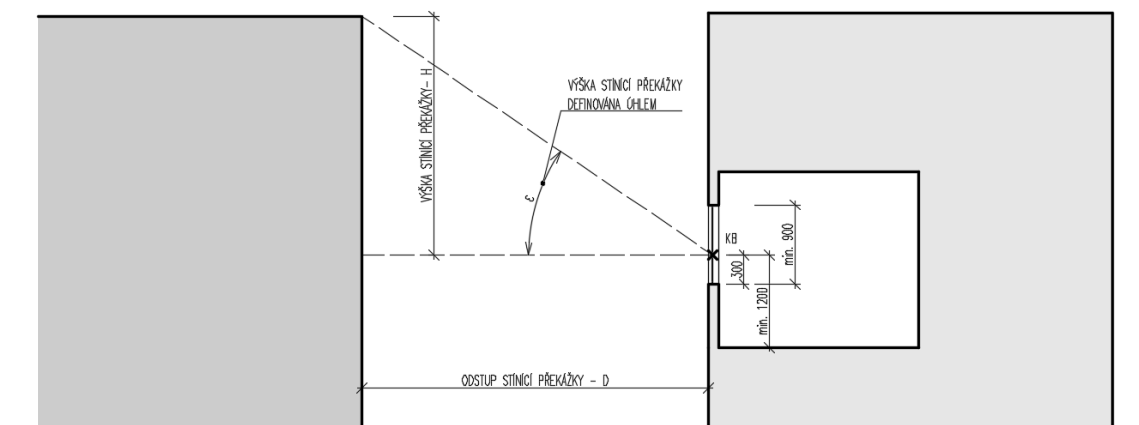


Obrázek č. 12 – poloha 50° zeměpisné šířky

6.1.2 STANOVENÍ VÝŠKY PŘEKÁŽEK

Jak bylo již popsáno v kapitole 5.3.1 *Geometrie*, bude výpočet probíhat pro různé situace zastínění: stínění průběžnou stínící překážkou, délkově omezenou (tato situace proběhne ve dvou variantách, první s umístěním délkově omezené stínící překážky vpravo a druhá s překážkou vlevo při pohledu z okna). Poslední variantou je stínící překážka uprostřed, která zcela zastíní sluneční svit a bude se měnit její půdorysná šířka vyjádřená ve stupních, podobně jako se určuje azimut při zjištění polohy slunce. Další proměnnou bude výška a odstup těchto překážek.

Pro potřeby práce bude tato proměnná zjednodušena a nahrazena výškou stínících překážek ve stupních, viz následující obrázek:

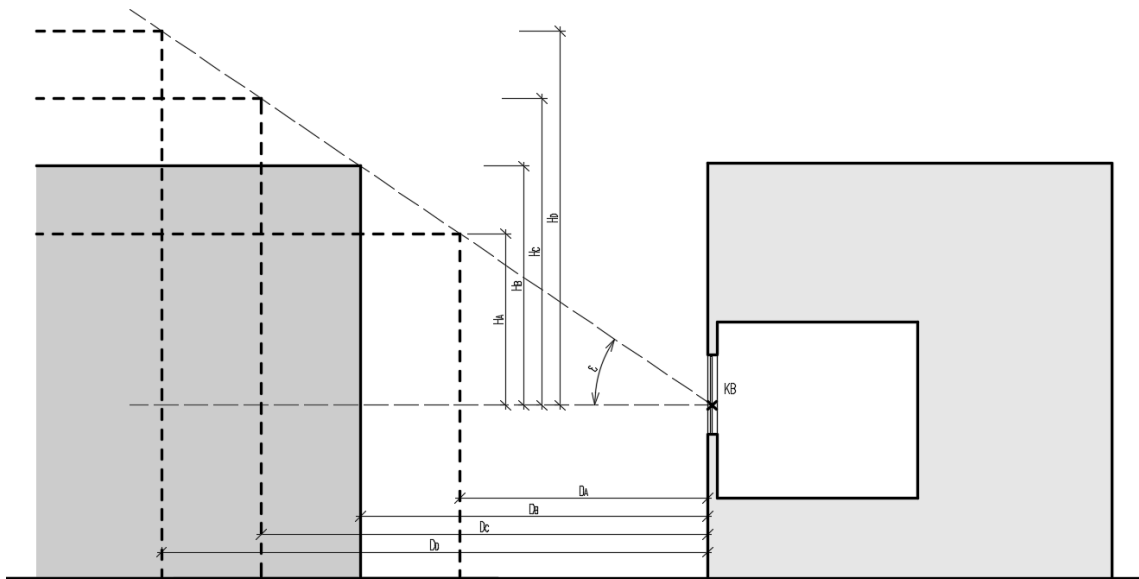


Obrázek č. 13 – výška stínících překážek

Díky tomuto zjednodušení lze nasimulovat více situací, jelikož pomocí jednoho výpočtu jich bude obsáhnuto více:

$$\varepsilon = \tan^{-1}\left(\frac{H}{D}\right) \text{ (}^\circ\text{)}, \quad (7)$$

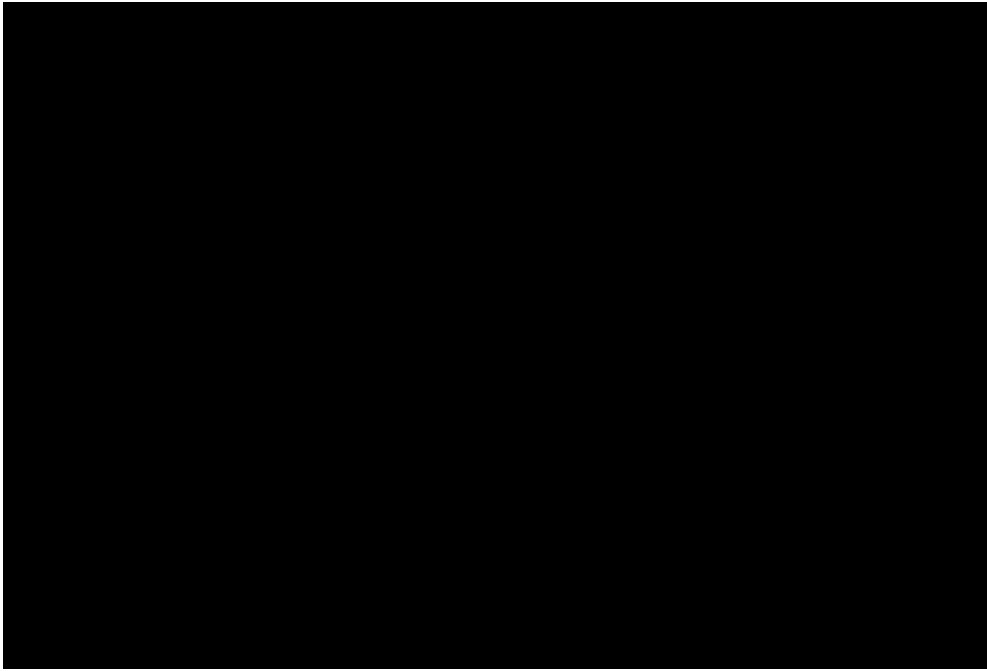
kde ε ($^\circ$) značí výšku stínících překážek, H (m) převýšení stínící překážky a kontrolního bodu a D (m) symbolizuje odstup stínící překážky.



Obrázek č. 14 – výška stínících překážek

Maximální hodnotu výšky stínících překážek lze určit dle Pravoúhlého slunečního diagramu pro 50° severní zeměpisné šířky z normy ČSN 73 0580 – 1 [10], která je využívána především pro vyhodnocení doby proslunění v kontrolním bodě.

Při výpočtu bude modelována stínící překážka v intervalu od 5° až po zastínění sluneční dráhy, což je v orientaci na jih 35° a pro ostatní orientace 50° .



Obrázek č. 15 – pravoúhlý sluneční diagram [10]

6.1.3 OKNO

Rozměry okna spolu s hloubkou zasklení ovlivňují množství dopadajícího světla do kontrolního bodu. Výška okna je neměnná a je rovna 1,5 m, jeho šířka se však mění s rozměrem místnosti a nabývá hodnot od 0,9 do 3 m.

Posuzovaný kontrolní bod se nachází na vnitřní straně zasklení, hloubka zasklení⁴ však ovlivňuje výsledek. Při posazení vnitřní roviny zasklení blízko interiéru může ostění na vnější straně stínit a tím snižovat dobu proslunění. V této práci se bude uvažovat s hloubkou zasklení 300 mm. Tento efekt se však vyruší při větším rozměru okna, kdy úhel, který svírá vnitřní strana zasklení a pomyslná spojnice mezi vnějším okrajem ostění okna a kontrolního bodu, bude nabývat nižších hodnot než je půdorysný neefektivní úhel, který byl popsán v kapitole 3.2 *Kritéria proslunění*. Z tohoto důvodu není třeba modelovat celou škálu oken od již zmiňovaného rozměru 0,9 metru až do rozměru maximálního.

⁴ Hloubka zasklení je vzdálenost od vnějšího líce stěny a vnitřní roviny zasklení.

6.2 DENNÍ OSVĚTLENÍ

Mezi okrajové podmínky, ovlivňující hodnotu činitele denní osvětlenosti, patří: rozměry a vlastnosti místnosti, okna a situace.

6.2.1 MÍSTNOST A OKNO

Rozměry místnosti s rozměry a poměrem čisté plochy zasklení pro všechny varianty jsou sepsány v následujících třech tabulkách. Každá tabulka obsahuje jednu velikost oken, vztahující se k půdorysným rozměrům místnosti, kde A (m) je rozměr štítové stěny, ve které je umístěno okno, B (m) je hloubka místnosti, $\tau_{k,i}$ (–) je poměr čisté plochy zasklení pro různé varianty tloušťek rámu k velikosti stavebního otvoru a $\tau_{s,i}$ (–) je činitel prostupu světla sklem.

První tabulka znázorňuje minimální okno, což je takové, které svými rozměry přesahuje minimální rozměr 0,9 m a svou plochou odpovídá nejméně jedné desetíně plochy místnosti. Další tabulka obsahuje okno střední, jenž je rozměrově uprostřed mezi minimálním a maximálním, které je sepsáno ve třetí tabulce. Maximální okno je takové, jehož šířka je srovnatelná s polovinou průčelní stěny místnosti.

Tabulka č. 06 – minimální okno – závislost rozměrů a parametrů okna

rozměry místnosti			okraj. podmínky		MINIMÁLNÍ OKNO													
rozměr A (m)	rozměr B (m)	plocha (m ²)	min. plocha okna (m ²)	max. šířka okna (m)	šířka (m)	výška (m)	plocha (m ²)	okno bez středového sloupku			okno se štulpem			okno se středovým sloupkem			zasklení	
								$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{s,dvojsklo}$ (-)	$\tau_{s,trojsklo}$ (-)
3	3	9	0,9	1,5	0,9	1,5	1,35	0,58	0,61	0,72	0,45	0,44	0,60	0,40	0,43	0,57	0,78	0,70
3	4	12	1,2	1,5	0,9	1,5	1,35	0,58	0,61	0,72	0,45	0,44	0,60	0,40	0,43	0,57	0,78	0,70
3	5	15	1,5	1,5	1,0	1,5	1,50	0,60	0,63	0,74	0,49	0,48	0,63	0,45	0,47	0,60	0,78	0,70
3	6	18	1,8	1,5	1,2	1,5	1,80	0,64	0,66	0,76	0,55	0,54	0,67	0,51	0,53	0,65	0,78	0,70
4	3	12	1,2	2,0	0,9	1,5	1,35	0,58	0,61	0,72	0,45	0,44	0,60	0,40	0,43	0,57	0,78	0,70
4	4	16	1,6	2,0	1,1	1,5	1,65	0,62	0,65	0,75	0,52	0,51	0,65	0,48	0,50	0,63	0,78	0,70
4	5	20	2,0	2,0	1,4	1,5	2,10	0,67	0,69	0,78	0,59	0,58	0,70	0,55	0,57	0,68	0,78	0,70
4	6	24	2,4	2,0	1,6	1,5	2,40	0,69	0,71	0,79	0,61	0,61	0,72	0,59	0,61	0,71	0,78	0,70
5	3	15	1,5	2,5	1,0	1,5	1,50	0,60	0,63	0,74	0,49	0,48	0,63	0,45	0,47	0,60	0,78	0,70
5	4	20	2,0	2,5	1,4	1,5	2,10	0,67	0,69	0,78	0,59	0,58	0,70	0,55	0,57	0,68	0,78	0,70
5	5	25	2,5	2,5	1,7	1,5	2,55	0,69	0,72	0,80	0,63	0,63	0,73	0,60	0,62	0,72	0,78	0,70
5	6	30	3,0	2,5	2,0	1,5	3,00	0,71	0,73	0,81	0,66	0,66	0,76	0,63	0,65	0,74	0,78	0,70
6	3	18	1,8	3,0	1,2	1,5	1,80	0,64	0,66	0,76	0,55	0,54	0,67	0,51	0,53	0,65	0,78	0,70
6	4	24	2,4	3,0	1,6	1,5	2,40	0,69	0,71	0,79	0,61	0,61	0,72	0,59	0,61	0,71	0,78	0,70
6	5	30	3,0	3,0	2,0	1,5	3,00	0,71	0,73	0,81	0,66	0,66	0,76	0,63	0,65	0,74	0,78	0,70
6	6	36	3,6	3,0	2,4	1,5	3,60	0,73	0,75	0,82	0,68	0,69	0,78	0,67	0,68	0,77	0,78	0,70

Tabulka č. 07 – střední okno – závislost rozměrů a parametrů okna

rozměry místnosti			okraj. podmínky		STŘEDNÍ OKNO													
rozměr A (m)	rozměr B (m)	plocha (m ²)	min. plocha okna (m ²)	max. šířka okna (m)	šířka (m)	výška (m)	plocha (m ²)	okno bez středového sloupku			okno se štulpem			okno se středovým sloupkem			zasklení	
								$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{s,dvojsklo}$ (-)	$\tau_{s,trojsklo}$ (-)
3	3	9	0,9	1,5	1,2	1,5	1,80	0,64	0,66	0,76	0,55	0,54	0,67	0,51	0,53	0,65	0,78	0,70
3	4	12	1,2	1,5	1,2	1,5	1,80	0,64	0,66	0,76	0,55	0,54	0,67	0,51	0,53	0,65	0,78	0,70
3	5	15	1,5	1,5	1,3	1,5	1,95	0,65	0,68	0,77	0,57	0,56	0,69	0,53	0,55	0,67	0,78	0,70
3	6	18	1,8	1,5	1,4	1,5	2,10	0,67	0,69	0,78	0,59	0,58	0,70	0,55	0,57	0,68	0,78	0,70
4	3	12	1,2	2,0	1,5	1,5	2,25	0,68	0,70	0,79	0,60	0,60	0,71	0,57	0,59	0,70	0,78	0,70
4	4	16	1,6	2,0	1,6	1,5	2,40	0,69	0,71	0,79	0,61	0,61	0,72	0,59	0,61	0,71	0,78	0,70
4	5	20	2,0	2,0	1,7	1,5	2,55	0,69	0,72	0,80	0,63	0,63	0,73	0,60	0,62	0,72	0,78	0,70
4	6	24	2,4	2,0	1,8	1,5	2,70	0,70	0,72	0,80	0,64	0,64	0,74	0,61	0,63	0,73	0,78	0,70
5	3	15	1,5	2,5	1,8	1,5	2,70	0,70	0,72	0,80	0,64	0,64	0,74	0,61	0,63	0,73	0,78	0,70
5	4	20	2,0	2,5	1,9	1,5	2,85	0,71	0,73	0,81	0,65	0,65	0,75	0,62	0,64	0,74	0,78	0,70
5	5	25	2,5	2,5	2,1	1,5	3,15	0,72	0,74	0,81	0,66	0,67	0,76	0,64	0,66	0,75	0,78	0,70
5	6	30	3,0	2,5	2,3	1,5	3,45	0,73	0,75	0,82	0,68	0,68	0,77	0,66	0,68	0,76	0,78	0,70
6	3	18	1,8	3,0	2,1	1,5	3,15	0,72	0,74	0,81	0,66	0,67	0,76	0,64	0,66	0,75	0,78	0,70
6	4	24	2,4	3,0	2,3	1,5	3,45	0,73	0,75	0,82	0,68	0,68	0,77	0,66	0,68	0,76	0,78	0,70
6	5	30	3,0	3,0	2,5	1,5	3,75	0,74	0,75	0,83	0,69	0,69	0,78	0,67	0,69	0,77	0,78	0,70
6	6	36	3,6	3,0	2,7	1,5	4,05	0,74	0,76	0,83	0,70	0,70	0,79	0,68	0,70	0,78	0,78	0,70

Tabulka č. 08 – maximální okno – závislost rozměrů a parametrů okna

rozměry místnosti			okraj. podmínky		MAXIMÁLNÍ OKNO													
rozměr A (m)	rozměr B (m)	plocha (m ²)	min. plocha okna (m ²)	max. šířka okna (m)	šířka (m)	výška (m)	plocha (m ²)	okno bez středového sloupku			okno se štulpem			okno se středovým sloupkem			zasklení	
								$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{k,1}$ (-)	$\tau_{k,2}$ (-)	$\tau_{k,3}$ (-)	$\tau_{s,dvojsklo}$ (-)	$\tau_{s,trojsklo}$ (-)
3	3	9	0,9	1,5	1,5	1,5	2,25	0,68	0,70	0,79	0,60	0,60	0,71	0,57	0,59	0,70	0,78	0,70
3	4	12	1,2	1,5	1,5	1,5	2,25	0,68	0,70	0,79	0,60	0,60	0,71	0,57	0,59	0,70	0,78	0,70
3	5	15	1,5	1,5	1,5	1,5	2,25	0,68	0,70	0,79	0,60	0,60	0,71	0,57	0,59	0,70	0,78	0,70
3	6	18	1,8	1,5	1,5	1,5	2,25	0,68	0,70	0,79	0,60	0,60	0,71	0,57	0,59	0,70	0,78	0,70
4	3	12	1,2	2,0	2,0	1,5	3,00	0,71	0,73	0,81	0,66	0,66	0,76	0,63	0,65	0,74	0,78	0,70
4	4	16	1,6	2,0	2,0	1,5	3,00	0,71	0,73	0,81	0,66	0,66	0,76	0,63	0,65	0,74	0,78	0,70
4	5	20	2,0	2,0	2,0	1,5	3,00	0,71	0,73	0,81	0,66	0,66	0,76	0,63	0,65	0,74	0,78	0,70
4	6	24	2,4	2,0	2,0	1,5	3,00	0,71	0,73	0,81	0,66	0,66	0,76	0,63	0,65	0,74	0,78	0,70
5	3	15	1,5	2,5	2,5	1,5	3,75	0,74	0,75	0,83	0,69	0,69	0,78	0,67	0,69	0,77	0,78	0,70
5	4	20	2,0	2,5	2,5	1,5	3,75	0,74	0,75	0,83	0,69	0,69	0,78	0,67	0,69	0,77	0,78	0,70
5	5	25	2,5	2,5	2,5	1,5	3,75	0,74	0,75	0,83	0,69	0,69	0,78	0,67	0,69	0,77	0,78	0,70
5	6	30	3,0	2,5	2,5	1,5	3,75	0,74	0,75	0,83	0,69	0,69	0,78	0,67	0,69	0,77	0,78	0,70
6	3	18	1,8	3,0	3,0	1,5	4,50	0,75	0,77	0,84	0,71	0,72	0,80	0,70	0,71	0,79	0,78	0,70
6	4	24	2,4	3,0	3,0	1,5	4,50	0,75	0,77	0,84	0,71	0,72	0,80	0,70	0,71	0,79	0,78	0,70
6	5	30	3,0	3,0	3,0	1,5	4,50	0,75	0,77	0,84	0,71	0,72	0,80	0,70	0,71	0,79	0,78	0,70
6	6	36	3,6	3,0	3,0	1,5	4,50	0,75	0,77	0,84	0,71	0,72	0,80	0,70	0,71	0,79	0,78	0,70

6.2.2 SITUACE STÍNÍCÍCH PŘEKÁŽEK

Pro účel denního osvětlení se stínící překážky uvažují následující: je to situace bez stínící překážky, průběžná překážka a délkově omezená stínící překážka. Výška těchto překážek je definována srovnatelně jako u proslunění, ovšem interval úhlů, reprezentující výšku a odstup stínících překážek, je pro snížení obrovského počtu výpočtů upraven a je následující:

Při výpočtu se bude modelovat stínící překážka $\varepsilon = 5^\circ, 15^\circ, 25^\circ$ a 35° , pro místnosti s hloubkou 3 a 4 metry, jelikož pro hlubší místnosti nemá výpočet smysl (v takto hlubokých místnostech je oblohová složka činitele denní osvětlenosti minimální, jelikož je takřka zastíněna stínící překážkou).

6.2.3 DALŠÍ PARAMETRY

Další parametry, ovlivňující výpočet, již byly popsány a jsou zde pouze informačně uvedeny. Je počítáno se zataženou zimní oblohou s gradovaným jasem 1:3.

Pro výpočet byly uvažovány následující parametry:

- průměrný činitel odrazu světla: 0,5,
- vnější znečištění okna: 0,90,
- vnitřní znečištění okna: 0,95,
- směrová propustnost: ano,
- výška srovnávací roviny 850 mm.

7 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Ve světelné technice se kromě výpočtů dají měřit i některé parametry, ovšem ne všechny – například proslunění by se dalo měřit pouze jeden den v roce a to za předpokladu, že po celý den bude nezatažená obloha, která by zakrývala dráhu slunce. Proto se proslunění neměří, ale pouze počítá. Druhým stěžejním pilířem světelné techniky je denní osvětlení, jenž se za určitých podmínek měřit dá a bude tedy popsáno v následujících kapitolách.

Jak již bylo v této práci uvedeno, činitel denní osvětlenosti je součet tří složek: oblohové složky, vnější odražené složky a vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti. Při výpočtech se stanovují tyto složky samostatně. Při měření se činitel denní osvětlenosti D (%) měří celkový, jako podíl osvětlenosti v posuzovaném bodě a současné horizontální exteriérové osvětlenosti na nezastíněné rovině, převedeno na procenta. Při výpočtech jednotlivých složek denního osvětlení lze také některé parametry změřit, jsou jimi například: činitel prostupu světla sklem τ_s (–), činitel znečištění τ_z (–), činitel jasu stínící překážky k_γ (–) respektive průměrný činitel jasu stínící překážky k_m (–) či činitel vnitřního odrazu světla ρ_m (–).

7.1 PŘÍSTROJE

Mezi přístroje, které se používají pro měření ve světelné technice, patří například luxmetry. Jedná se o přístroje, které měří intenzitu osvětlení E (lx) a jejich průměr čidla by neměl být větší než 30 mm. Dalším přístrojem je jasoměr, který slouží k měření jasu L (cd/m²). Poslední přístroj, který je využíván pro měření, je jasový analyzátor – zařízení, které pomocí softwaru umožňuje posouzení jasu v prostoru.

7.2 POSTUPY MĚŘENÍ

Měření lze rozdělit na tři základní typy, podle požadované přesnosti: prvním, nejpřesnějším typem, je měření přesné, druhým, méně přesným typem, je měření provozní, jež se používá pro ověřování návrhů prostorů. Posledním, nejméně přesným typem, je orientační měření. Tyto typy jsou dány nejistotou měření, což je interval, v němž se s vysokou pravděpodobností vyskytuje správná hodnota. Nejistotu měření je

nutno uvádět u každého měření, jelikož jedna hodnota z jednoho měření nemá vypovídající hodnotu a nelze ji použít. [08]

Měření může probíhat pod skutečnou nebo umělou oblohou a lze jej provádět ve skutečném prostoru či na modelu.

Postupy měření jsou popsány v normách ČSN 36 0011 – 1 [20] a ČSN 36 0011 – 2 [21], zde budou uvedeny postupy měření parametrů, které byly měřeny pro účel této práce.

7.2.1 ČINITEL ODRAZU SVĚTLA

Není-li známa hodnota činitele odrazu světla od výrobce, lze ji určit dle tabulek či katalogů. Další variantou je měření, kdy může být použito několik metod, popsaných v normě ČSN 36 0011 – 1 [20]. V našem případě byly povrchy, použité na výrobu kontrolního modelu, určeny za pomoci luxmetru a jasoměru, kdy se současně měřily hodnoty jasu L (cd/m^2) povrchu a osvětlenosti E (lx). Následně, dle vztahu popsaného níže, byl určen činitel odrazu světla ρ (–):

$$\rho = \pi \times \frac{L}{E}. \quad (8)$$

7.2.2 ČINITEL PROSTUPU SVĚTLA [20]

Také tato hodnota může být známá od výrobce, lze ji určit dle tabulek, ale také měřením. Pro potřeby této diplomové práce byla použita metoda měření pomocí jasoměru, kdy se měří jas pozadí skrze měřený materiál v kolmém směru k povrchu materiálu L_s (cd/m^2) a bezprostředně poté je měřeno stejné pozadí, ovšem již bez zkoumaného materiálu L_o (cd/m^2). Následný činitel prostupu světla se určí ze vztahu:

$$\tau_s = \frac{L_s}{L_o} \quad (-). \quad (9)$$

7.2.3 ČINITEL JASU STÍNÍCÍ PŘEKÁŽKY

Tato hodnota je při výpočtech nejčastěji uvažována jako desetina jasu oblohy, lze jí ovšem také změřit – je vyjádřena jako podíl jasu stínící překážky L_s (cd/m^2) a jasu oblohy, který je zakrytý stínící překážkou L_o (cd/m^2), měřeno pomocí jasoměru.

$$k_\gamma = \frac{L_s}{L_o} \quad (-) \quad (10)$$

Jelikož v reálných podmínkách není možné změřit jas zakrytý stínící překážkou, je tato hodnota nahrazena průměrným jasnem oblohy L_m (cd/m^2). Z toho vyplývá, že je činitel jasu stínící překážky nahrazen dle následujícího vztahu: činitel jasu stínící překážky se rovná průměrnému činiteli jasu stínící překážky, poděleném činitelem gradovaného jasu q (-):

$$k_m = \frac{L_s}{L_m} \quad (-) \quad (11)$$

$$k_\gamma = \frac{k_m}{q} \quad (-) \quad (12)$$

7.3 KRITÉRIA

Nejdůležitějším kritériem při měření denního osvětlení je rovnoměrně zatažená obloha. Parametry a ověření její správnosti udává norma ČSN 36 0011 – 1 [20].

Dalším kritériem je úroveň osvětlenosti – doporučená hodnota osvětlenosti na venkovní nezastíněné rovině je pro posuzování úrovně osvětlenosti 5000 lx a pro posuzování kvality osvětlení, jako je například rovnoměrnost denního osvětlení, je doporučená hodnota osvětlenosti na venkovní nezastíněné rovině 20000 lx.

7.4 POŽADAVKY

Požadavky na vyhodnocení výsledků měření denního osvětlení jsou srovnatelné s požadavky kladené na výpočetní stavy a byly již popsány v kapitole: 4.4 *Normové požadavky*.

8 MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ NA MODELU

Výpočet proběhl pro šestnáct rozměrů místnosti při třech velikostech. Měření na modelu však bude uskutečněno na modelu dvou místností s jednou velikostí okna. Pro názornou ukázkou jsou dvě místnosti dostačující.

8.1 OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Rozměry místností které byly měřeny jsou 4 m šířka průčelní stěny a hloubka místnosti 3 m a 4 m.

Povrchy místnosti mají činitel odrazu světla ρ (-) zjištěný měřením pro strop 0,76, pro stěny 0,45, pro podlahy 0,08 a pro okno s naměřenou hodnotou 0,26. Z těchto hodnot a rozměrů místností vychází průměrná hodnota činitele odrazu světla $\rho_m = 0,43$ dle vztahu (4):

$$\rho_{m,4 \times 3} = \frac{12 \times 0,76 + 33,4 \times 0,45 + 12 \times 0,08 + 3 \times 0,26}{12 + 33,4 + 12 + 3} = 0,43$$

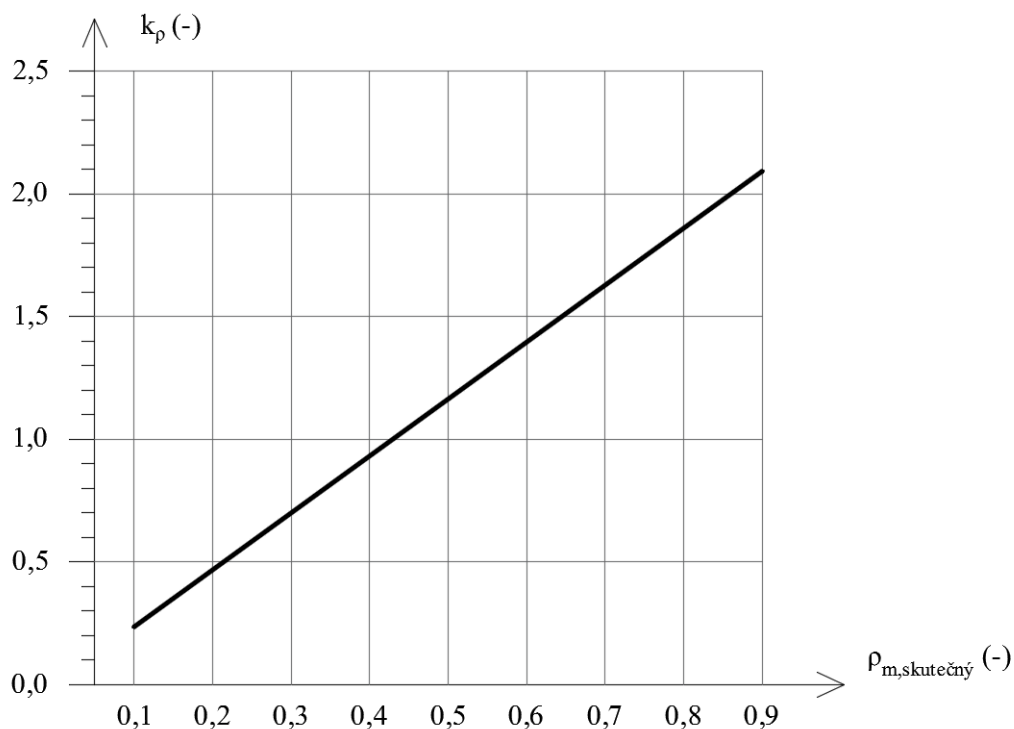
$$\rho_{m,4 \times 4} = \frac{16 \times 0,76 + 38,6 \times 0,45 + 16 \times 0,08 + 3 \times 0,26}{16 + 38,6 + 16 + 3} = 0,43$$

Hodnota uvažovaná pro výpočet je však rozdílná, proto lze upravit naměřenou hodnotu opravným součinitelem k_ρ (-), pro který je určen následující vztah ke skutečným průměrným činitelům odrazu světla $\rho_{m,skutečný}$ (-):

$$\rho_{m,skutečný} = \rho_m \times k_\rho, \quad (13a)$$

$$\rho_{m,skutečný} = 0,43 \times k_\rho. \quad (13b)$$

Hodnoty opravného součinitele k_ρ (-) jsou uvedena v následujícím grafu na vertikální stupnici a jsou určovány v závislosti na skutečném průměrném činiteli odrazu světla $\rho_{m,skutečný}$ (-) na horizontální stupnici.

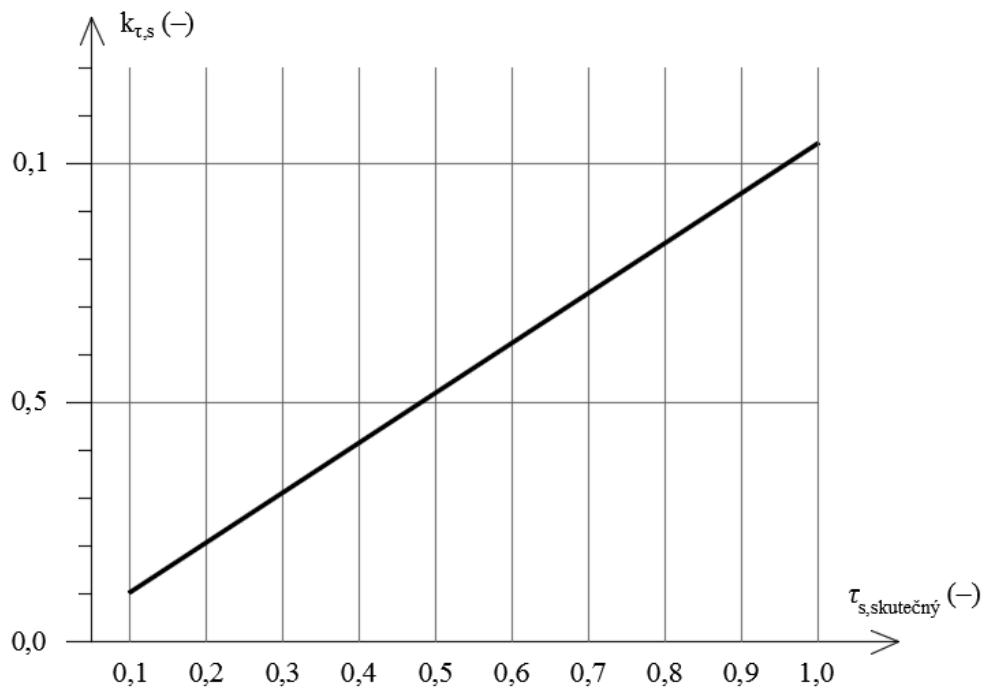


Graf č. 01 – závislost hodnot opravného součinitele k_ρ (-)

Okno představuje rozměry okna maximálního pro rozměr průčelní stěny 4 m, což je šířka okna 2 m a výška 1,5 m. Měřením byl posouzen činitel prostupu světla $\tau_s = 0,96$. Hodnoty uvažované ve výpočtu jsou rozdílné pro dvojsklo a trojsklo, naměřený činitel prostupu světla však lze upravit o opravný součinitel $k_{\tau,s} (-)$, který napraví naměřenou hodnotu na hodnoty skutečné:

$$\tau_{s,skutečný} = \tau_s \times k_{\tau,s} (-). \quad (14a)$$

$$\tau_{s,skutečný} = 0,96 \times k_{\tau,s} (-). \quad (14b)$$



Graf č. 02 – závislost hodnot opravného součinitele $k_{\tau,s} (-)$

Okno nebylo oproti výpočtovým stavům členěno a zanedbal se i vliv rámu. Také znečištění okna neodpovídalo výpočtovému stavu, při měření bylo znečištění obou povrchů okna malé. Členění okna rámem se dá upravit taktéž opravným součinitelem $k_{\tau,k}$ (-), který toto členění zohlední. Jeho hodnota je však rovna členění skutečnému, jelikož poměr čisté plochy zasklení τ_k (-) modelové místnosti je roven jedné. Znečištění je nutné taktéž upravit opravným součinitelem $k_{\tau,z}$ (-), který zohlední rozdílné znečištění okna a platí pro něj následující vztah:

$$\tau_{k,skutečný} = 1,0 \times k_{\tau,k} (-), \quad (15)$$

$$\tau_{z,skutečný} = 0,9025 \times k_{\tau,z} (-). \quad (16)$$

Stínící překážka má během měření charakter průběžné stínící překážky s konstantní výškou, ovšem měření proběhlo v několika variantách srovnatelných s výpočtem - jedná se o variantu bez stínění a se stíněním překážkou o výšce $\varepsilon = 5^\circ$, 15° , 25° a 35° . Průměrný činitel jasu stínící překážky byl změřen a jeho hodnota je 0,37. Tato hodnota byla dále upravena součinitelem $k_{k,\gamma}$ (-), který zohlednil rozdíl proti výpočtové hodnotě $k_\gamma = 0,1$:

$$k_{\gamma,skutečný} = 0,37 \times k_{k,\gamma} (-). \quad (17)$$

8.2 DENNÍ OSVĚTLENÍ

Úroveň činitele denní osvětlenosti D (%) byla měřena dle vztahu (2). Měření probíhalo za pomoci dvou jasoměrů, kterými se současně měřila osvětlenost v posuzovaném bodě uvnitř místnosti E (lx) a exteriérová osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině E_h (lx). Na následujících snímcích je zdokumentováno měření:



Obrázek č. 16 – model místnosti bez stínící překážky



Obrázek č. 17 – model místnosti se stínící překážkou ($\varepsilon = 15^\circ$)



Obrázek č. 18 – pohled na čidlo jasoměru umístěné v místnosti bez vnějšího stínění



Obrázek č. 19 – pohled na čidlo jasoměru umístěné v místnosti s vnějším stíněním ($\varepsilon = 15^\circ$)

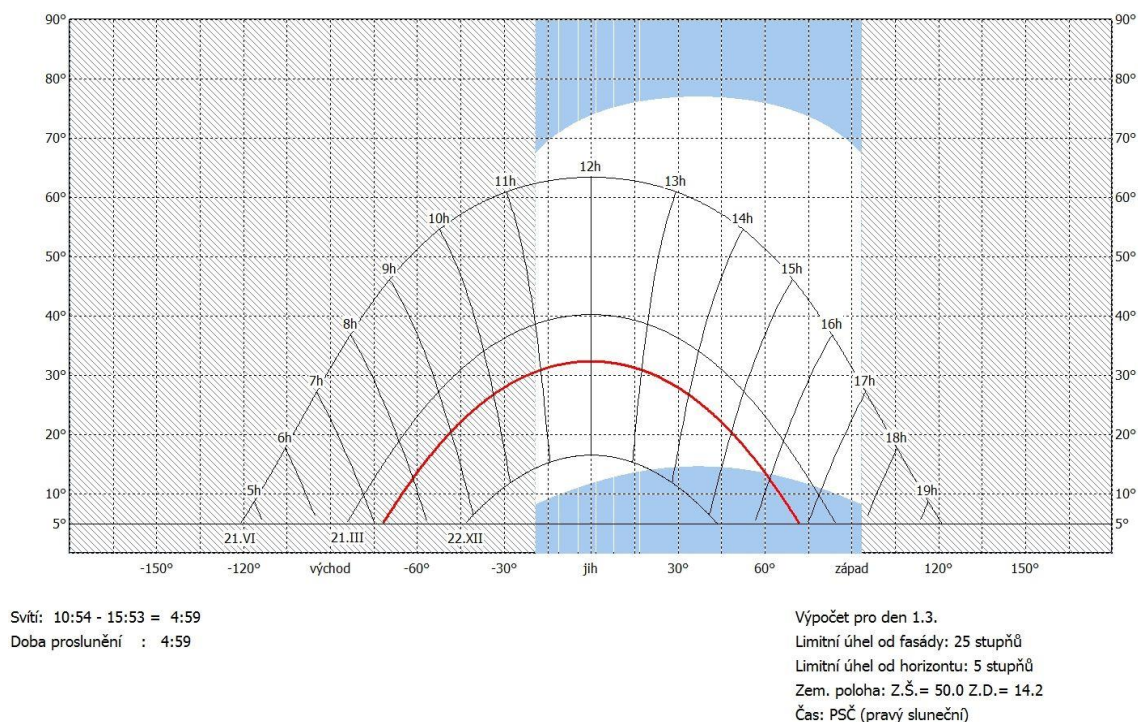
9 VÝSTUPY

Jelikož proběhly výpočty pro velké množství situací, budou zde, v textové části této práce, uvedeny pouze informativně na typové místnosti. Ostatní výstupy jsou umístěny v digitální podobě v přílohách této diplomové práce.

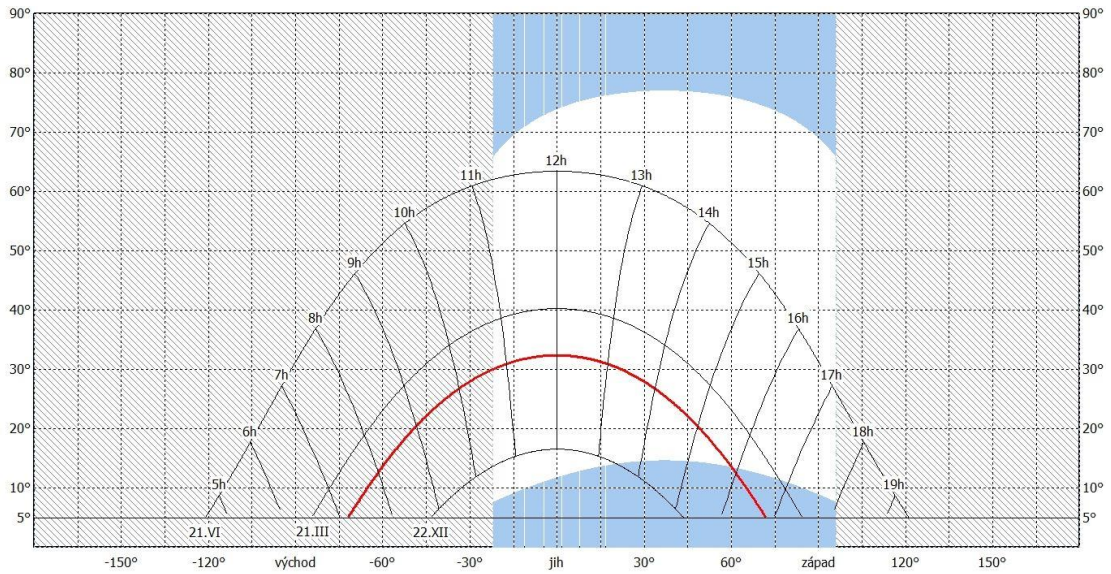
9.1 PROSLUNĚNÍ

Celkový počet výpočtů, provedených pro stanovení výsledných grafů v závěru této práce, je přibližně 740, proto jsou zde uvedeny pouze výstupy potřebné pro stanovení jednoho parametru. Ostatní výstupy se nachází v digitální podobě, v *Příloze 1 – proslunění – výstupy z výpočetního programu*.

Tyto výstupy charakterizují místnost stíněnou průběžnou stínící překážkou s orientací na jihovýchod, s výškou stínící překážky $\varepsilon = 15^\circ$ a jsou zachyceny pro různé šířky okna, které ovlivňují dobu proslunění, jak již bylo popsáno v kapitole 6.1.3 *Okna*.



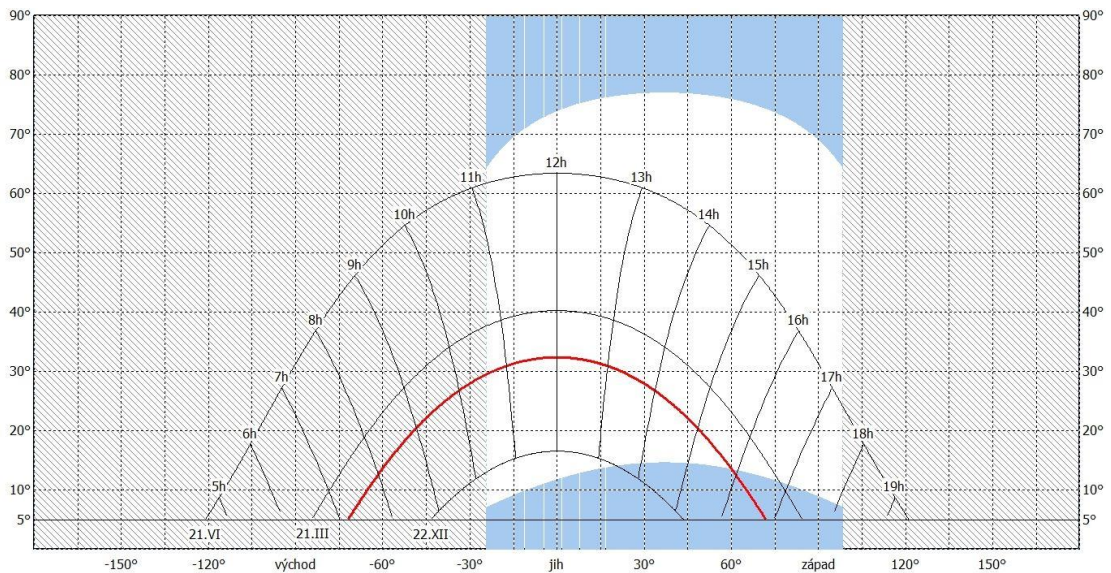
Obrázek č. 20 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává dobu proslunění pro místnost s oknem šířky 900 mm.



Svíť: 10:44 - 15:53 = 5:09
Doba proslunění : 5:09

Výpočet pro den 1.3.
Limitní úhel od fasády: 25 stupňů
Limitní úhel od horizontu: 5 stupňů
Zem. poloha: Z.Š.= 50.0 Z.D.= 14.2
Čas: PSČ (pravý sluneční)

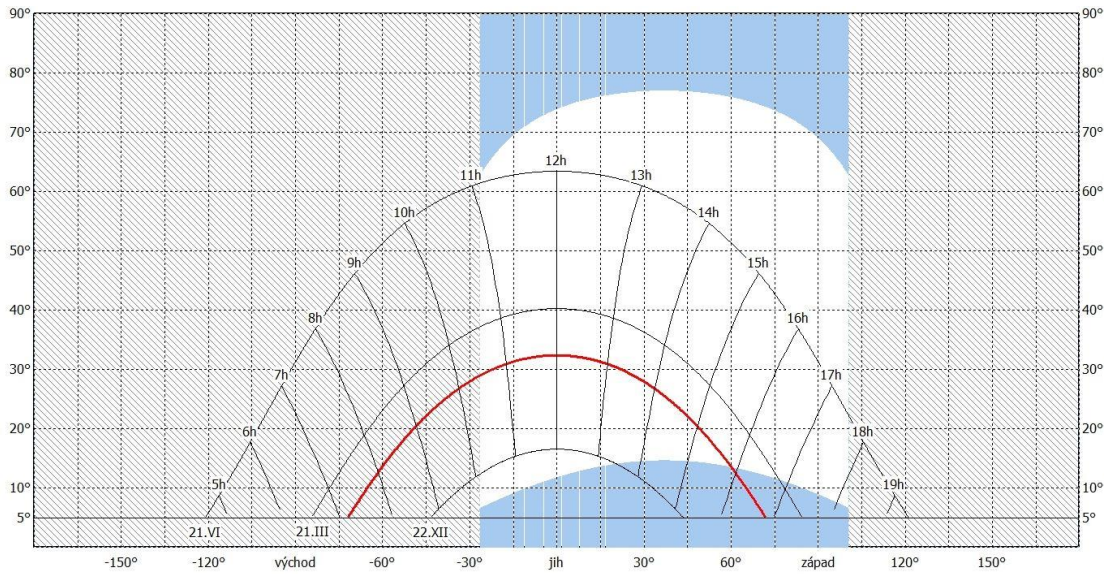
Obrázek č. 21 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává dobu proslunění pro místnost s oknem šířky 1000 mm.



Svíť: 10:35 - 15:53 = 5:18
Doba proslunění : 5:18

Výpočet pro den 1.3.
Limitní úhel od fasády: 25 stupňů
Limitní úhel od horizontu: 5 stupňů
Zem. poloha: Z.Š.= 50.0 Z.D.= 14.2
Čas: PSČ (pravý sluneční)

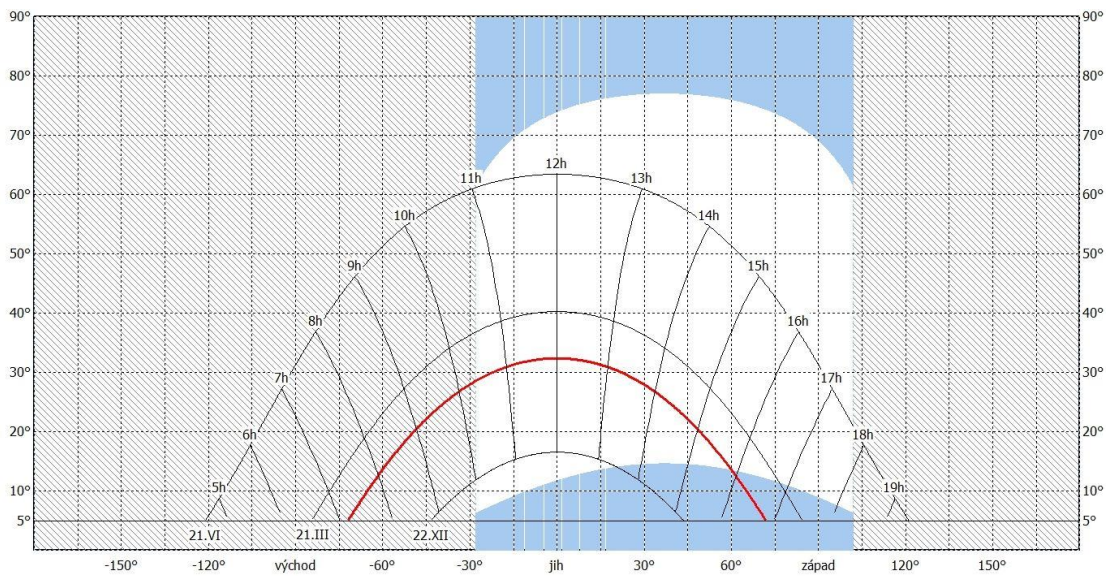
Obrázek č. 22 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává dobu proslunění pro místnost s oknem šířky 1100 mm.



Svítlí: 10:28 - 15:53 = 5:25
Doba proslunění : 5:25

Výpočet pro den 1.3.
Limitní úhel od fasády: 25 stupňů
Limitní úhel od horizontu: 5 stupňů
Zem. poloha: Z.Š.= 50.0 Z.D.= 14.2
Čas: PSČ (pravý sluneční)

Obrázek č. 23 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává dobu proslunění pro místnost s oknem šířky 1200 mm.

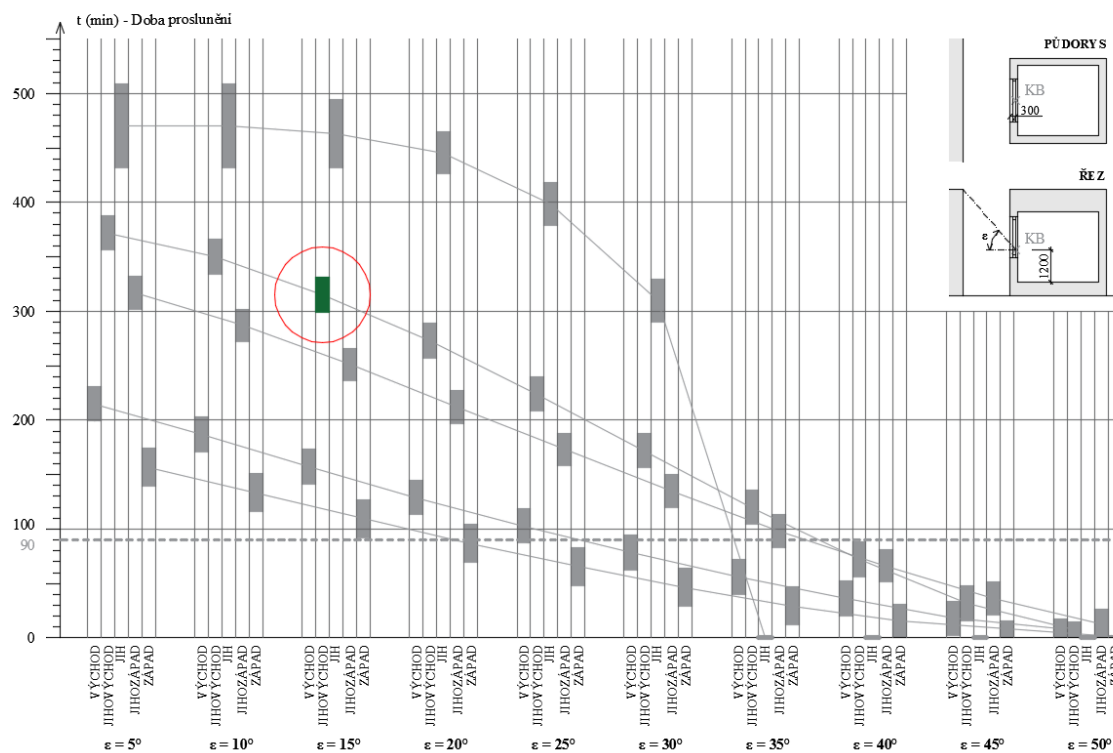


Svítlí: 10:22 - 15:53 = 5:31
Doba proslunění : 5:31

Výpočet pro den 1.3.
Limitní úhel od fasády: 25 stupňů
Limitní úhel od horizontu: 5 stupňů
Zem. poloha: Z.Š.= 50.0 Z.D.= 14.2
Čas: PSČ (pravý sluneční)

Obrázek č. 24 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává dobu proslunění pro místnost s oknem šířky 1300 mm a vyšší.

Za pomoci těchto výpočtů lze stanovit následující část jednoho ze čtyř závěrečných grafů, které budou popsány v závěru práce v kapitole 10 *Výsledky práce*:



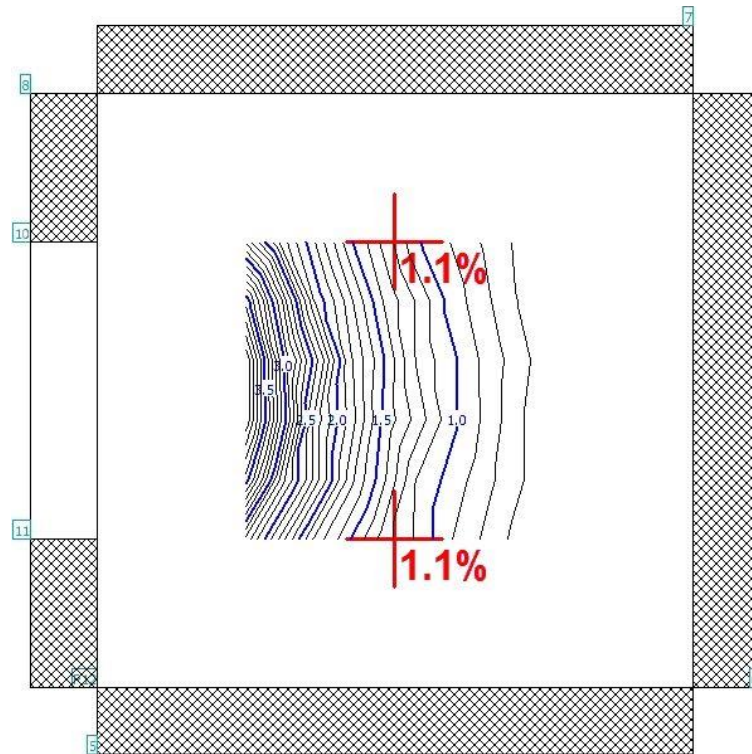
Obrázek č. 25 – vyznačení stanovené části

9.2 DENNÍ OSVĚTLENÍ

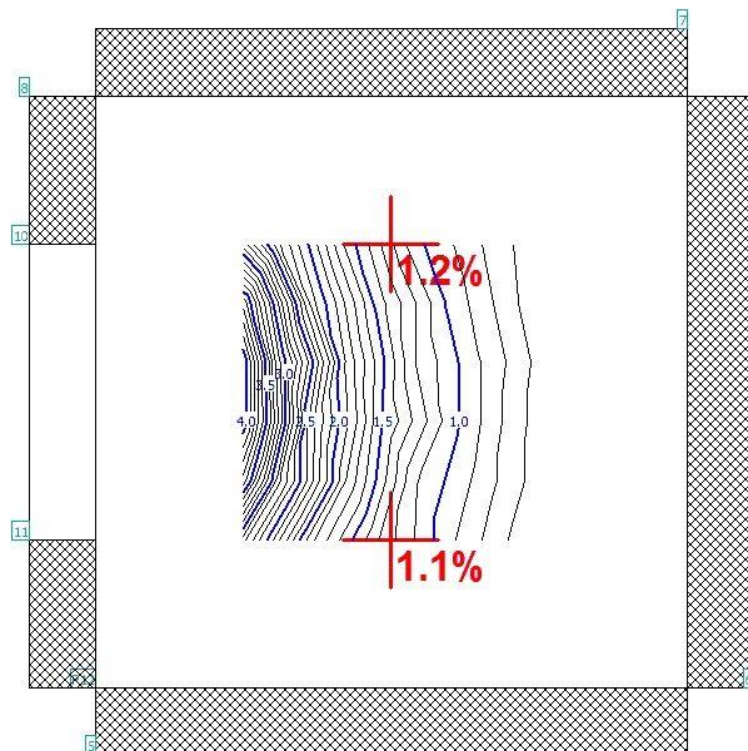
9.2.1 VÝPOČET

Celkový počet variant výpočtů denního osvětlení byl přibližně 7776, a proto by nebylo možné uvést v této diplomové práci všechny tyto výstupy. Budou zde tedy uvedeny pouze ty, které byly potřebné pro stanovení jednoho výstupu, který je zanesen v závěrečných grafech této práce. Ostatní výstupy jsou zaznamenány v digitální podobě v *Příloze 2 – denní osvětlení – průběžná stínící překážka – výstupy z výpočetního programu* a v *Příloze 3 – denní osvětlení – délkově omezená stínící překážka – výstupy z výpočetního programu*.

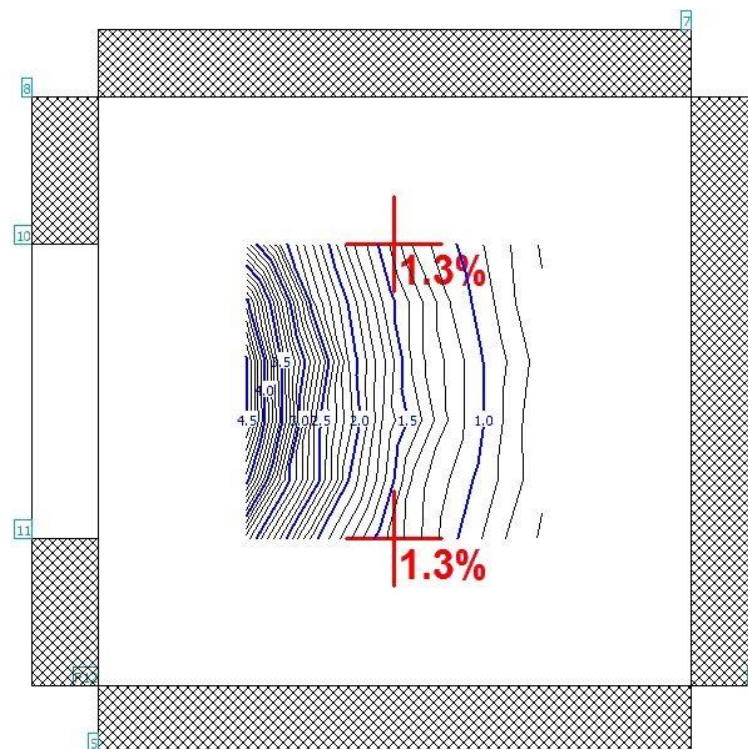
Tyto výstupy charakterizují místnost o rozměrech 4×4 m s maximálním rozměrem okna ($2 \times 1,5$ m), stíněnou průběžnou stínící překážkou s výškou $\varepsilon = 15^\circ$. Jsou vytvořeny pro okna různá (ve smyslu zasklení, členění okna i materiálu rámu), která ovlivňují množství světla, dopadajícího do kontrolních bodů.



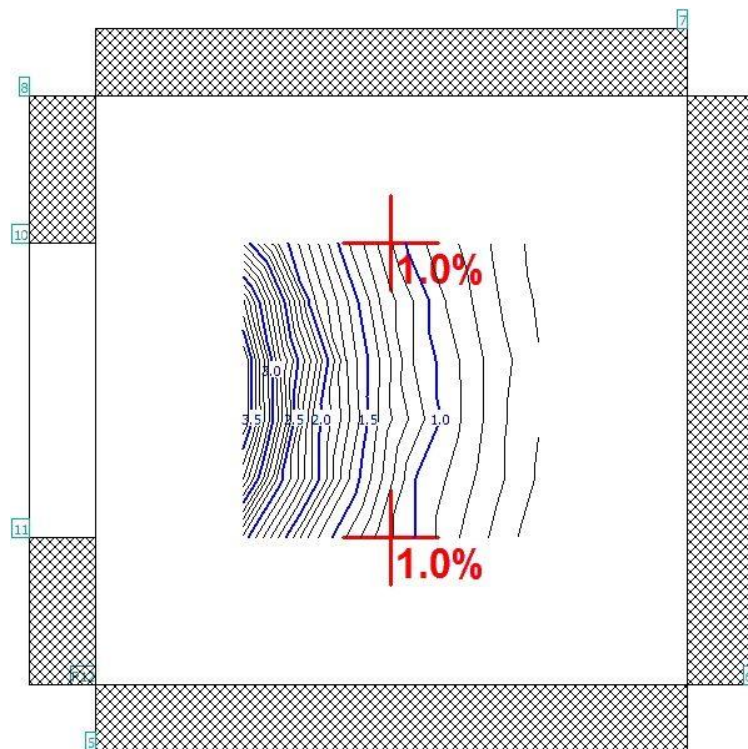
Obrázek č. 26 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s dvojsklem $\tau_{s,dvojsklo}$, bez středového sloupku $\tau_{k,1}$.



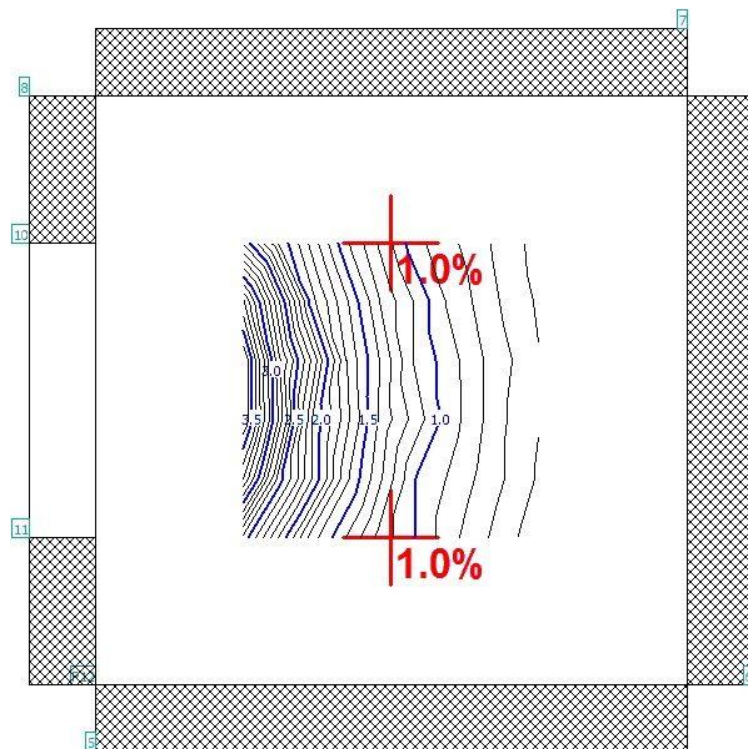
Obrázek č. 27 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlosti pro okno s dvojsklem $\tau_{s,dvojsklo}$, bez středového sloupku $\tau_{k,2}$.



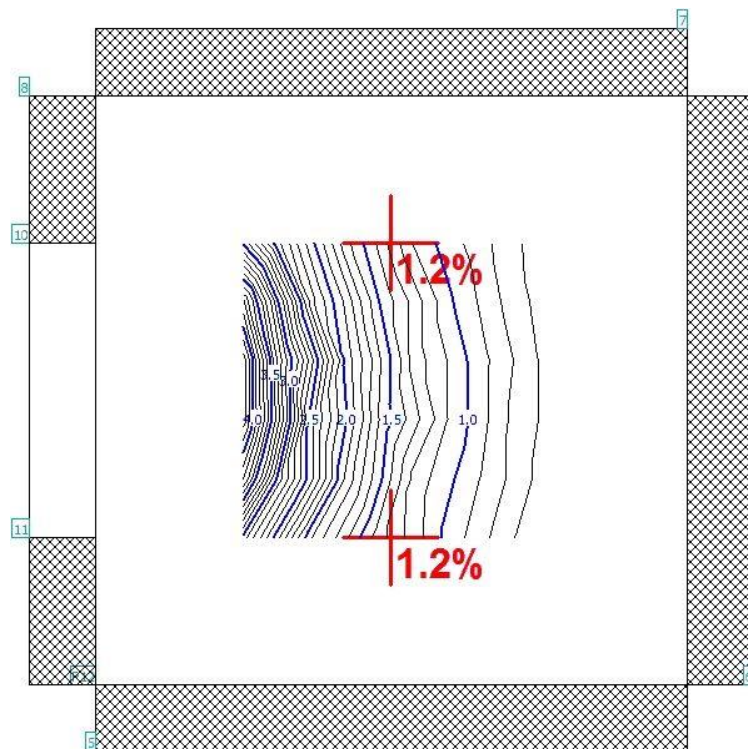
Obrázek č. 28 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlosti pro okno s dvojsklem $\tau_{s,dvojsklo}$, bez středového sloupku $\tau_{k,3}$.



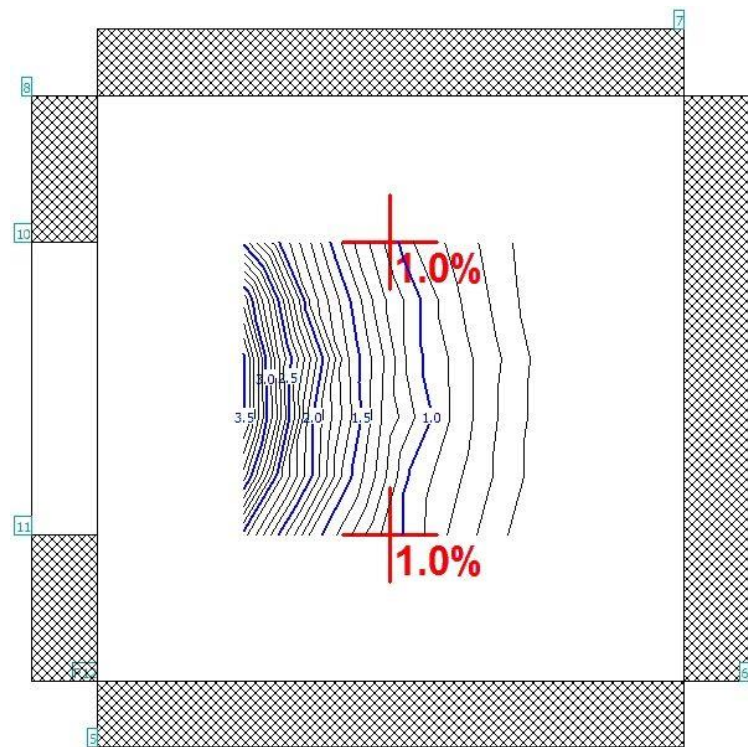
Obrázek č. 29 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s dvojsklem $\tau_{s,dvojsklo}$, se středovým štulpem $\tau_{k,1}$.



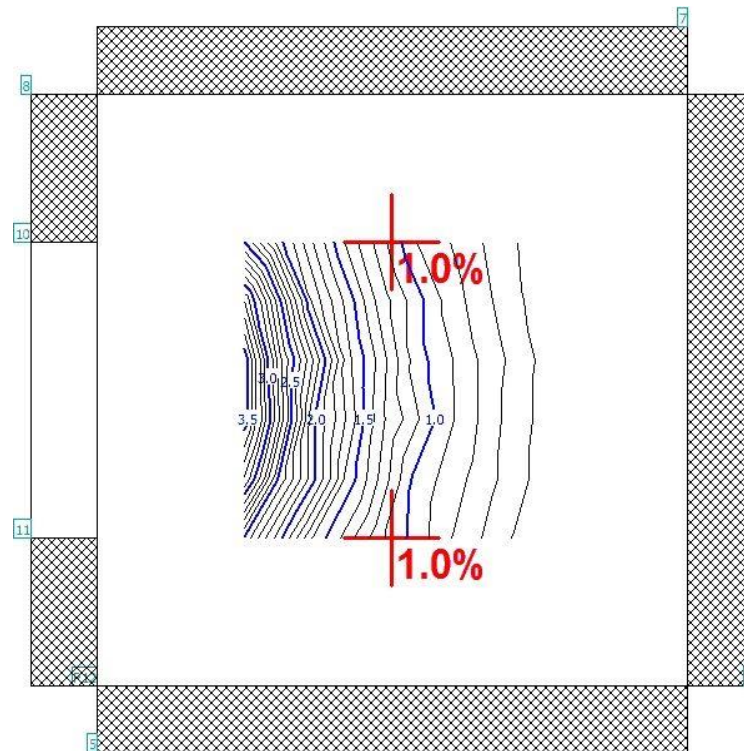
Obrázek č. 30 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s dvojsklem $\tau_{s,dvojsklo}$, se středovým štulpem $\tau_{k,2}$.



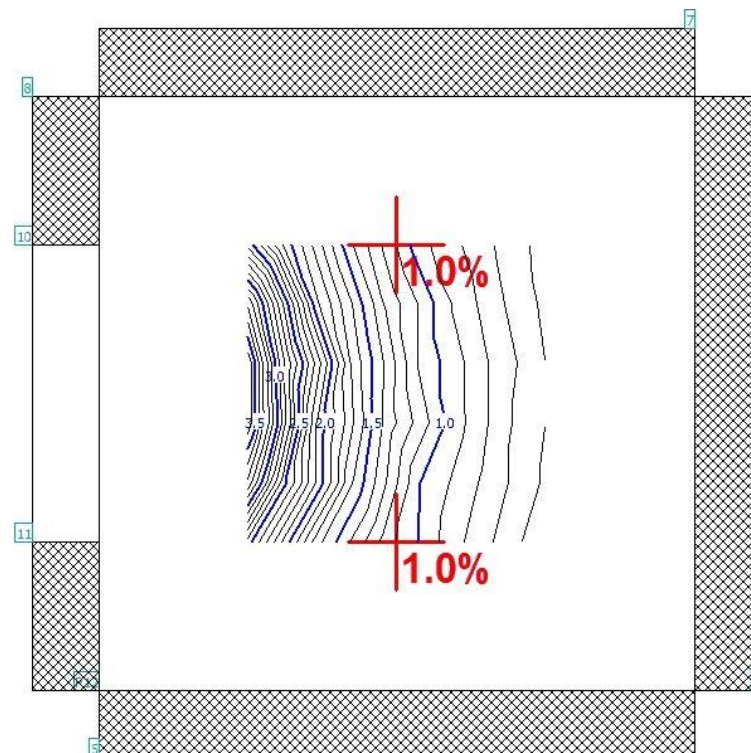
Obrázek č. 31 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlosti pro okno s dvojsklem $\tau_{s,dvojsklo}$, se středovým štulpem $\tau_{k,3}$.



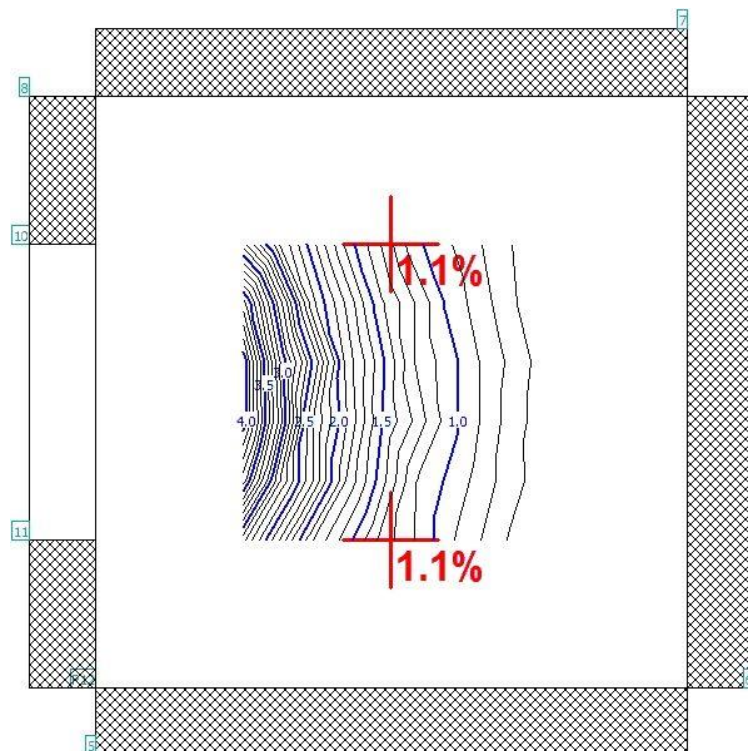
Obrázek č. 32 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlosti pro okno s dvojsklem $\tau_{s,dvojsklo}$, se středovým sloupkem $\tau_{k,1}$.



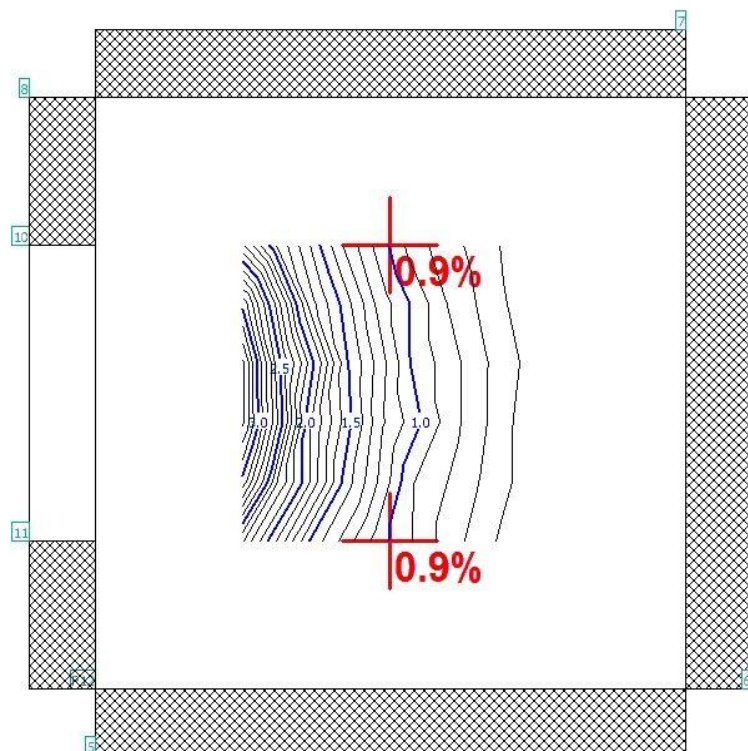
Obrázek č. 35 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojisko}$, bez středového sloupku $\tau_{k,1}$.



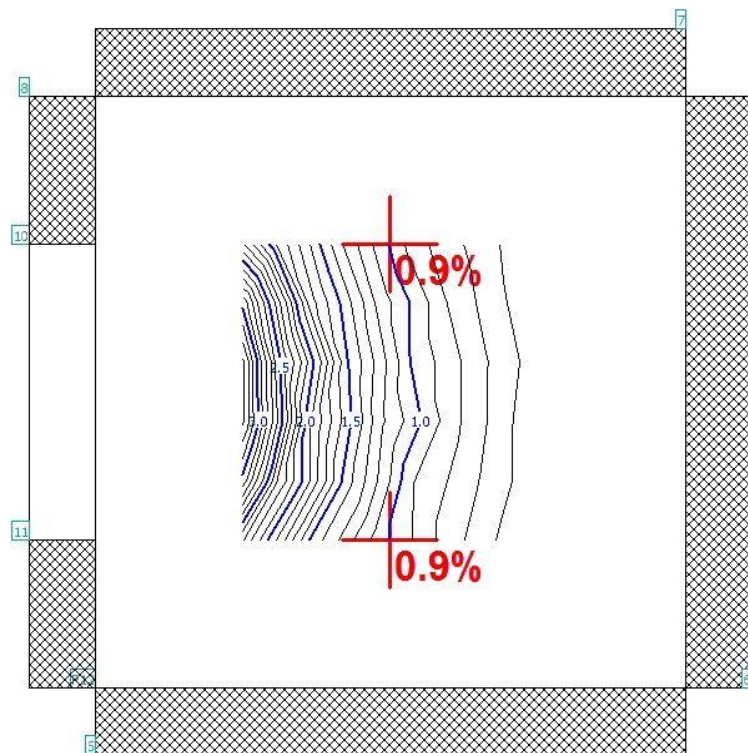
Obrázek č. 36 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojisko}$, bez středového sloupku $\tau_{k,2}$.



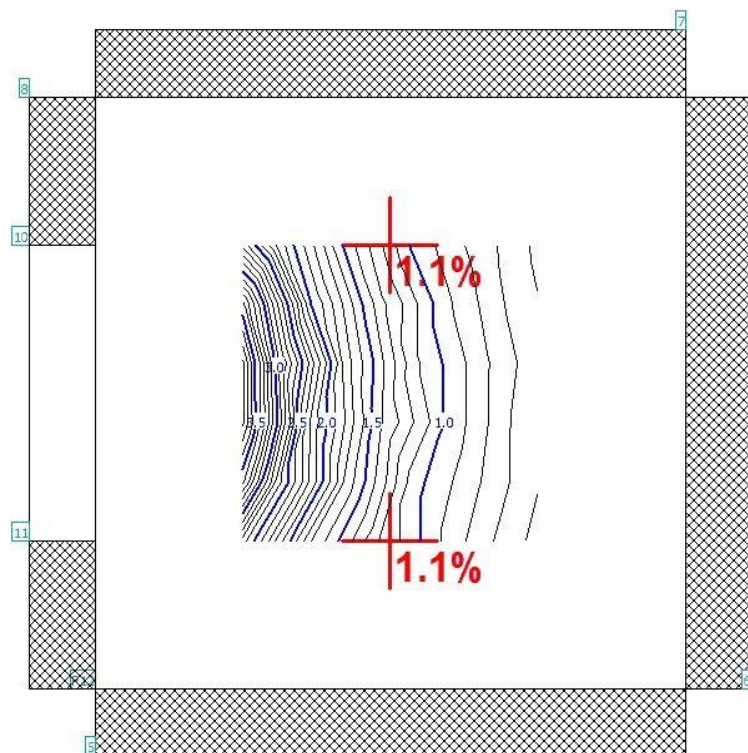
Obrázek č. 37 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojisko}$, bez středového sloupku $\tau_{k,3}$.



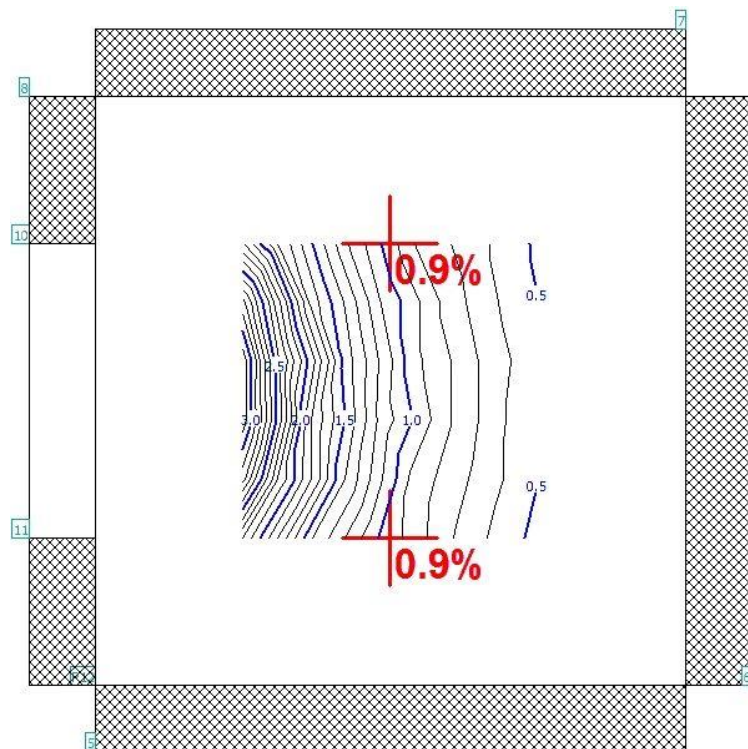
Obrázek č. 38 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojisko}$, se středovým štlupem $\tau_{k,1}$.



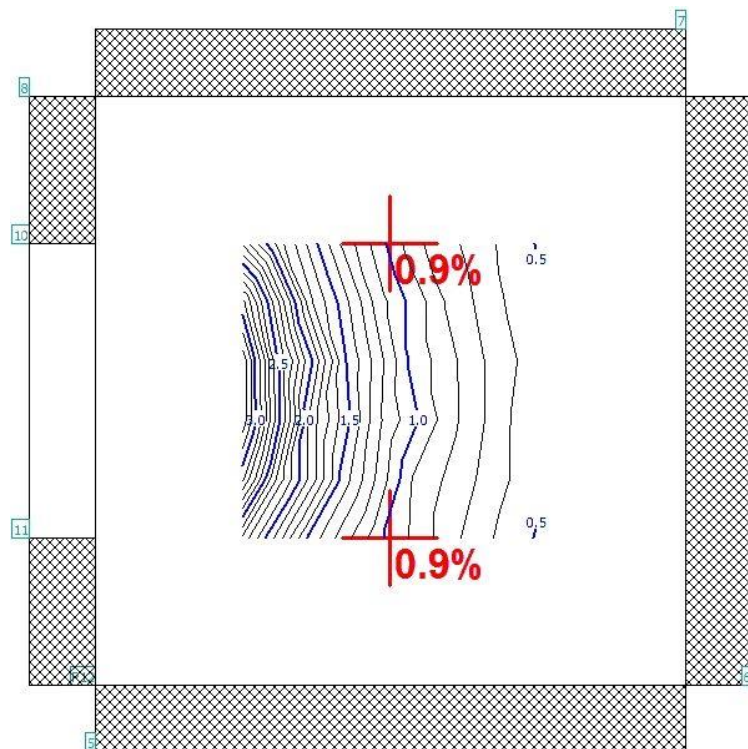
Obrázek č. 39 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojsklo}$, se středovým štulpem $\tau_{k,2}$.



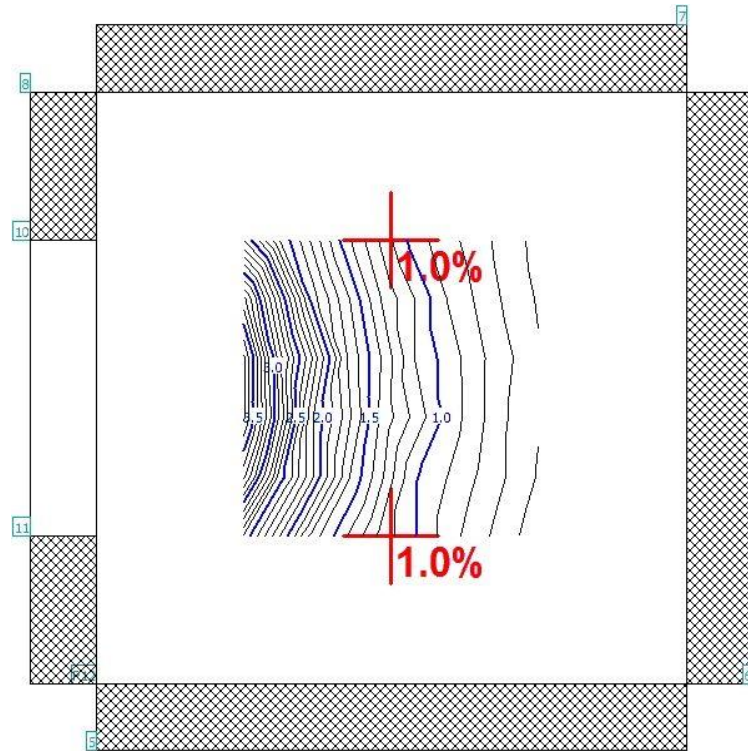
Obrázek č. 40 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlenosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojsklo}$, se středovým štulpem $\tau_{k,3}$.



Obrázek č. 41 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojsklo}$, se středovým sloupkem $\tau_{k,1}$.

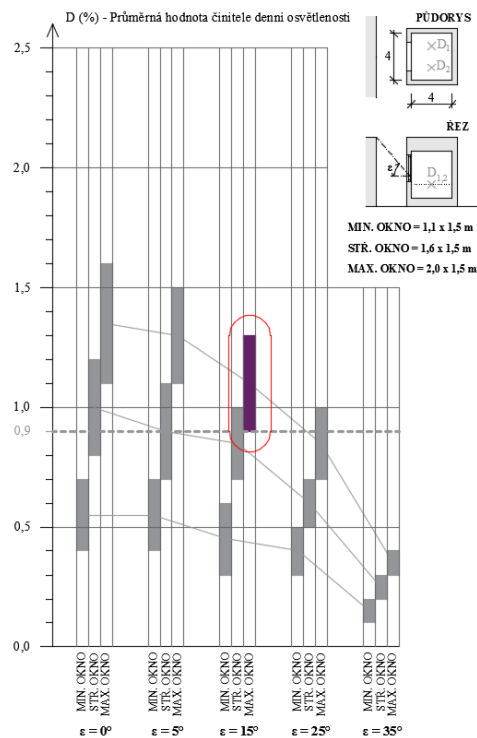


Obrázek č. 42 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlosti pro okno s trojsklem $\tau_{s,trojsklo}$, se středovým sloupkem $\tau_{k,2}$.



Obrázek č. 43 – Výstup z výpočetního programu Světlo + [19], který udává hodnotu činitele denní osvětlosti pro okno s trojsklem $\tau_{s, \text{trojsklo}}$, se středovým sloupkem $\tau_{k,3}$.

Za pomoci těchto výpočtů lze stanovit následující část jednoho ze třiceti dvou závěrečných grafů, které budou popsány v závěru práce v kapitole 10 *Výsledky práce*:



Obrázek č. 44 – vyznačení stanovené části

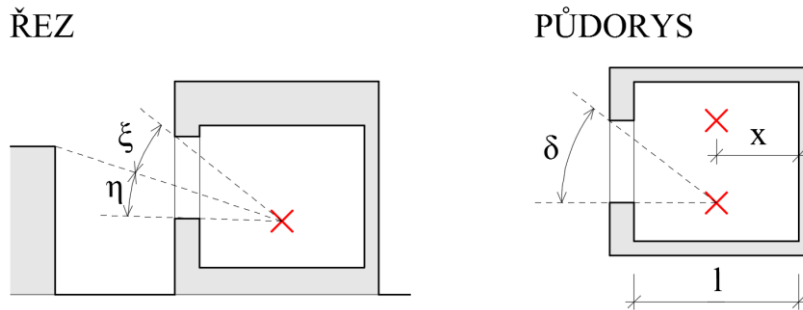
9.2.2 MODEL

Jak již bylo v této práci popsáno, měření na modelu proběhlo pro dvě velikosti místností. Pro posouzení naměřených hodnot s vypočtenými je nutné měřené hodnoty upravit o opravné součinitele, které zohlední správný činitel vnitřního odrazu světla, činitel prostupu světla sklem, členění okna rámem, činitel znečištění a činitel odraz stínící překážky. Měřené hodnoty budou upraveny k oknu uvedeném ve výstupech na prvním místě a k místnosti, jejíž průměrný činitel odrazu světla je $\rho_m = 0,5$. Okno je dále opatřeno dvojsklem, jehož činitel prostupu světla sklem činí $\tau_s = 0,78$, je bez středového sloupku s plastovým rámem, jehož poměr čisté plochy zasklení je $\tau_{k,l} = 0,71$. Znečištění okna je rovno $\tau_z = 0,855$ a činitel jasů stínící překážky je $k_\gamma = 0,1$.

Z těchto hodnot vyplývají následující opravné součinitele:

- $k_\rho = 1,1628$
- $k_{\tau,s} = 0,8125$
- $k_{\tau,k} = 0,7100$
- $k_{\tau,z} = 0,9474$
- $k_{k,\gamma} = 0,2703$

Tyto součinitele, které se použijí pro úpravu naměřených hodnot, se přerozdělí v poměru rozdělení jednotlivých složek činitele denního osvětlení, zjednodušeně, dle následujícího vztahu:



Obrázek č. 45 – vyznačení přerozdělení jednotlivých složek činitele denní osvětlenosti

$$D_{opravené} \cong D_{zm} \times k_{\tau} \times k_{\xi,\delta} + D_{zm} \times k_{\tau} \times 0,1 \times k_{\gamma} + D_{zm} \times k_{\rho} \times \frac{3}{4} \times \frac{x^2}{l^2} (\%), \quad (18a)$$

$$k_{\tau} = k_{\tau,s} \times k_{\tau,k} \times k_{\tau,z} (-), \quad (18b)$$

$$k_{\xi,\delta} = 10 \times \frac{\xi \times \delta}{180 \times 180} (-), \quad (18c)$$

$$k_{\gamma} = k_{k,\gamma} \times \frac{\eta \times \delta}{180 \times 180} (-). \quad (18d)$$

Naměřené hodnoty jasu jsou sepsány v následující tabulce a to společně s vypočteným činitelem denní osvětlenosti, který je dále upraven o opravné součinitele a následně porovnán s vypočtenými hodnotami:

Tabulka č. 09 – porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti místnosti 4 × 3 m

Místnost 4 × 3 m					
ε (°)	E_h (lx)	E (lx)	D_{zm} (%)	$D_{opravené}$ (%)	$D_{vypočtené}$ (%)
0	7310	288,6	3,9	2,0	2,0
5	7520	288,0	3,8	1,8	1,9
15	7490	283,4	3,8	1,6	1,8
25	7680	277,4	3,6	1,3	1,4
35	7950	245,2	3,1	1,0	0,9

Tabulka č. 10 – porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti místnosti 4 × 4 m

Místnost 4 × 4 m					
ε (°)	E_h (lx)	E (lx)	D_{zm} (%)	$D_{opravené}$ (%)	$D_{vypočtené}$ (%)
0	7180	227,3	3,2	1,3	1,4
5	7050	215,5	3,1	1,2	1,3
15	7980	201,1	2,5	0,9	1,1
25	8410	173,2	2,1	0,6	0,8
35	8820	144,1	1,6	0,4	0,4

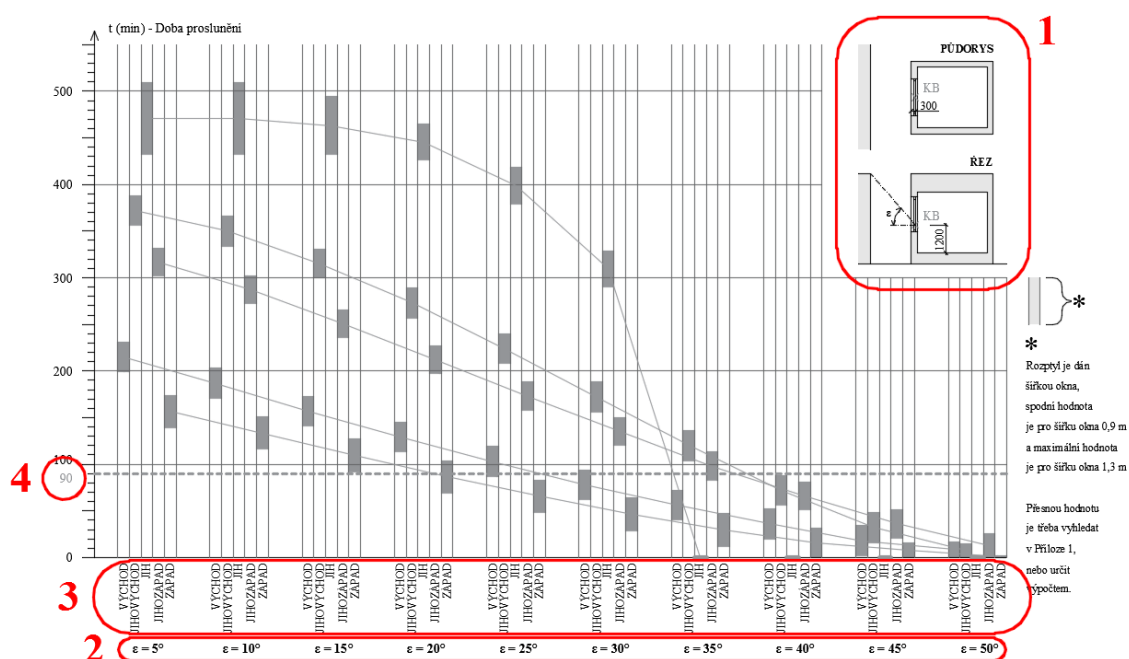
Porovnání naměřených a vypočtených hodnot se částečně liší. Pro přesnější výsledky by bylo nutné provést měření při normovaně zatažené obloze a při více odpovídajících okrajových podmínkách (průměrná hodnota činitele odrazu světla ρ_m (-), činitel prostupu světla τ_s (-), poměr čisté plochy zasklení τ_k (-), znečištění τ_z (-) a činitel jasu stínící překážky k_p (-)).

Z časových důvodů ovšem proběhlo měření při zhoršených světelných podmínkách. Model však neslouží pouze k měření, ale také k subjektivnímu hodnocení prostoru – pozorování zatemňování prostoru při pohledu od zadní odnímatelné stěny při měnící se stínící překážce.

10 VÝSLEDKY PRÁCE

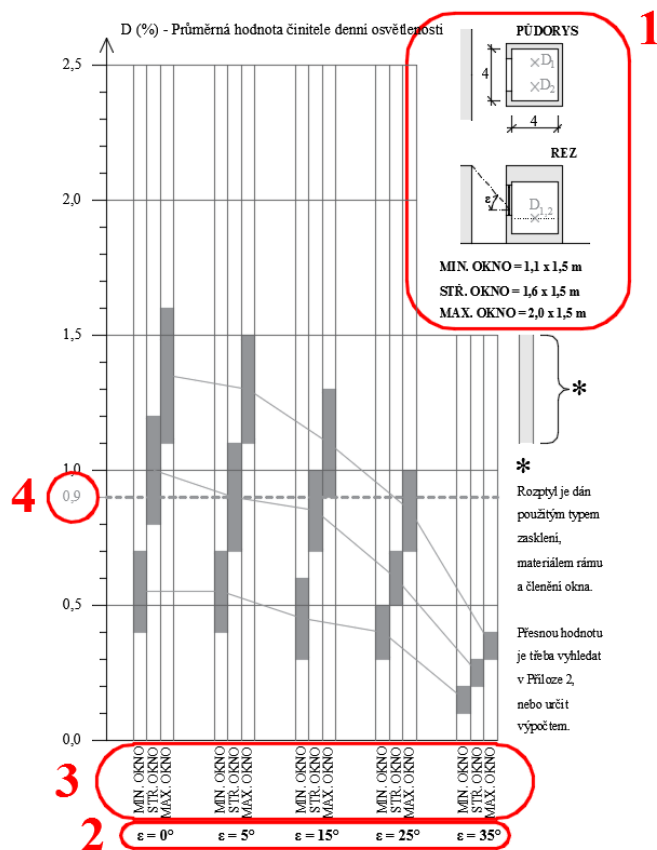
Tato diplomová práce obsahuje základní teoretické informace o světelné technice a věnuje se zkoumání vlivu okrajových podmínek na hodnocení světelně technických veličin, zejména činitele denní osvětlenosti a dobu proslunění. Výstupem z práce je několik grafů, pomocí kterých lze předběžně posoudit místnost bez nutnosti výpočtu.

Na dalších obrázcích bude vysvětleno, jak výsledné grafy užívat a jak s nimi pracovat.



Obrázek č. 46 – graf určující dobu proslunění

- 1 – Schéma, které znázorňuje tvar stínící překážky, pro kterou je graf sestrojen.
- 2 – Výška (šířka) stínící překážky, udávaná ve stupních (měřeno z kontrolního bodu po vrchol stínící překážky).
- 3 – Orientace vůči světovým stranám.
- 4 – Vyznačení limitní hodnoty na vertikální stupnici, která udává dobu proslunění t (min). Pokud výsledná doba proslunění udávaná intervalem, jehož spodní hranice je dána oknem šířky 900 mm a horní hranice je pro okno šířky 1300 mm a vyšší, protíná limitní hodnotu, je nutné vyhledat příslušnou hodnotu v *Příloze 1 – proslunění – výstupy z výpočetního programu*.



Obrázek č. 47 – graf určující činitel denní osvětlenosti

1 – Schéma, které znázorňuje tvar stínící překážky a rozměry místnosti, pro které je graf sestaven.

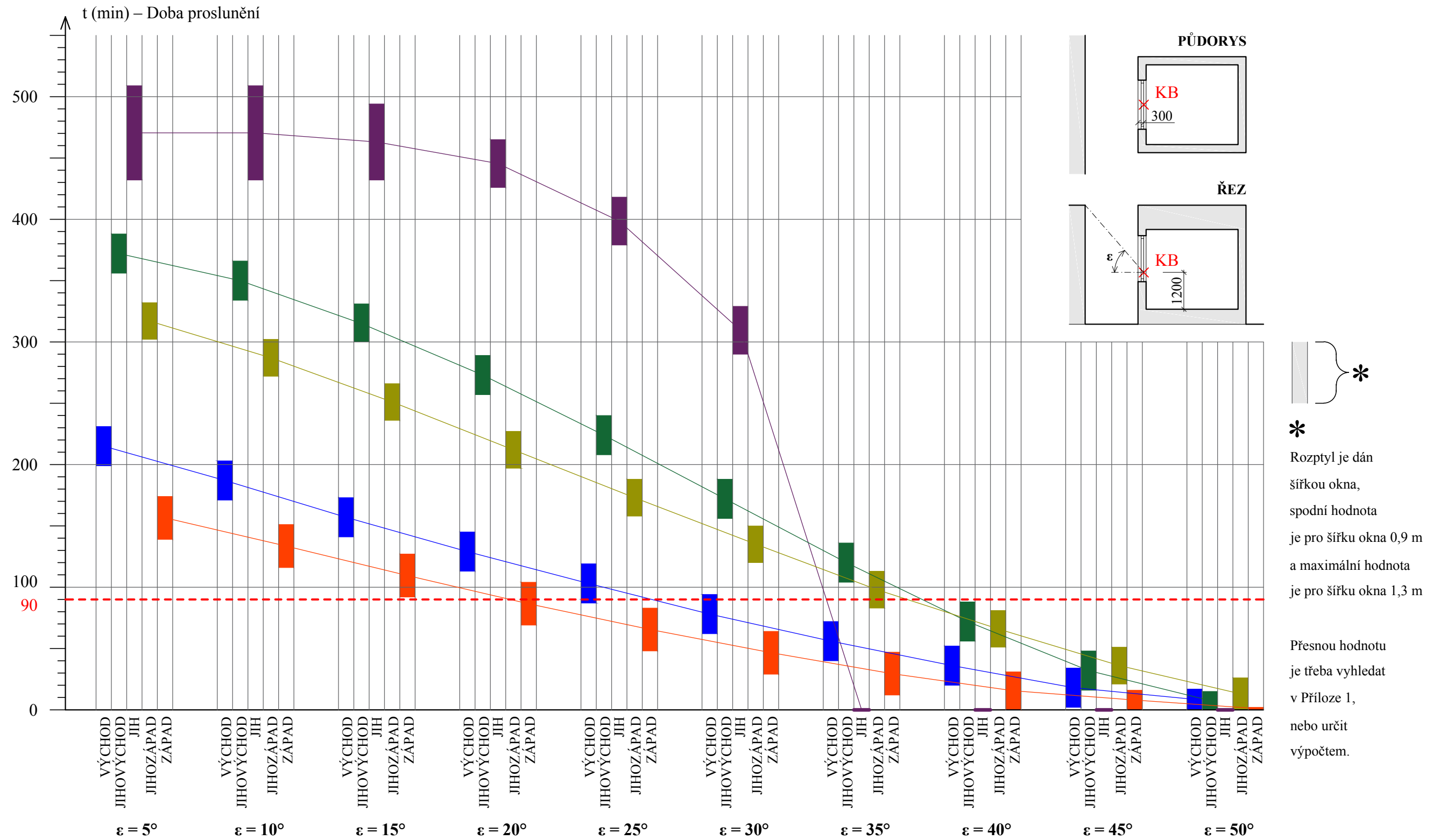
2 – Výška stínící překážky, udávaná ve stupních.

3 – Velikost okna (rozměry těchto oken jsou umístěny pod schématem z bodu 1).

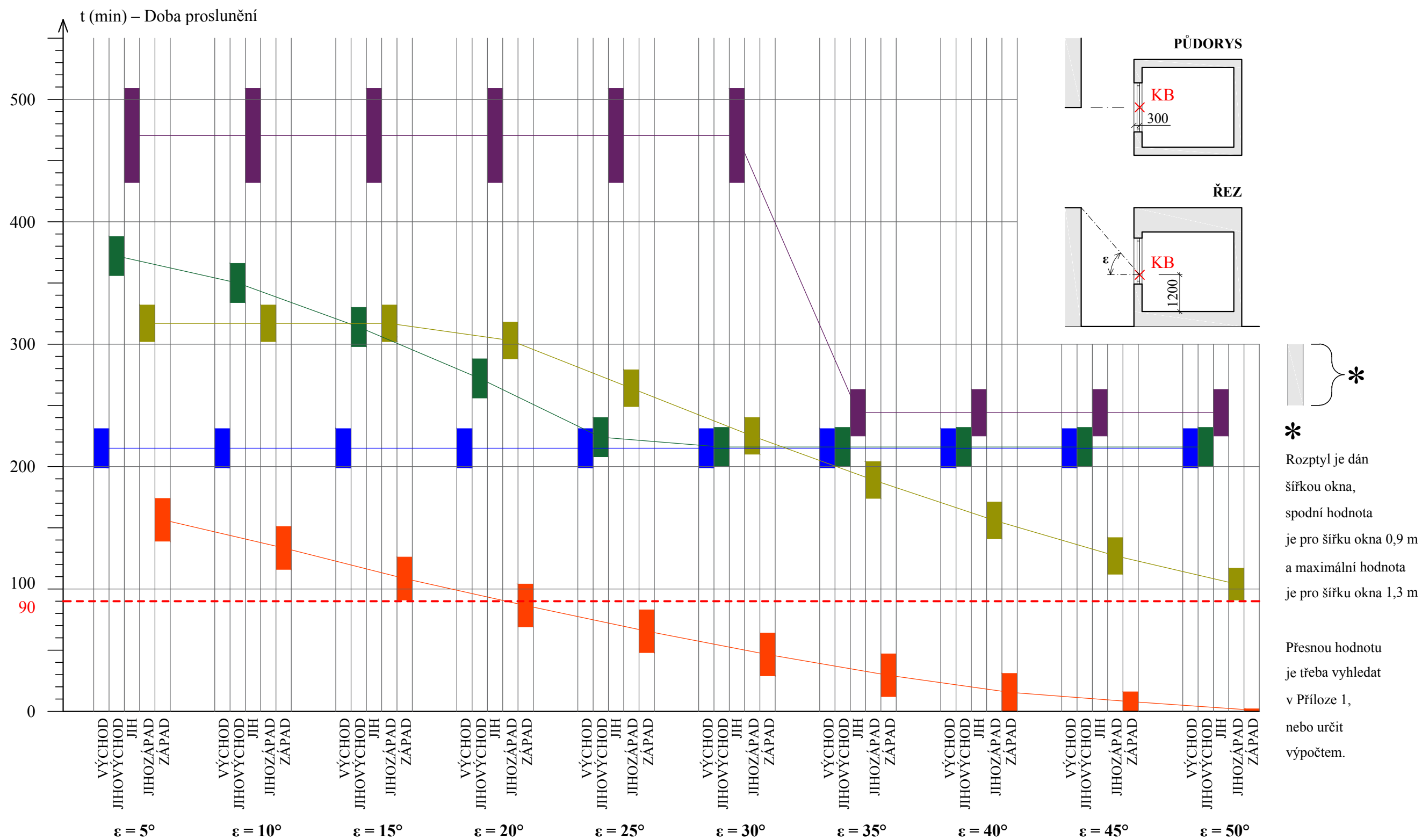
4 – Vyznačení limitní hodnoty na vertikální stupnici, která udává průměrnou hodnotu činitele denní osvětlenosti D (%), pro daný případ. Pokud výsledná hodnota činitele denní osvětlenosti, která je udávaná taktéž intervalem, jako tomu bylo u proslunění, protíná limitní hodnotu, je nutné vyhledat příslušnou hodnotu v Příloze 2 – denní osvětlení – průběžná stínící překážka – výstupy z výpočetního programu, nebo v Příloze 3 – denní osvětlení – délkově omezená stínící překážka – výstupy z výpočetního programu, dle tvaru stínící překážky. V tomto případě však interval není dán rozměry okna, nýbrž vlastnostmi okna, kterými jsou typ zasklení a poměr čisté plochy zasklení k otvoru.

10.1 PROSLUNĚNÍ – VÝSLEDNÉ GRAFY

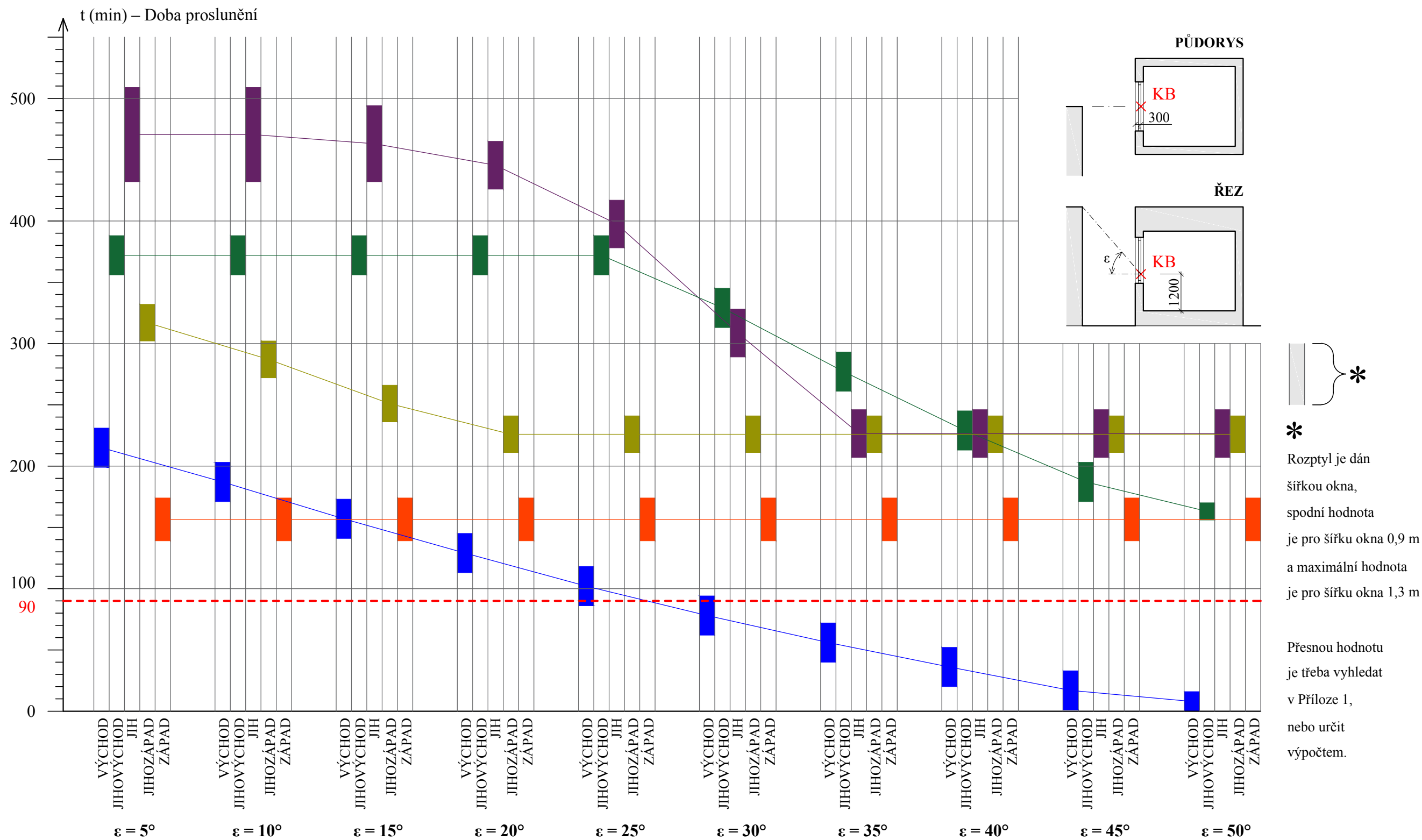
Graf č. 03 – průběžná stínící překážka



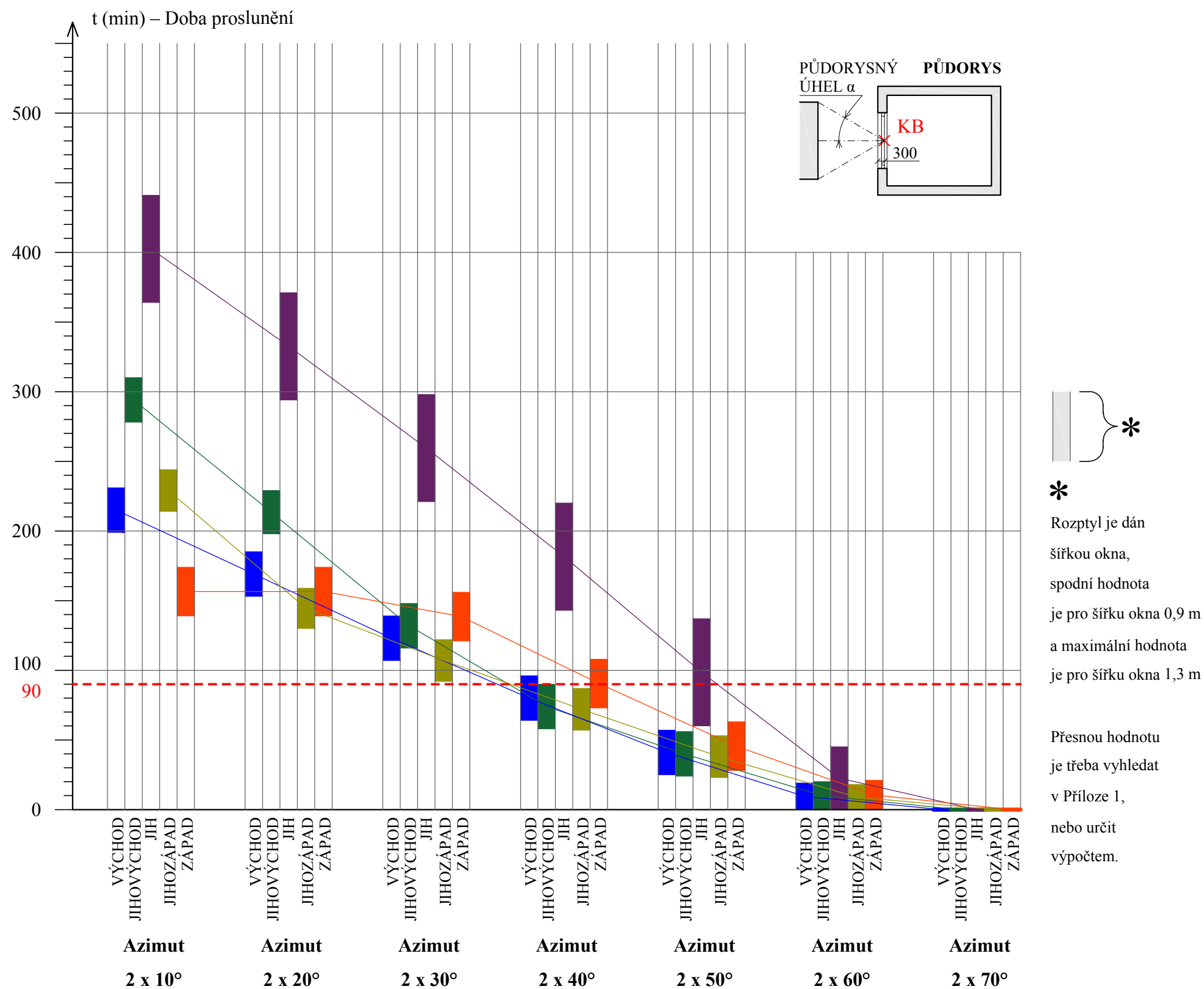
Graf č. 04 – délkově omezená stínící překážka umístěná vpravo



Graf č. 05 – délkově omezená stínící překážka umístěná vlevo

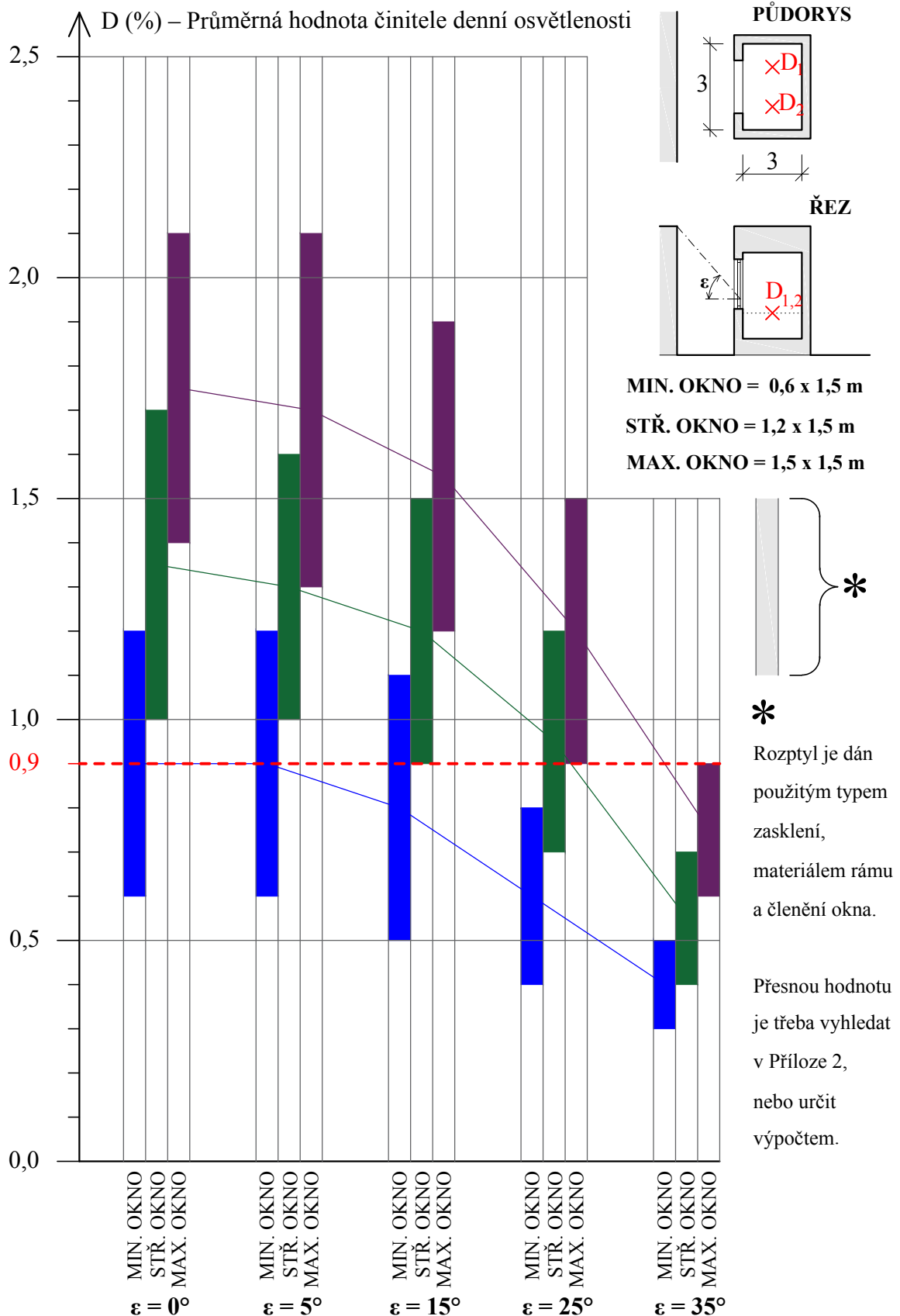


Graf č. 06 – stínící překážka umístěná uprostřed

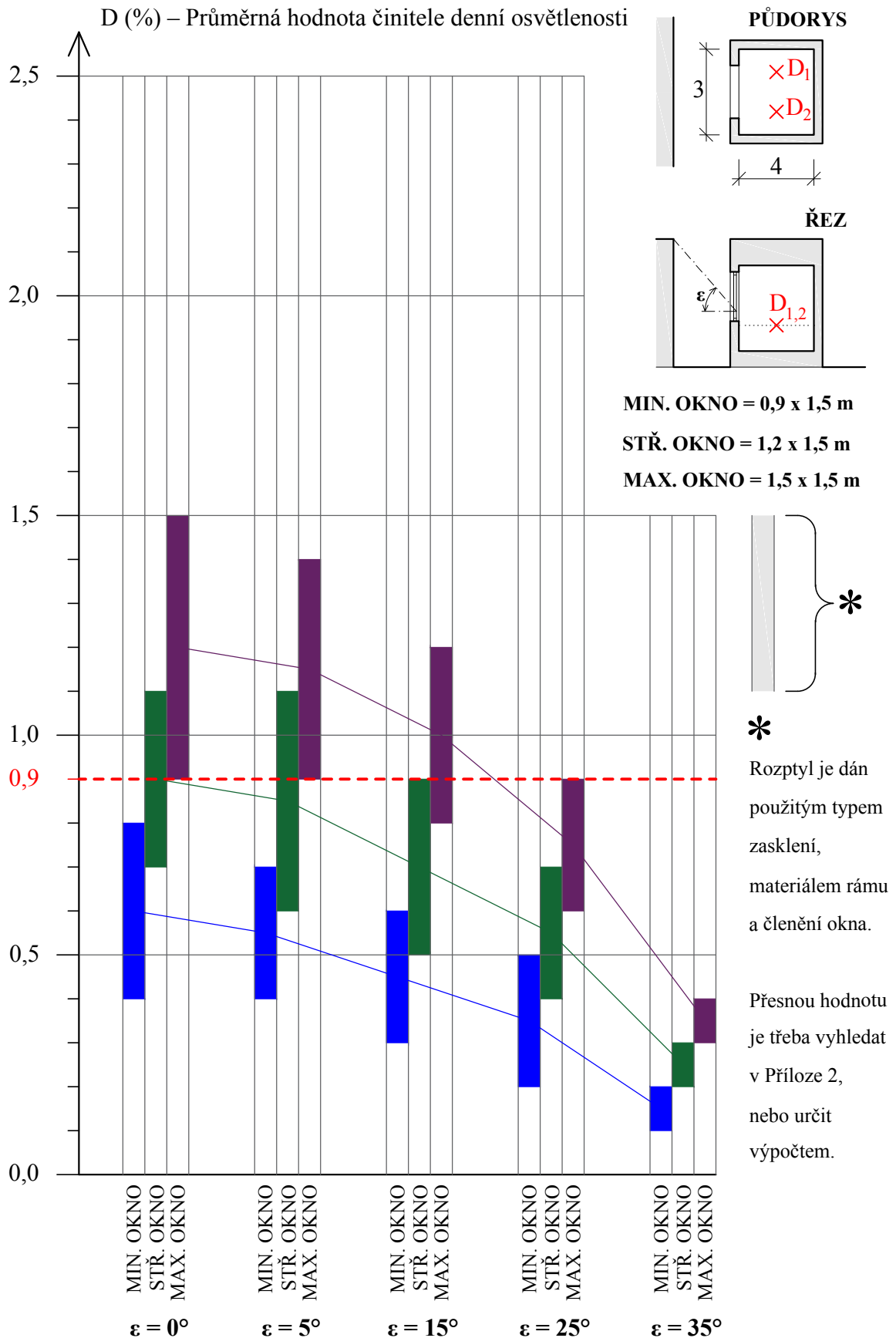


10.2 DENNÍ OSVĚTLENÍ – VÝSLEDNÉ GRAFY

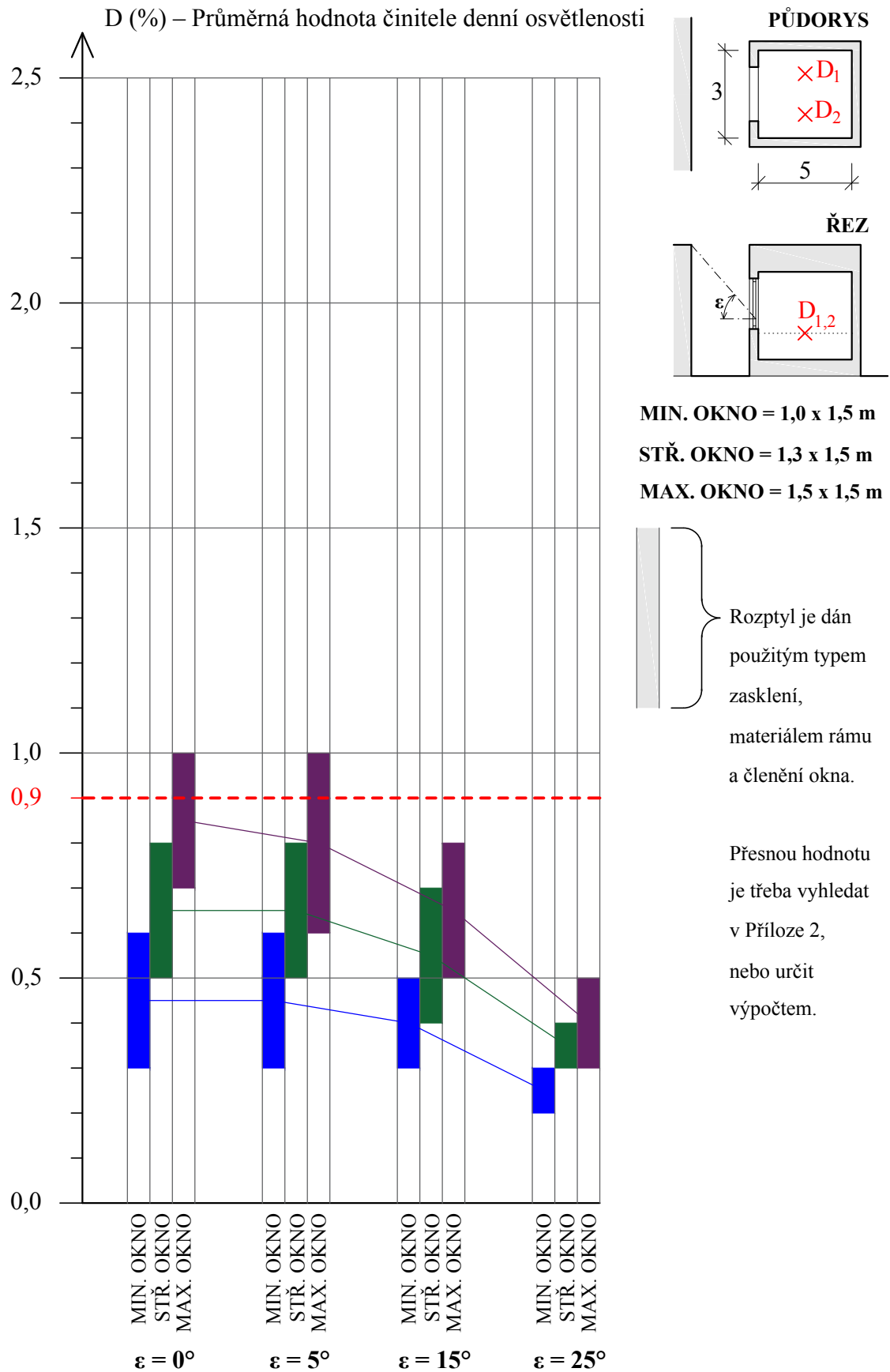
Graf č. 07 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 3 m



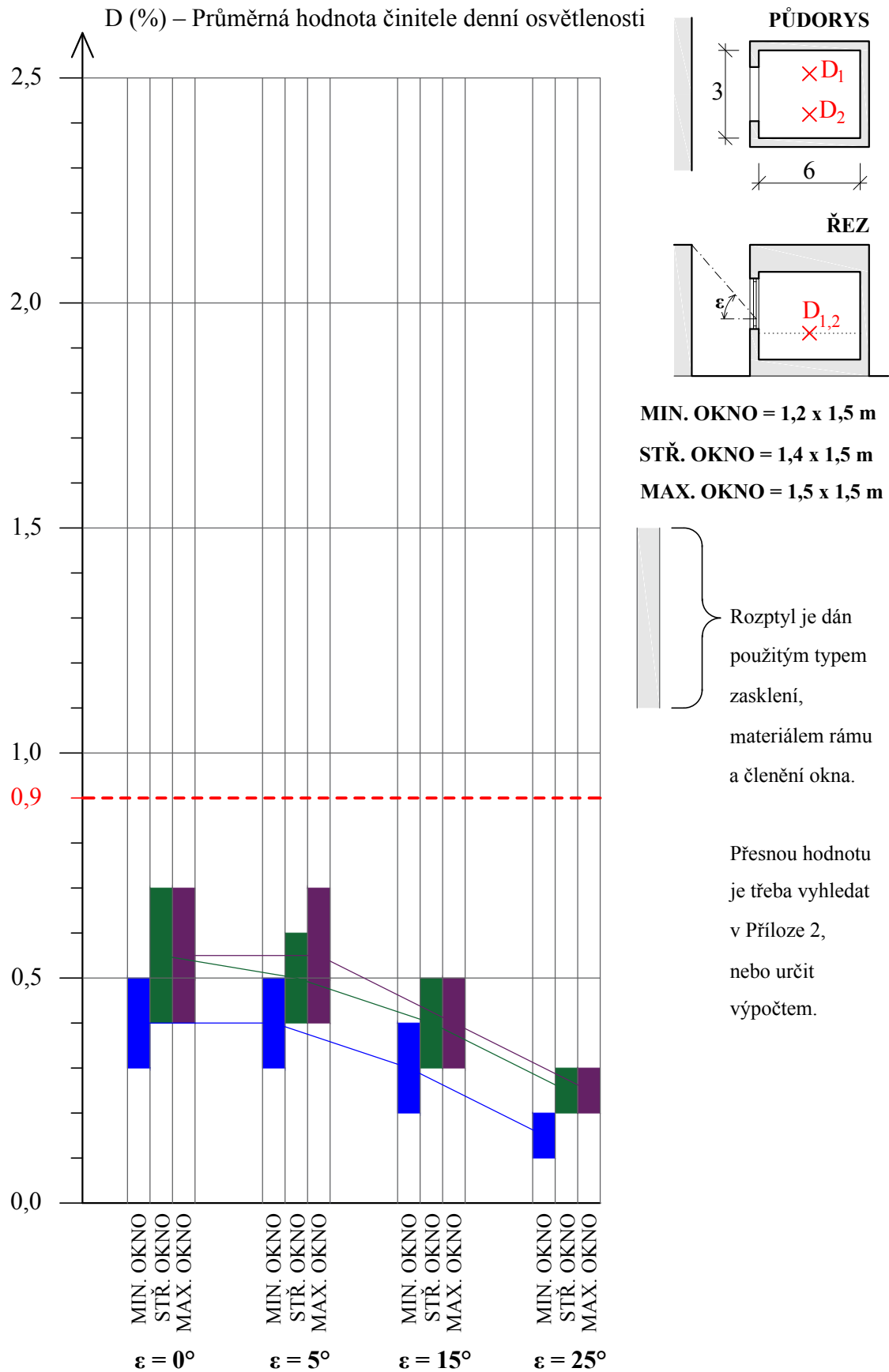
Graf č. 08 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 4 m



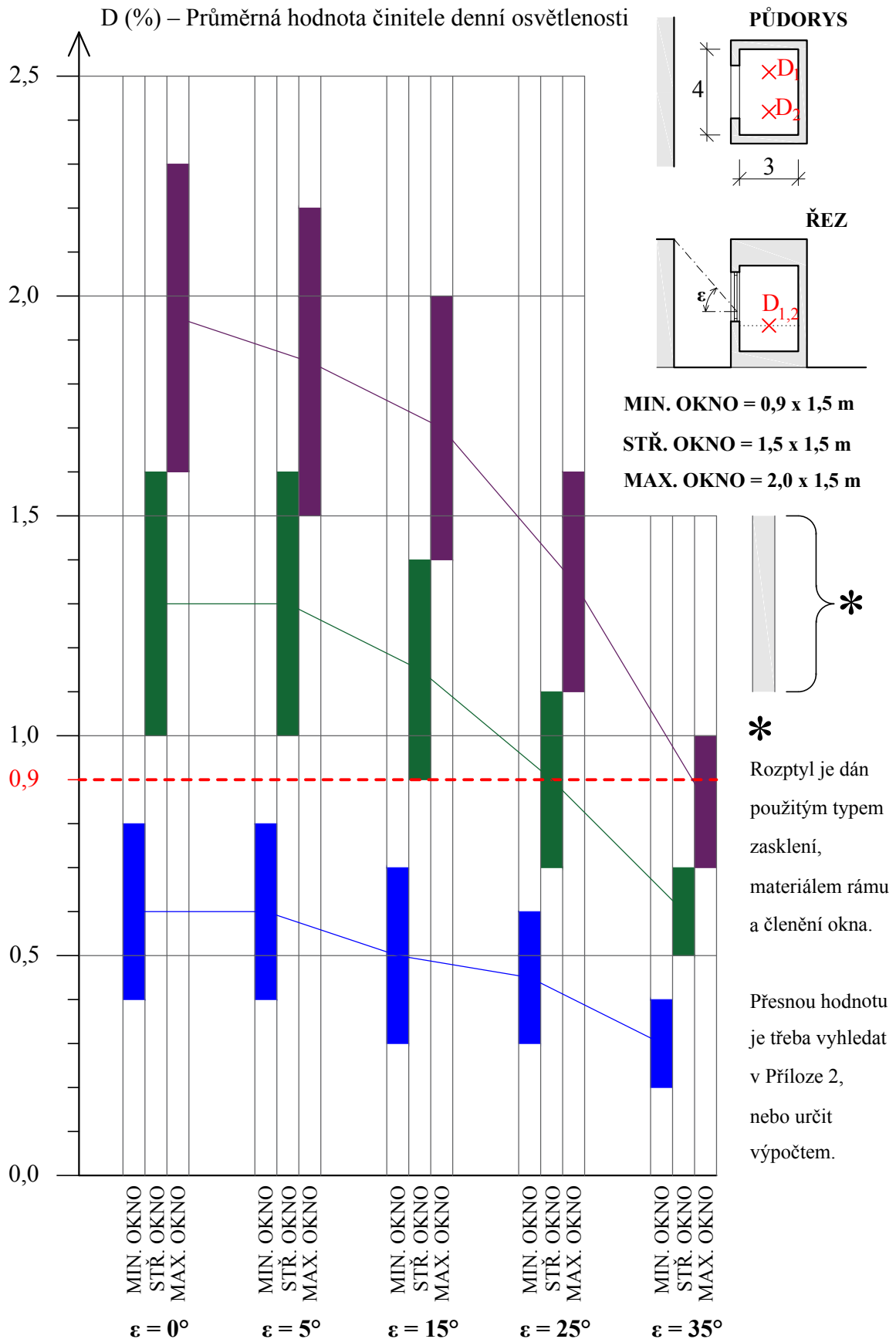
Graf č. 09 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 5 m



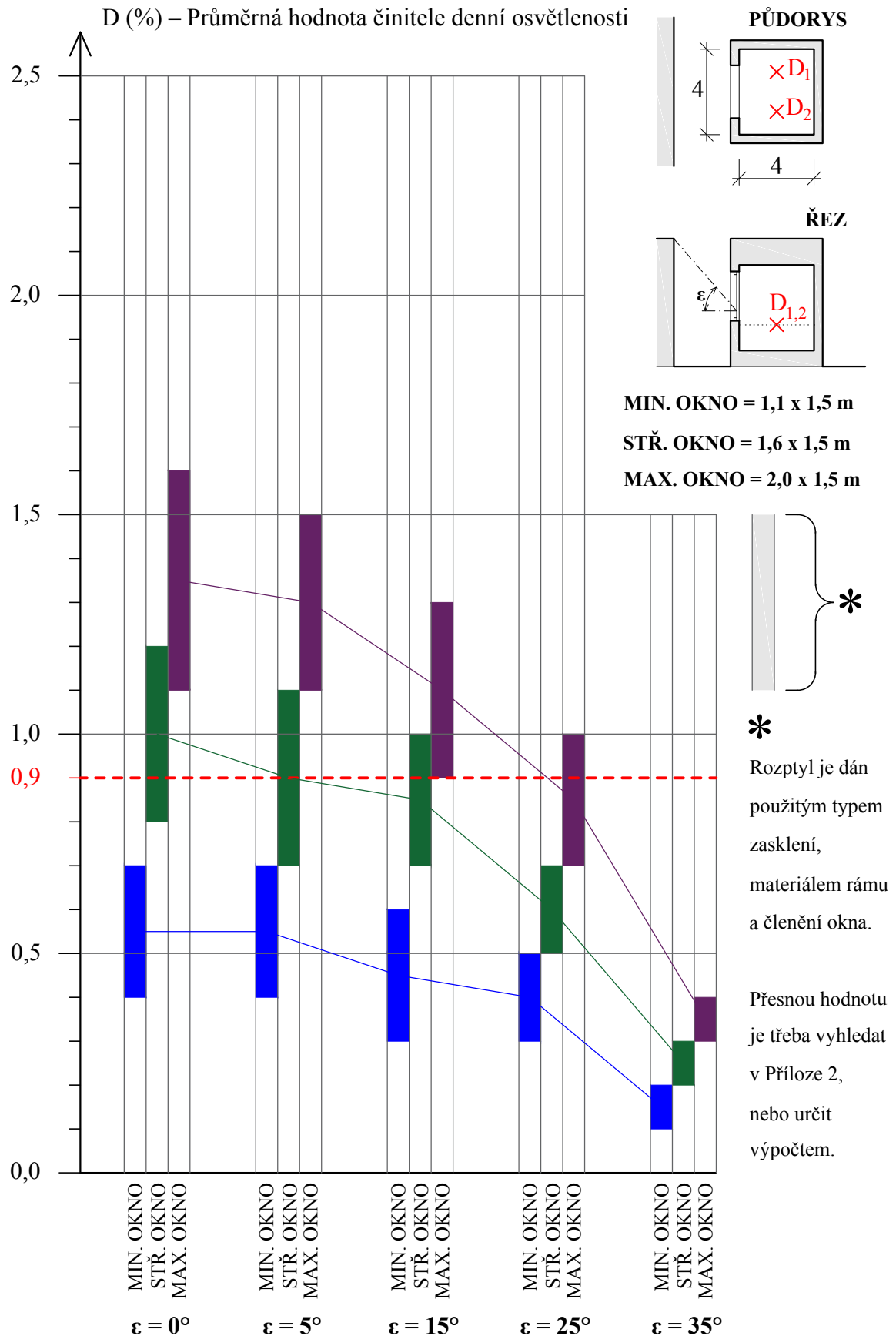
Graf č. 10 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 6 m



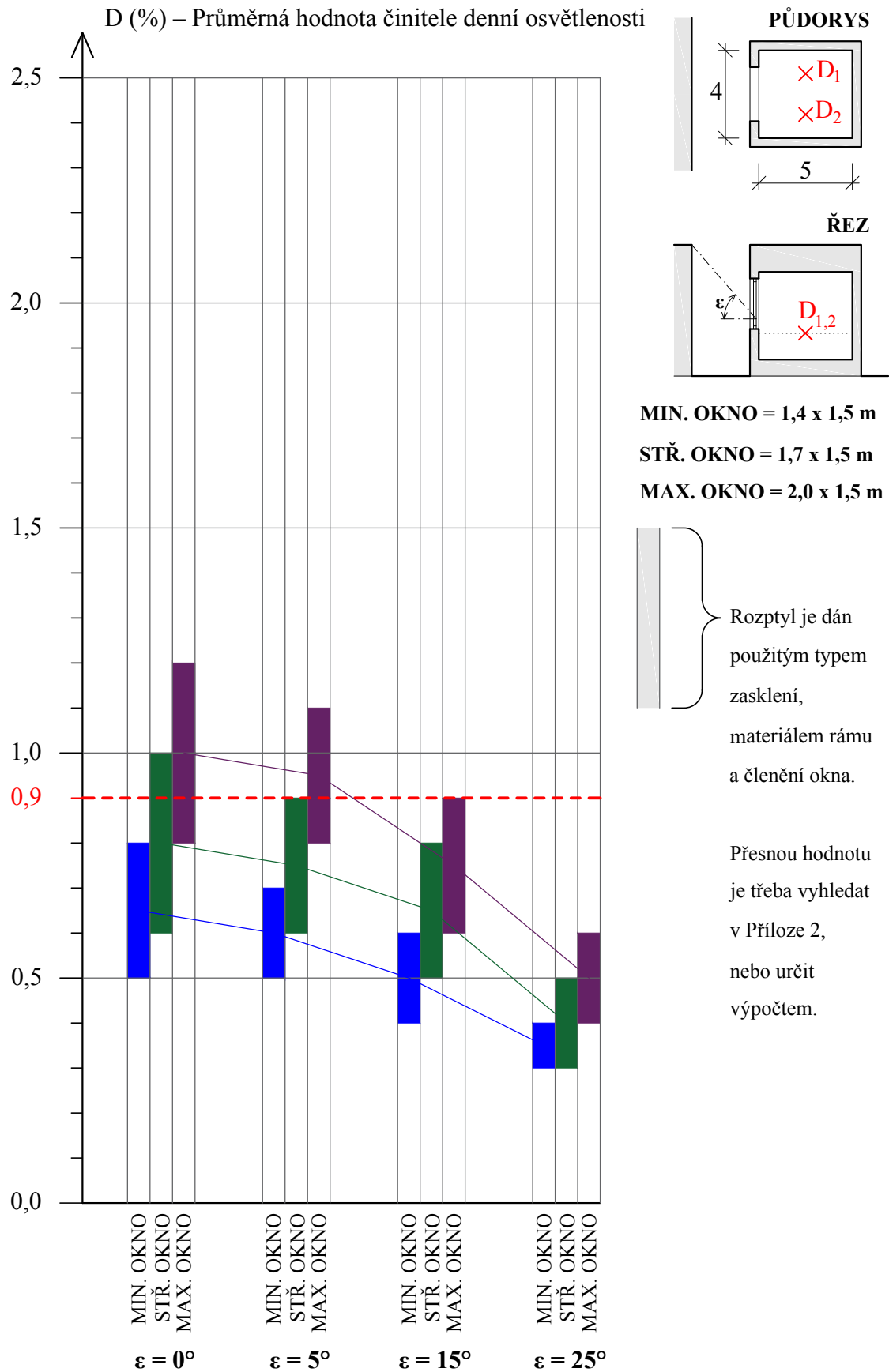
Graf č. 11 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 3 m



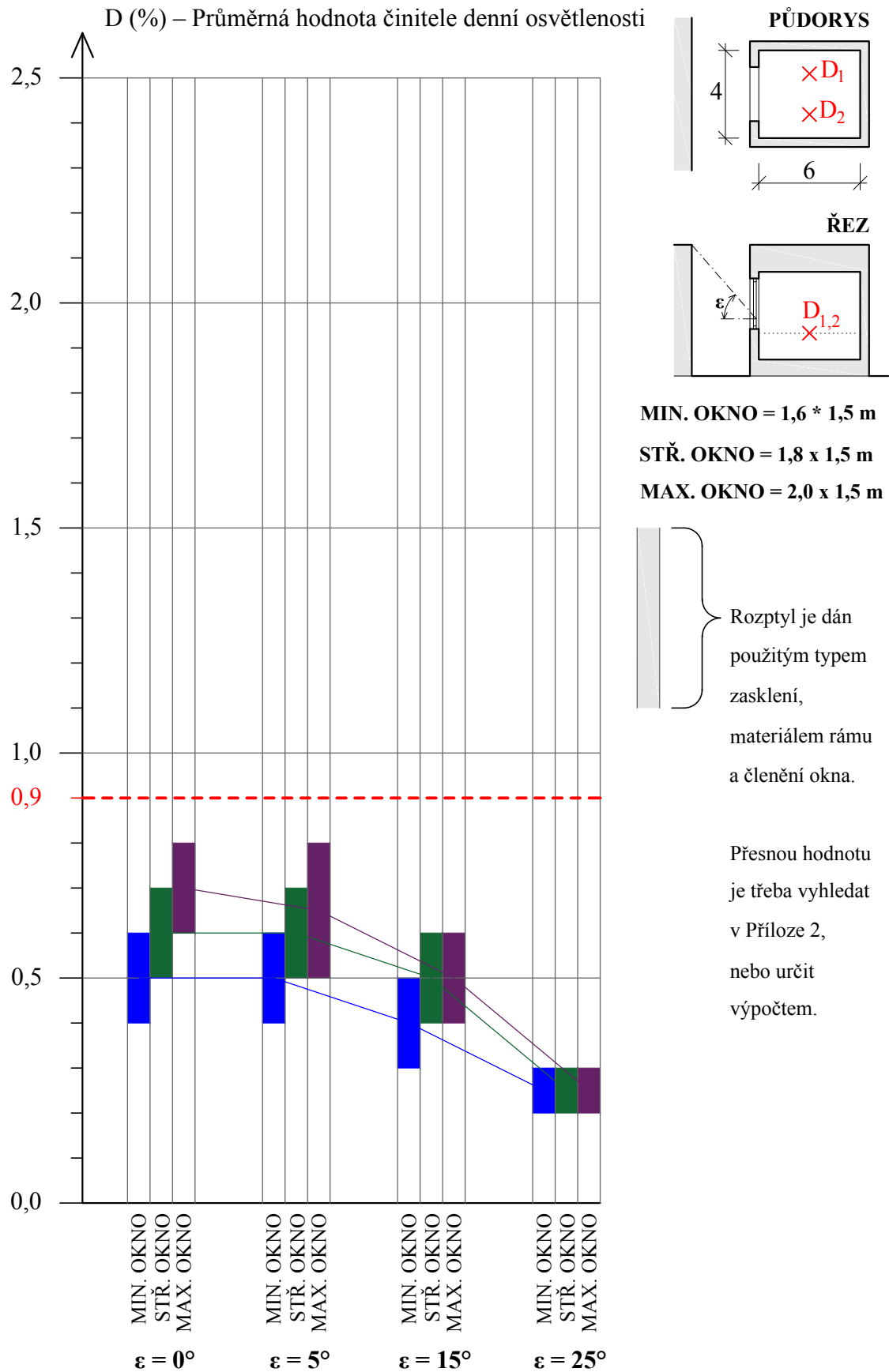
Graf č. 12 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 4 m



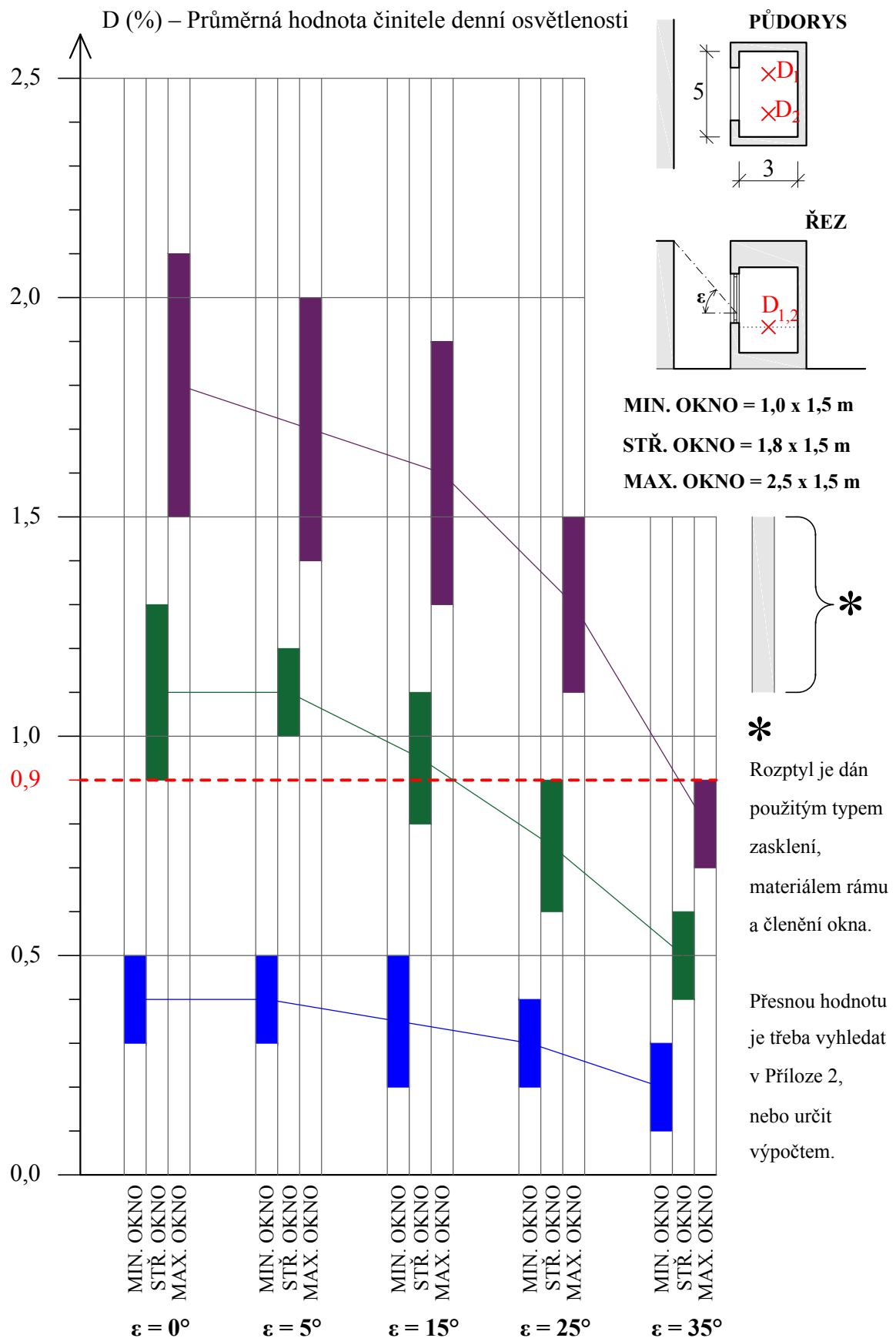
Graf č. 13 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 5 m



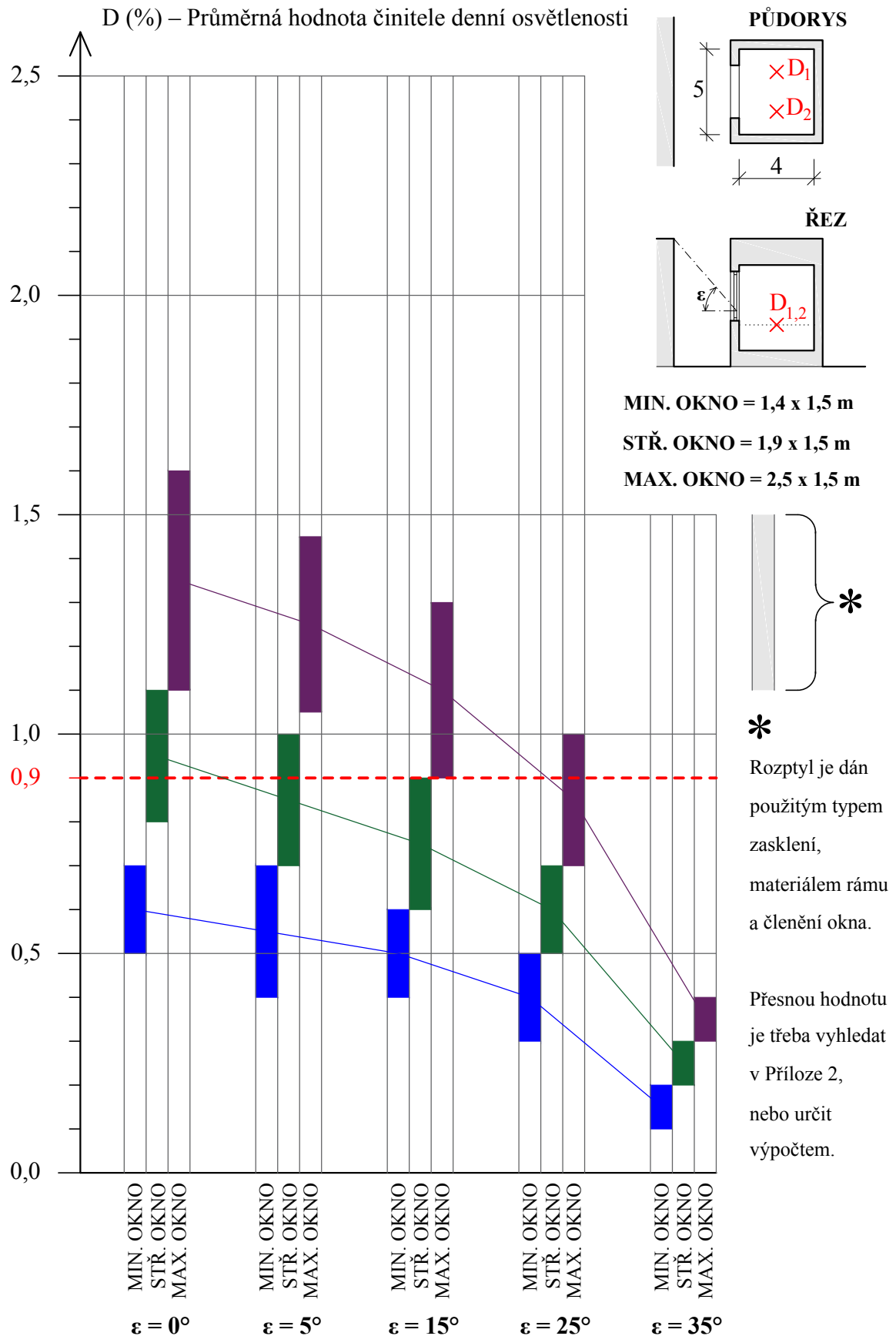
Graf č. 14 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 6 m



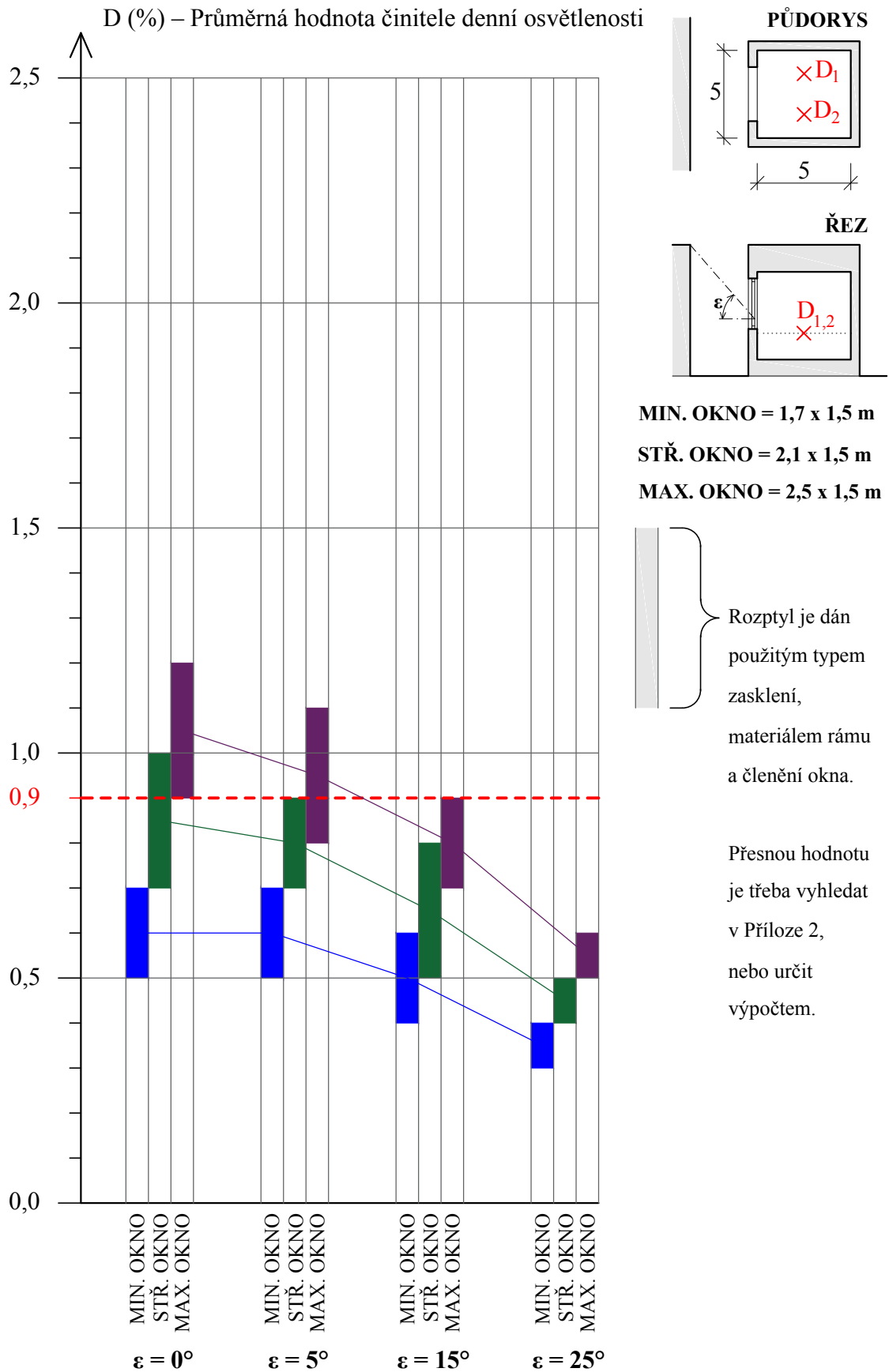
Graf č. 15 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 3 m



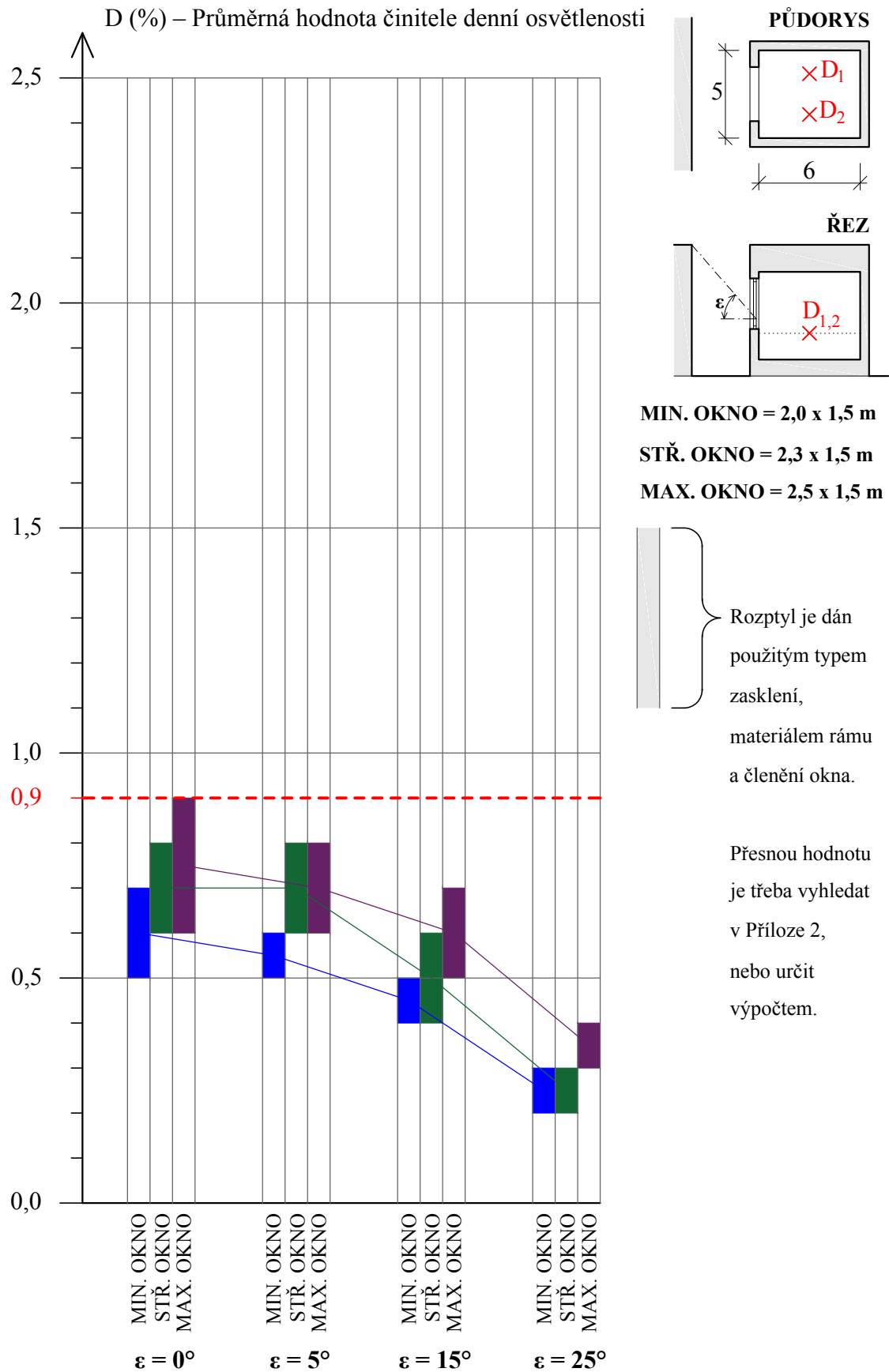
Graf č. 16 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 4 m



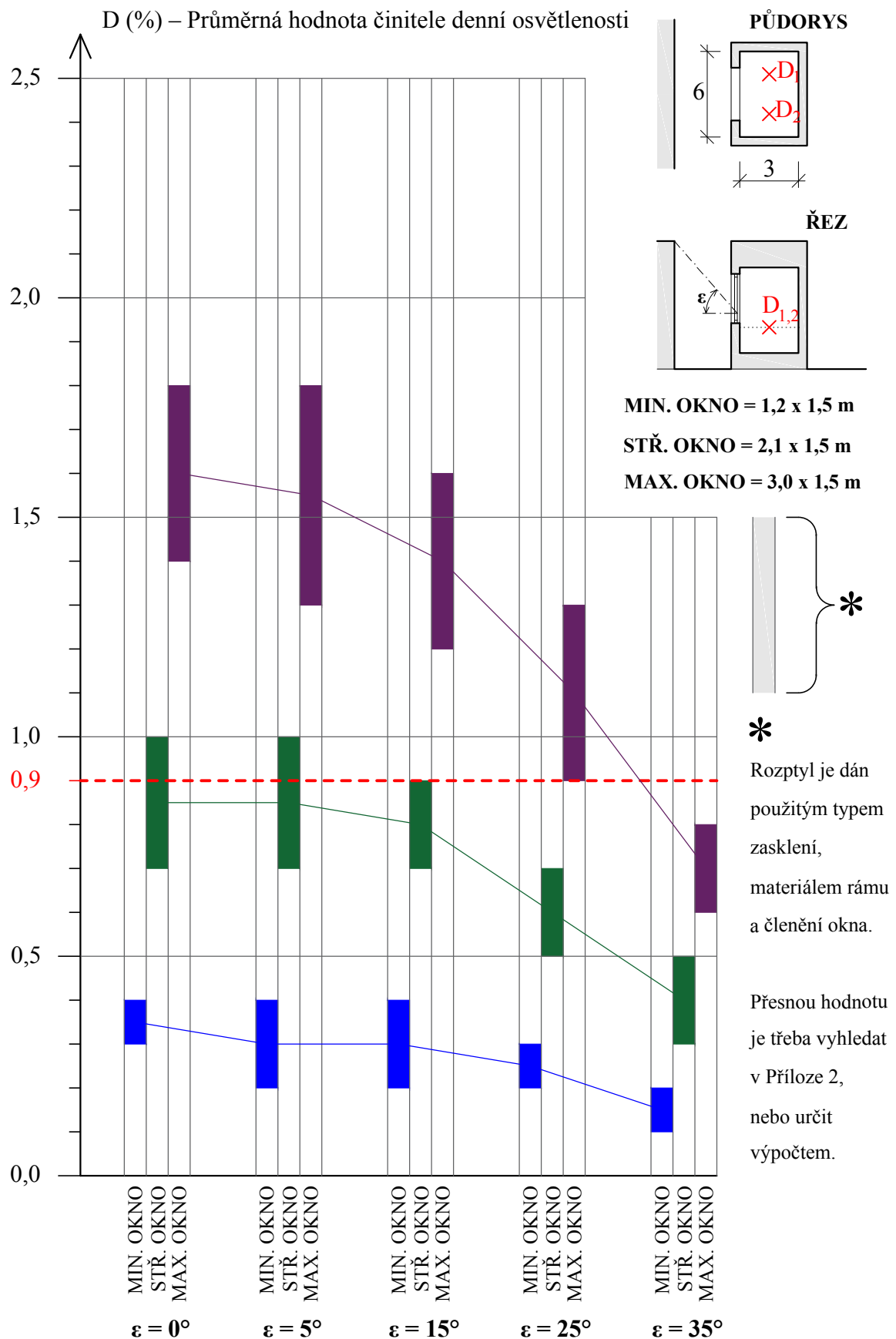
Graf č. 17 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 5 m



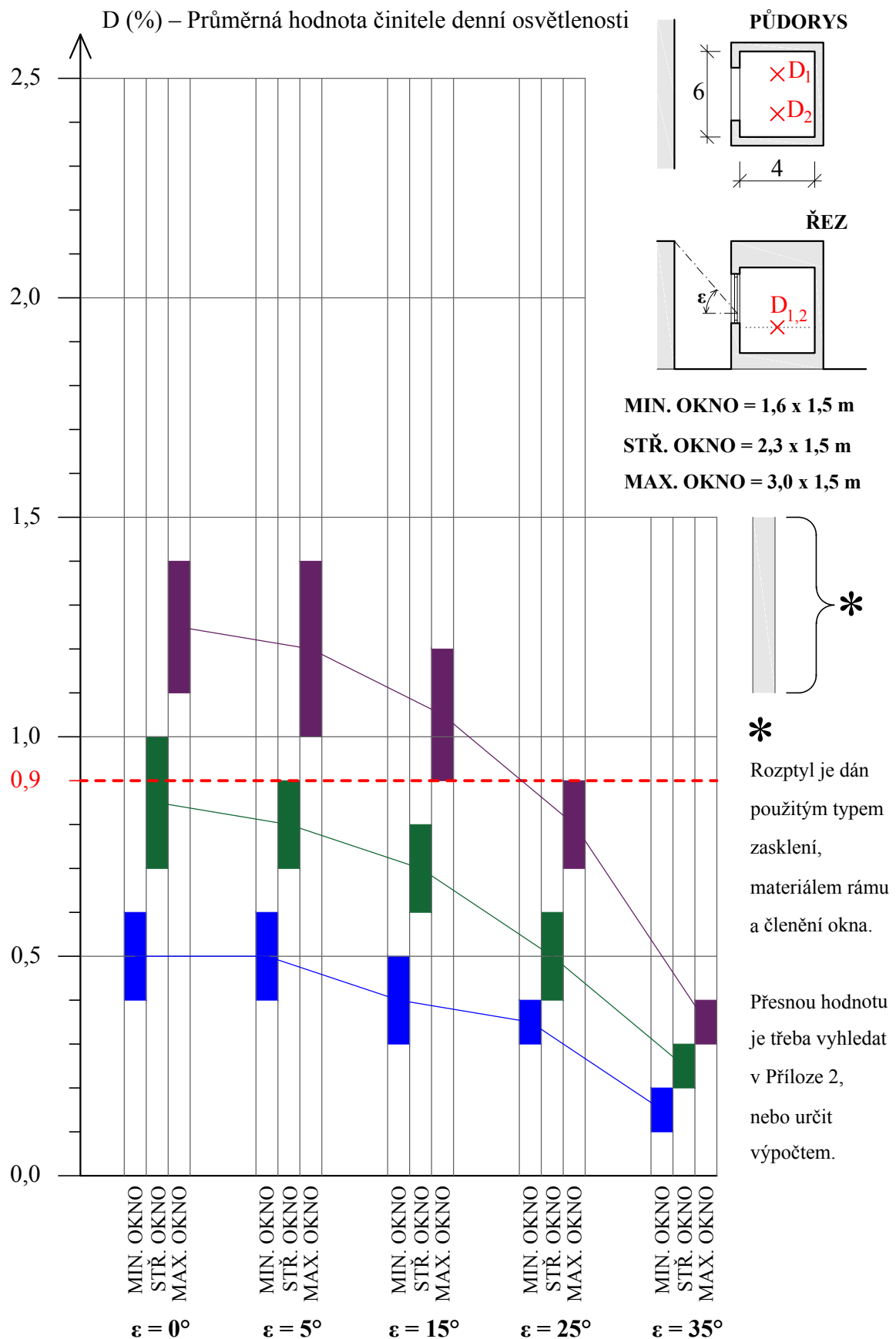
Graf č. 18 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 6 m



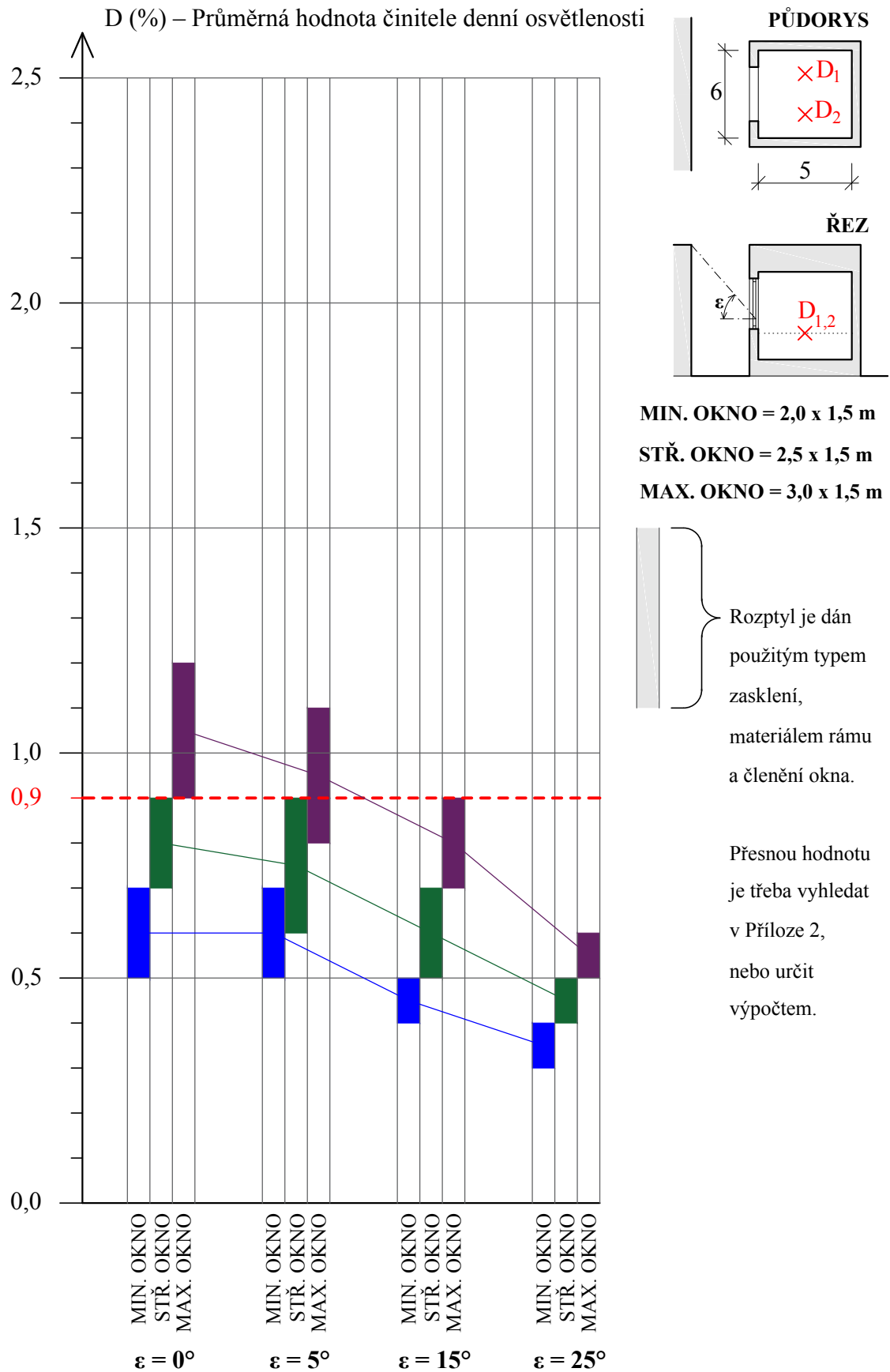
Graf č. 19 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 3 m



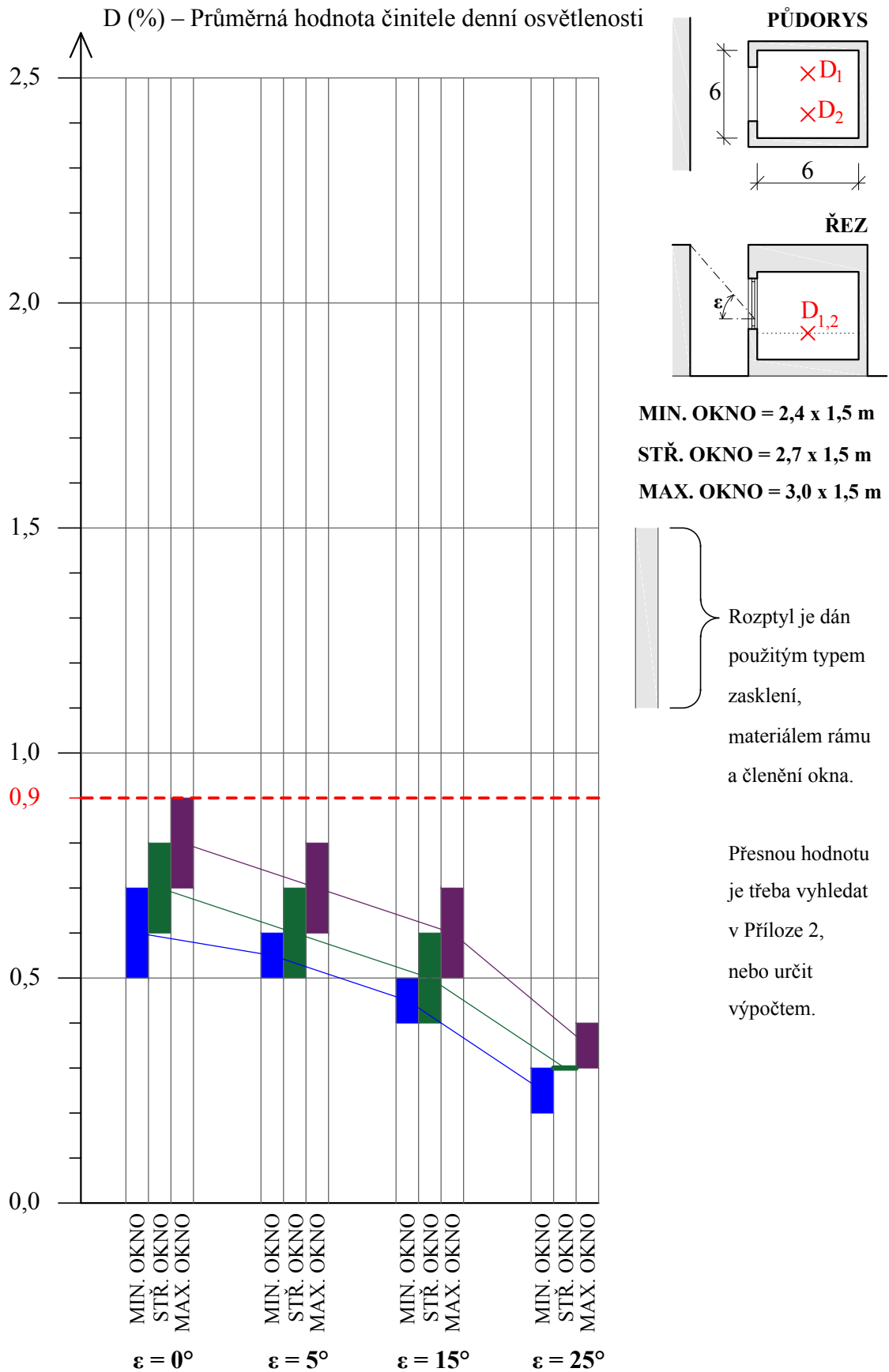
Graf č. 20 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 4 m



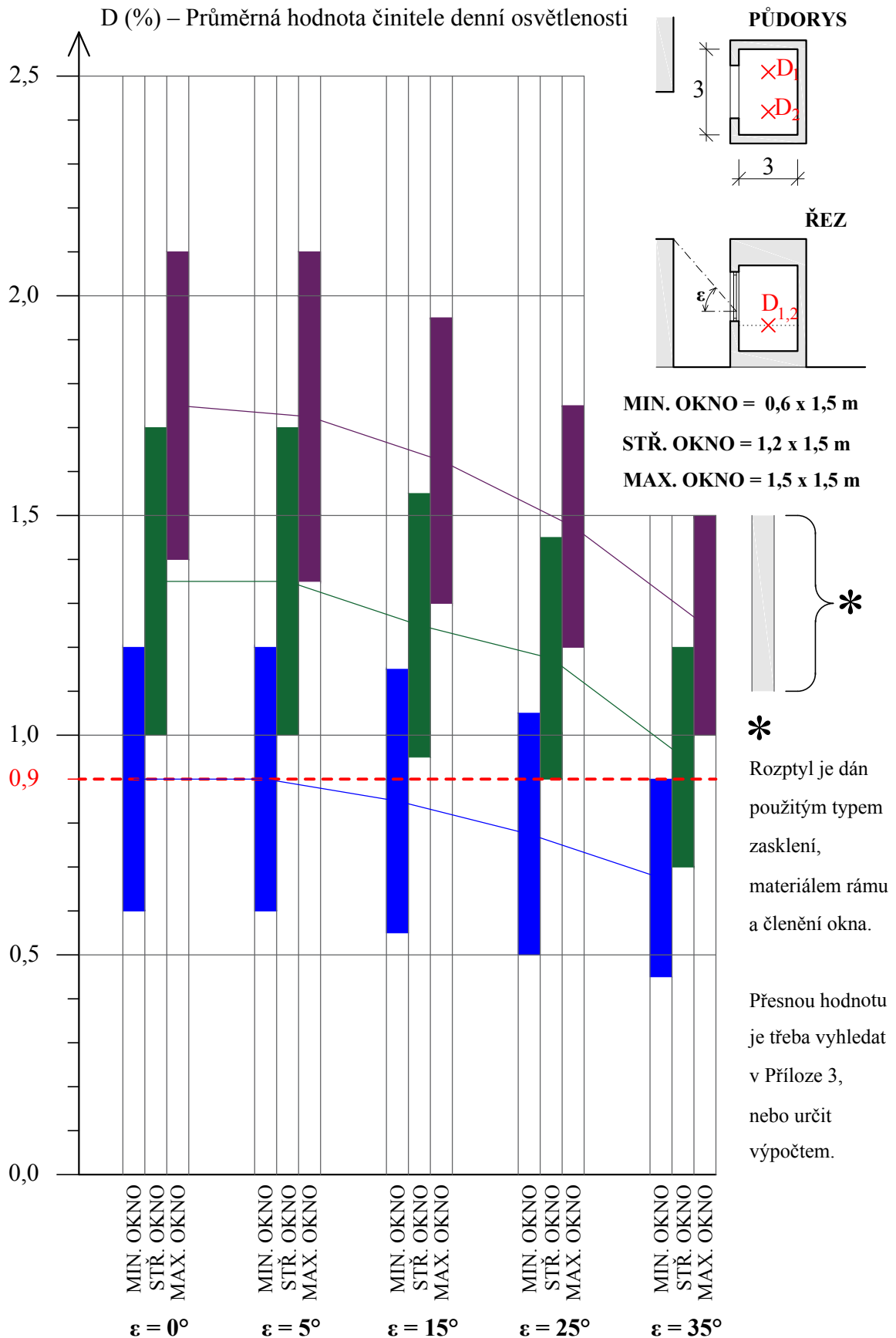
Graf č. 21 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 5 m



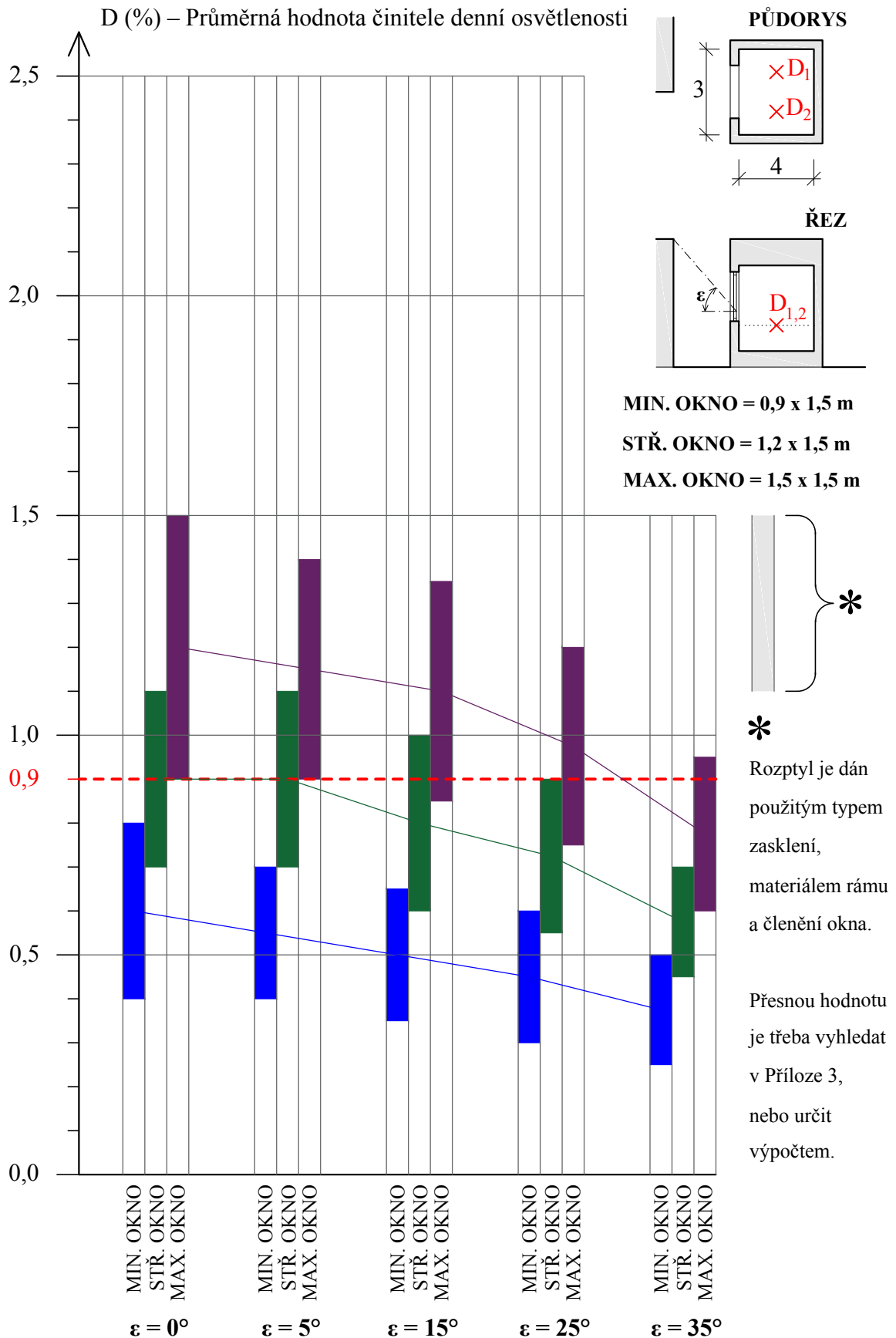
Graf č. 22 – Průběžná stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 6 m



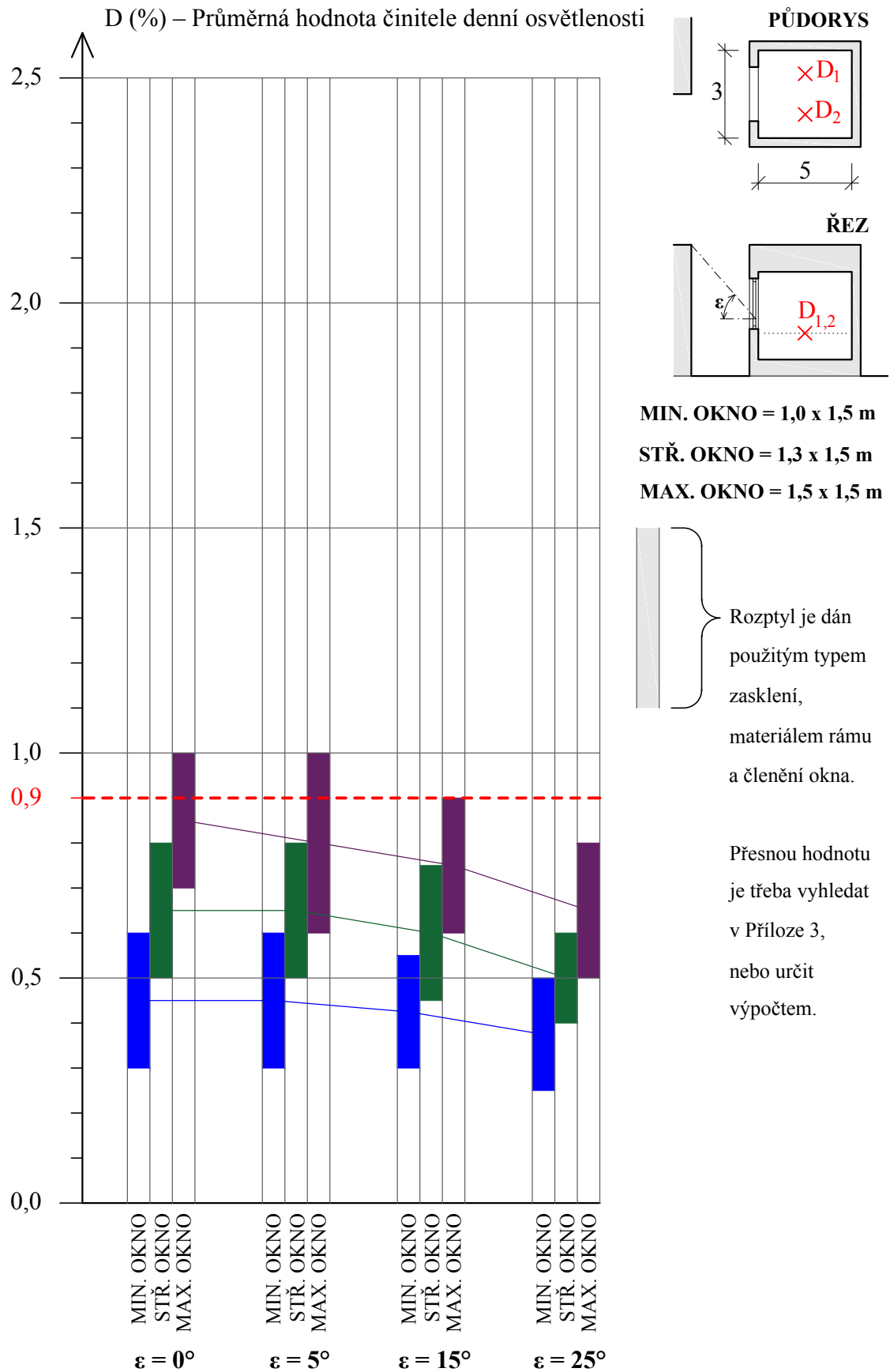
Graf č. 23 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 3 m

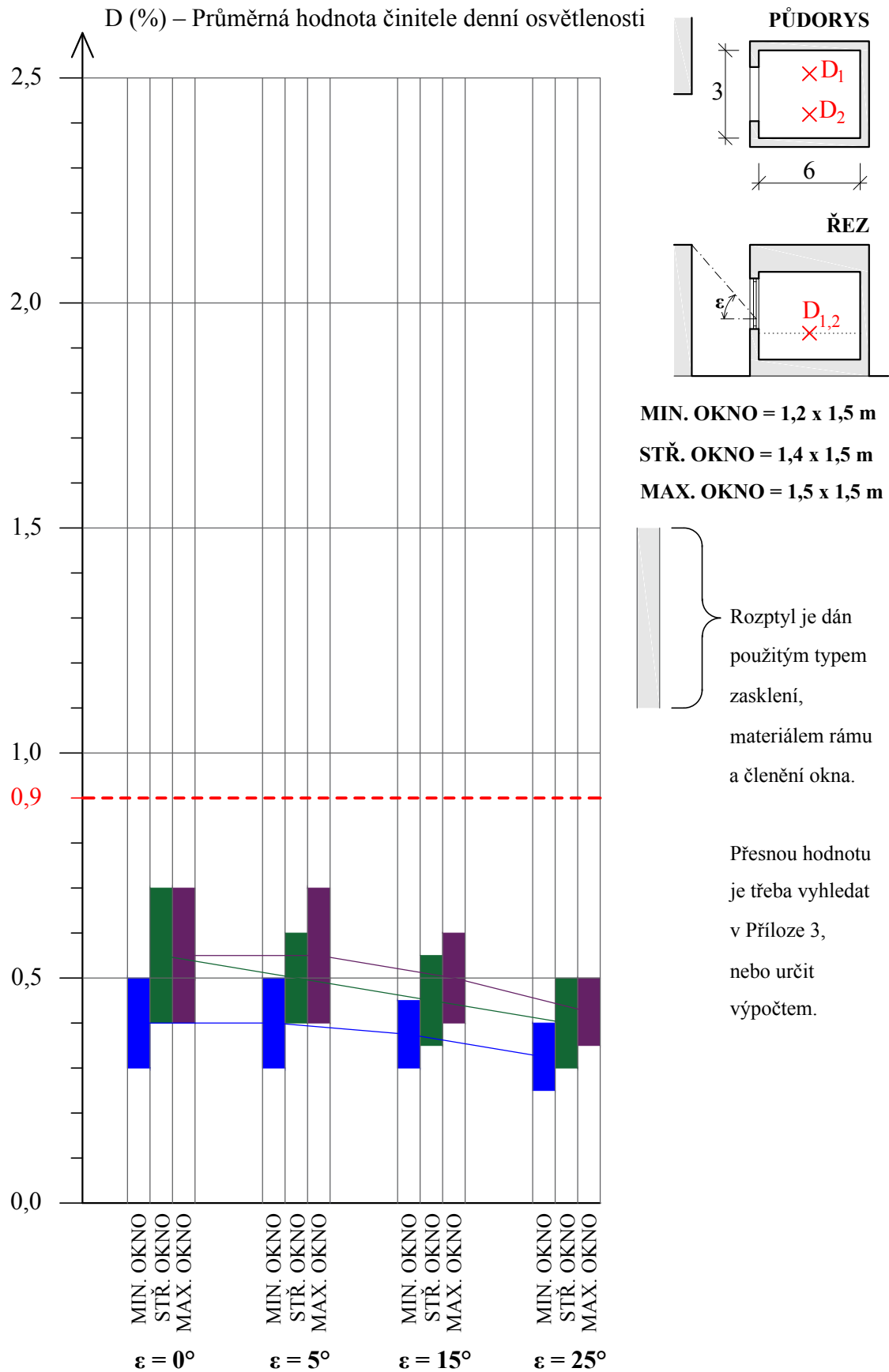


Graf č. 24 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 4 m

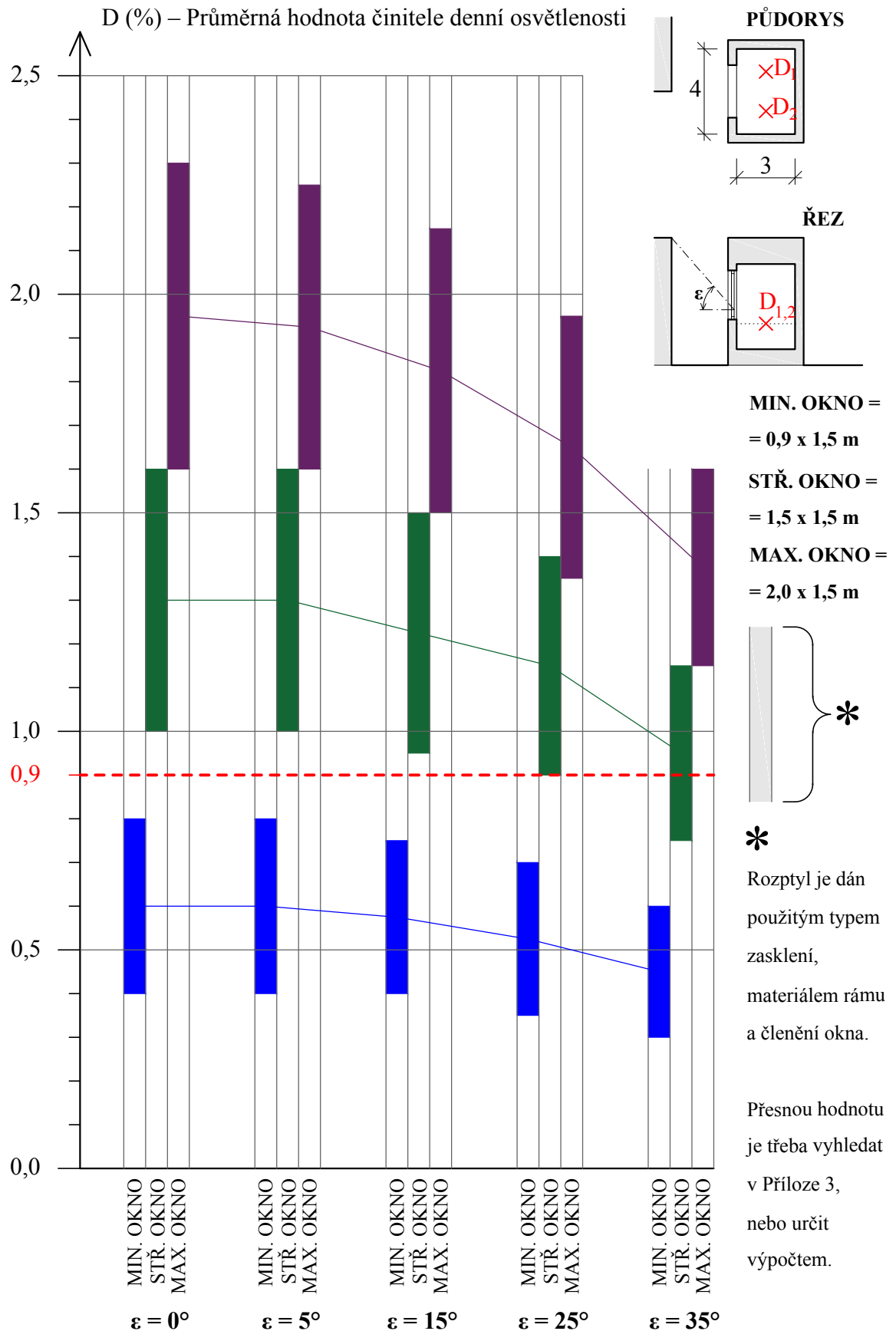


Graf č. 25 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 5 m

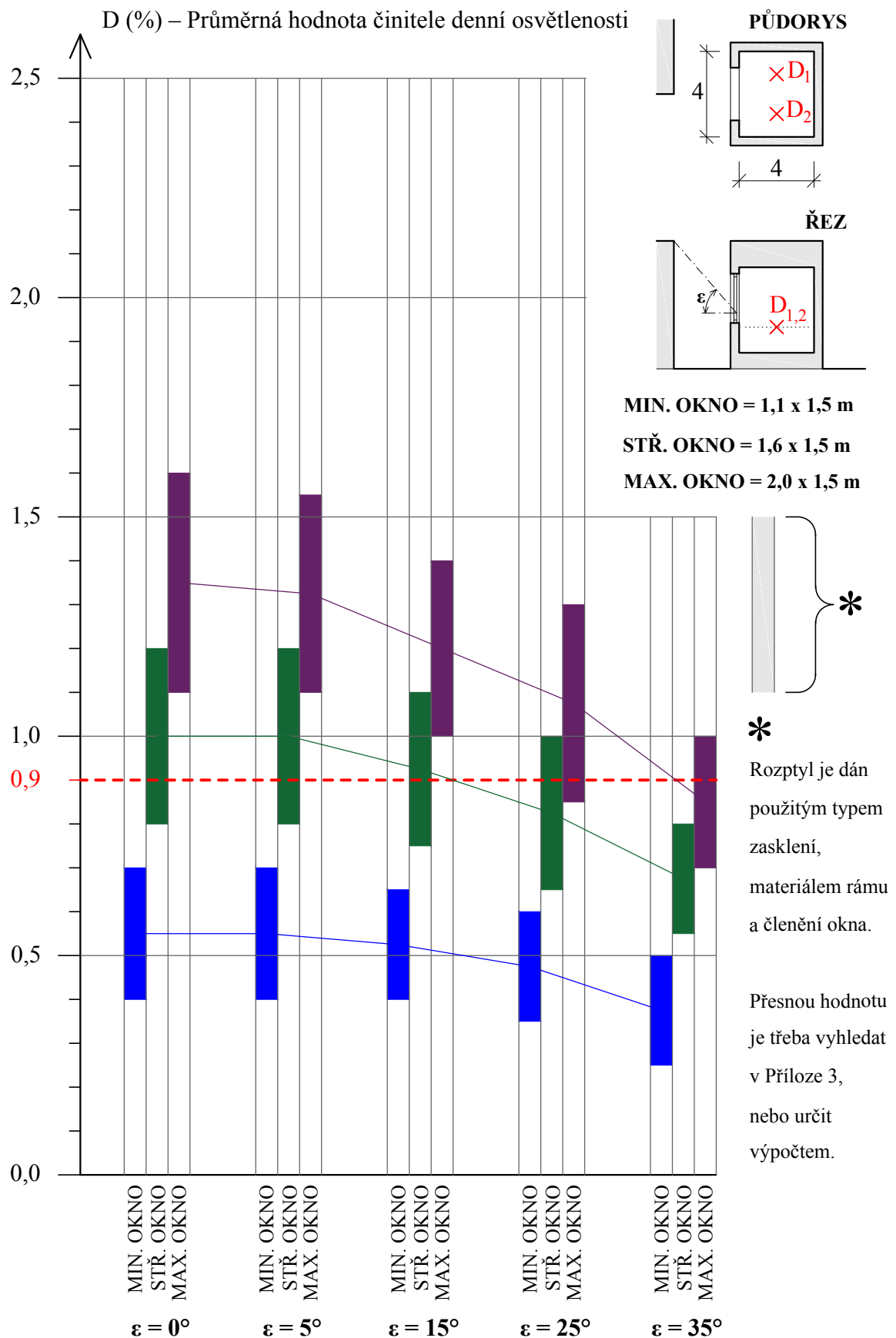


Graf č. 26 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 3 m, B = 6 m

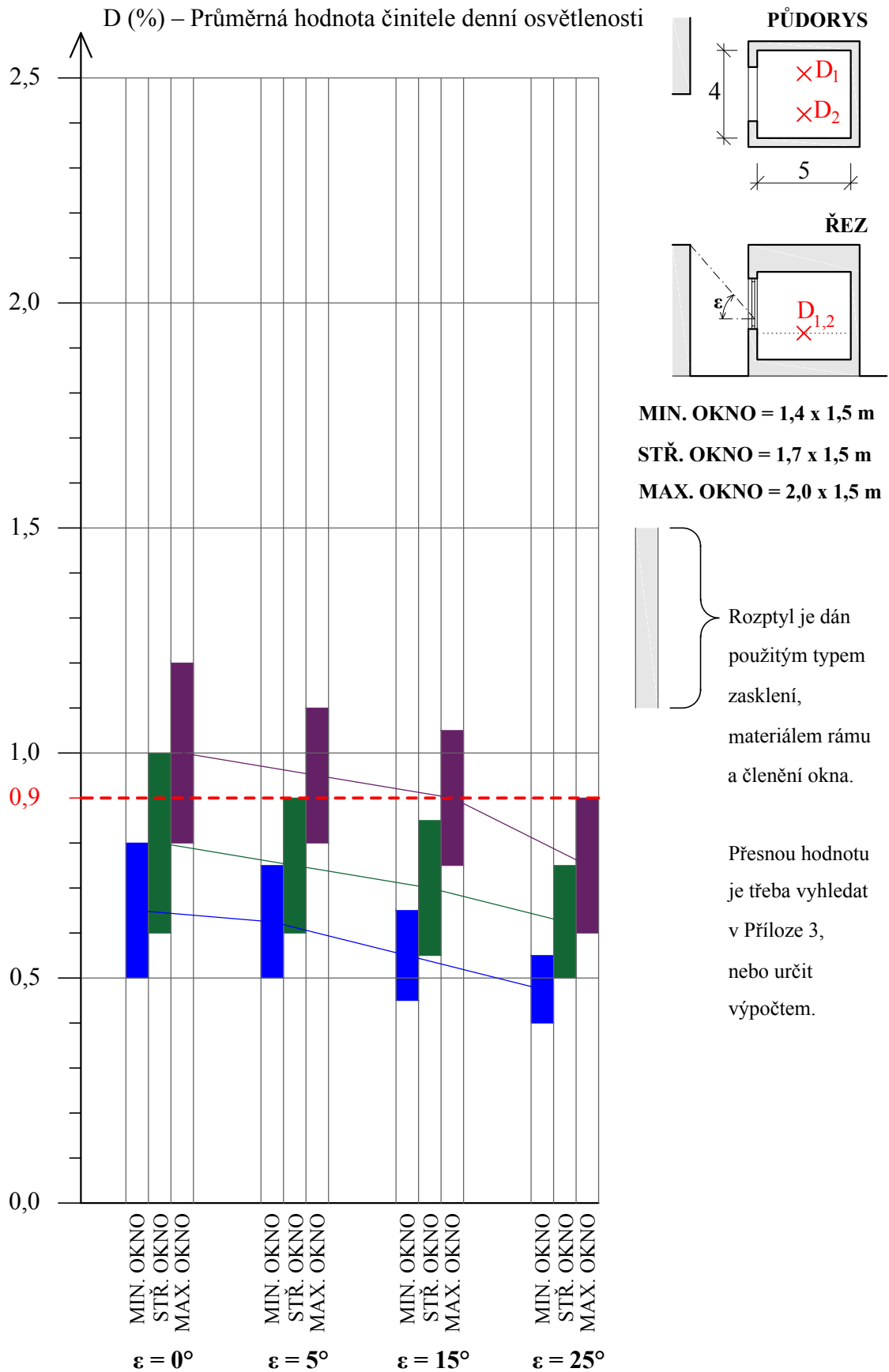
Graf č. 27 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 3 m



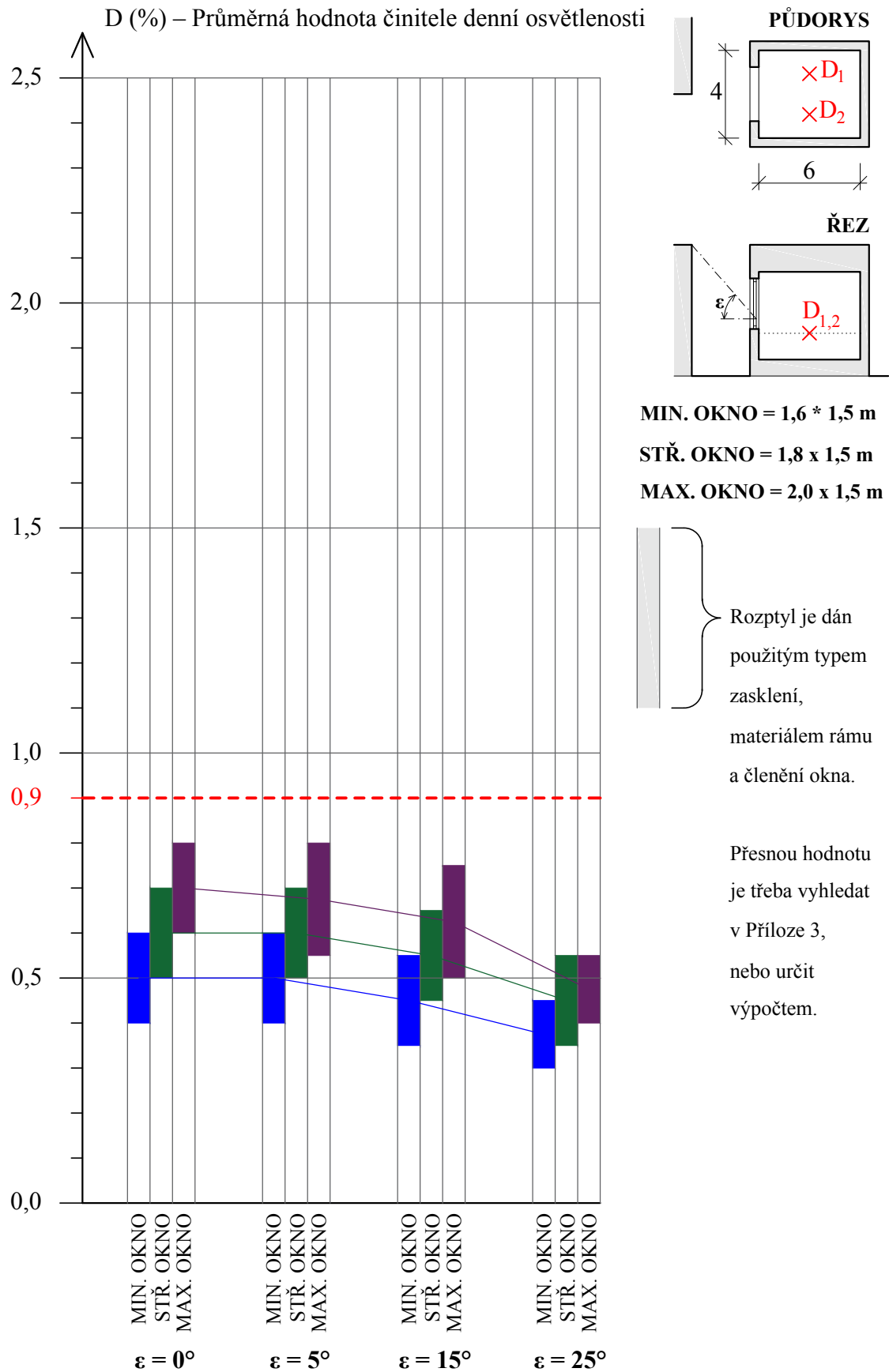
Graf č. 28 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 4 m



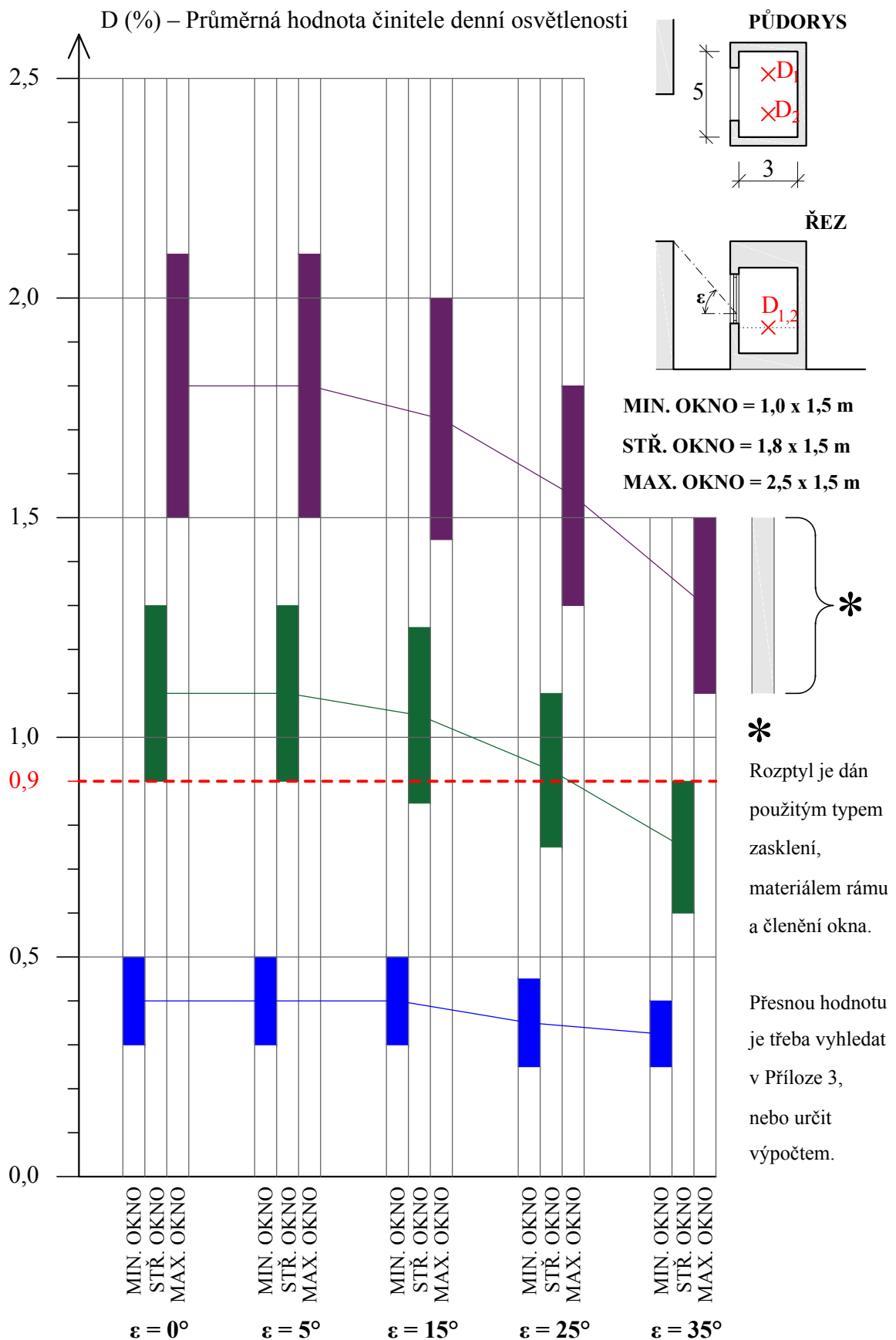
Graf č. 29 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 5 m



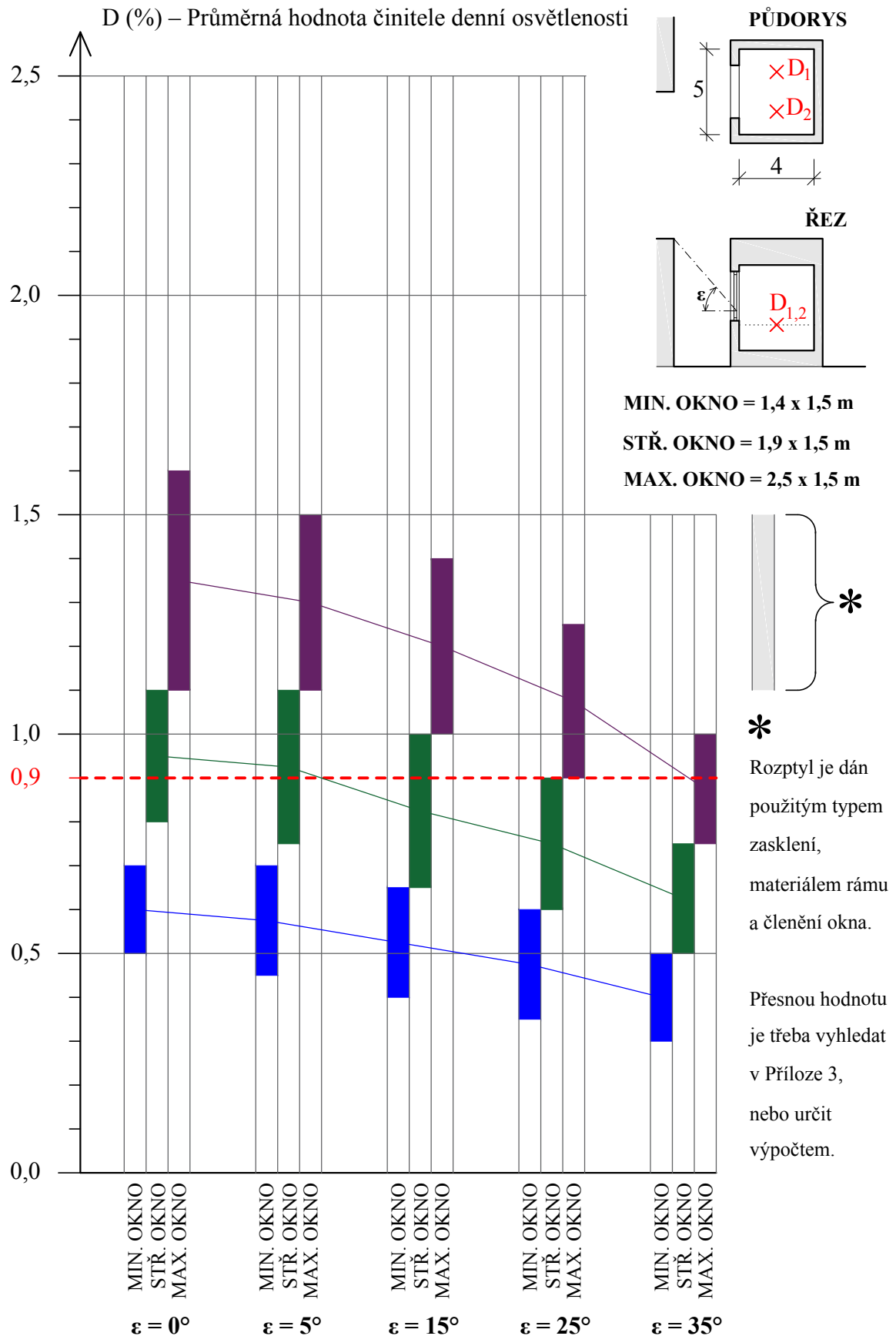
Graf č. 30 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 4 m, B = 6 m



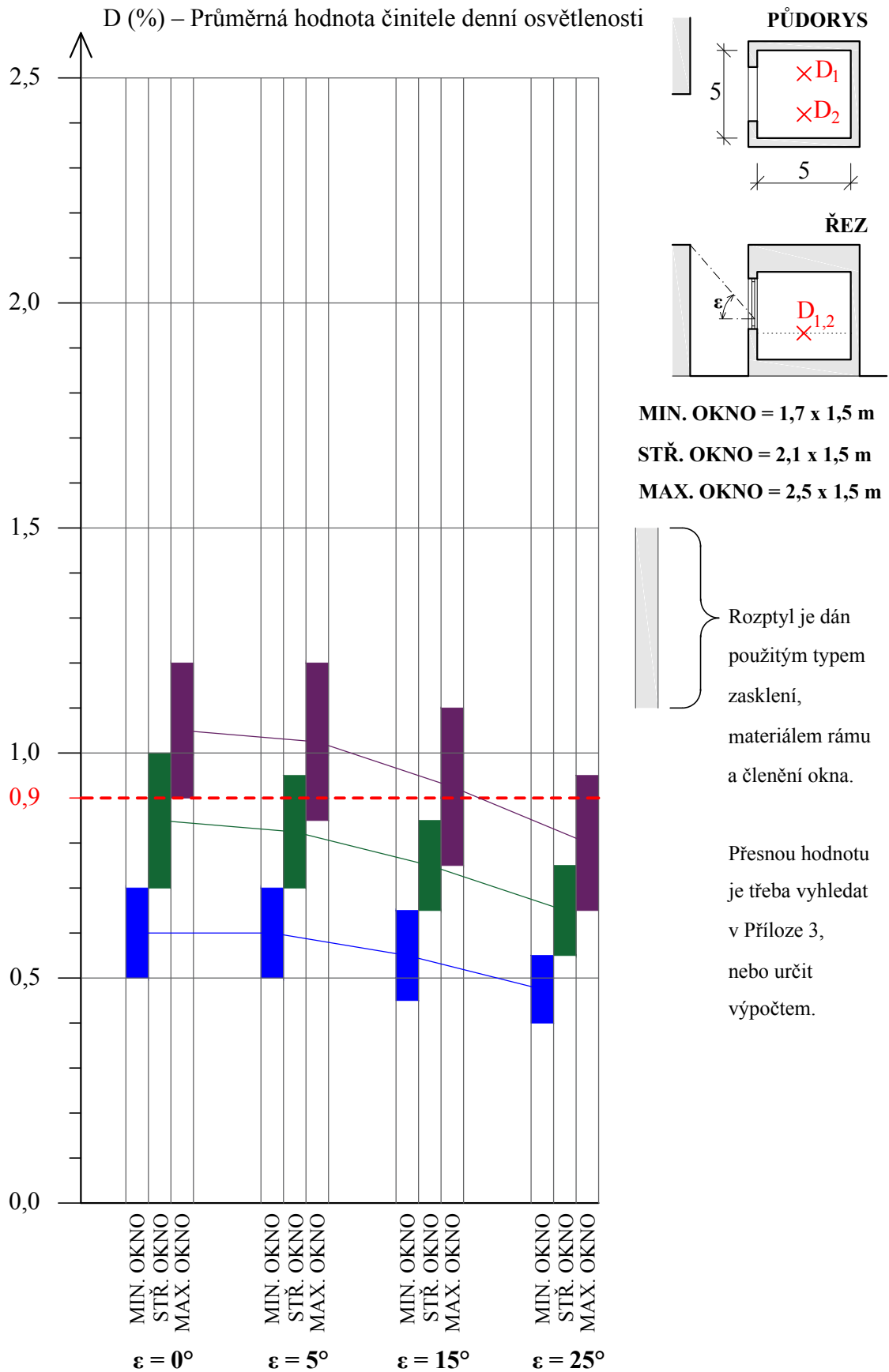
Graf č. 31 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 3 m



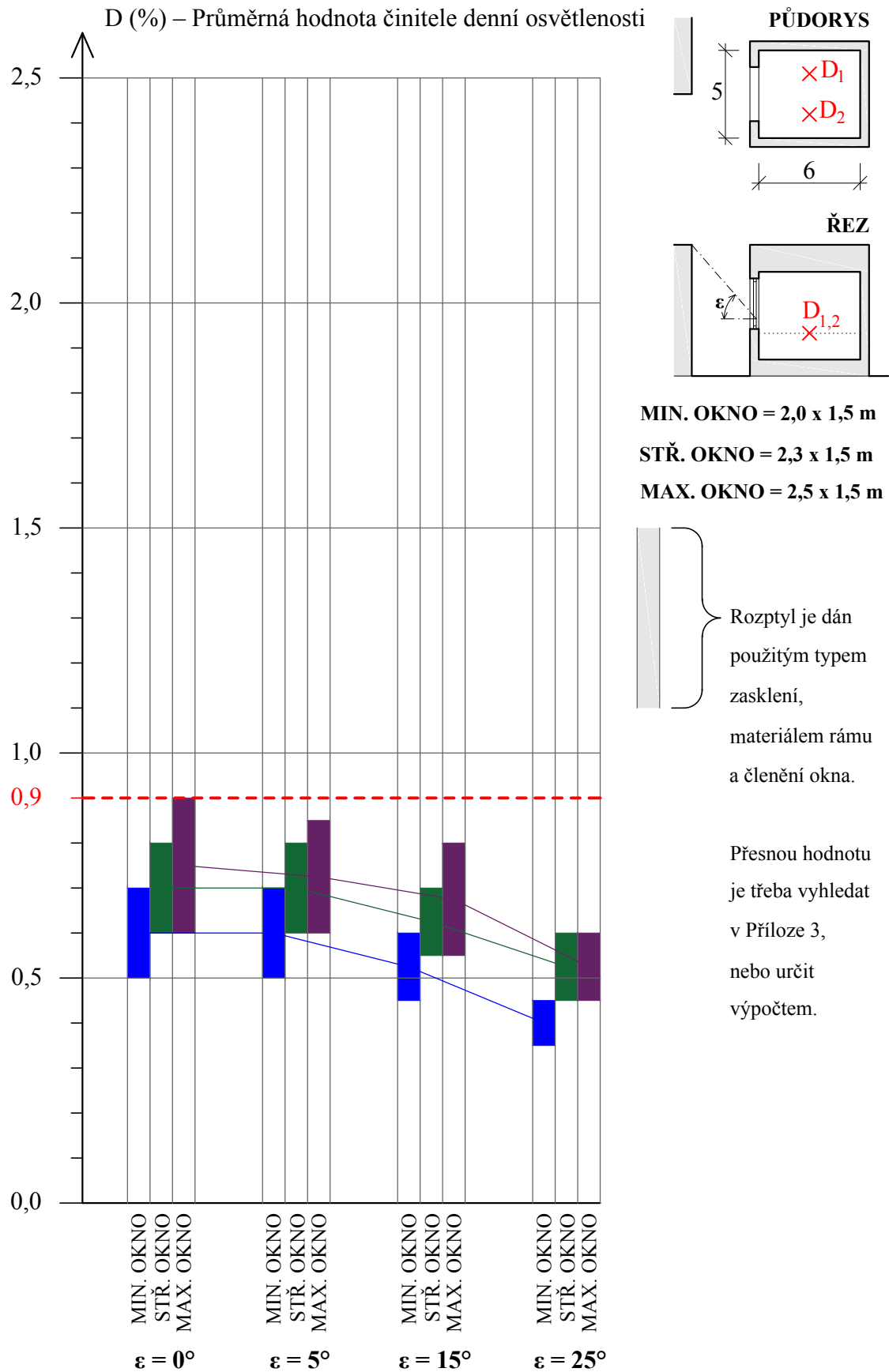
Graf č. 32 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 4 m



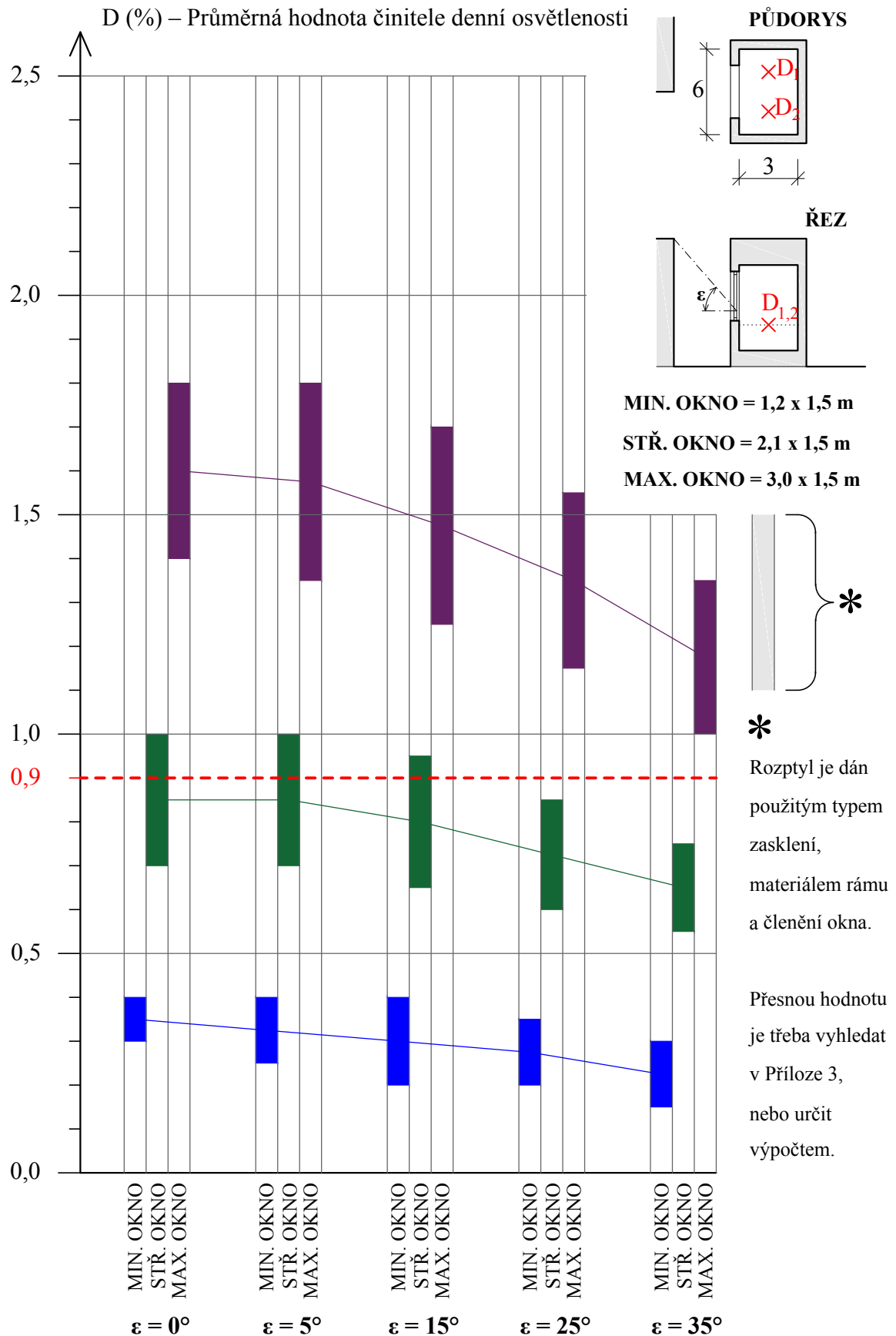
Graf č. 33 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 5 m



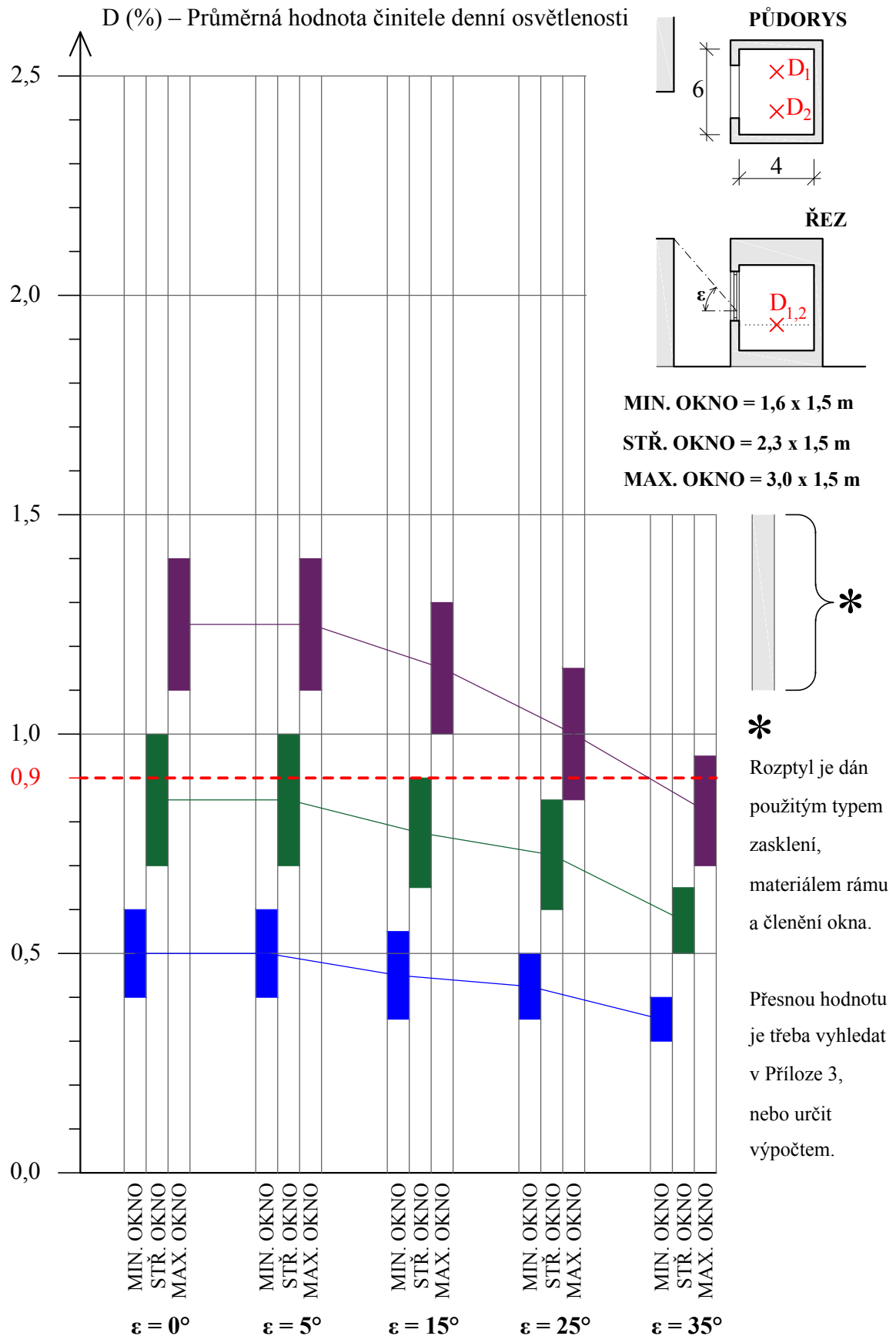
Graf č. 34 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 5 m, B = 6 m



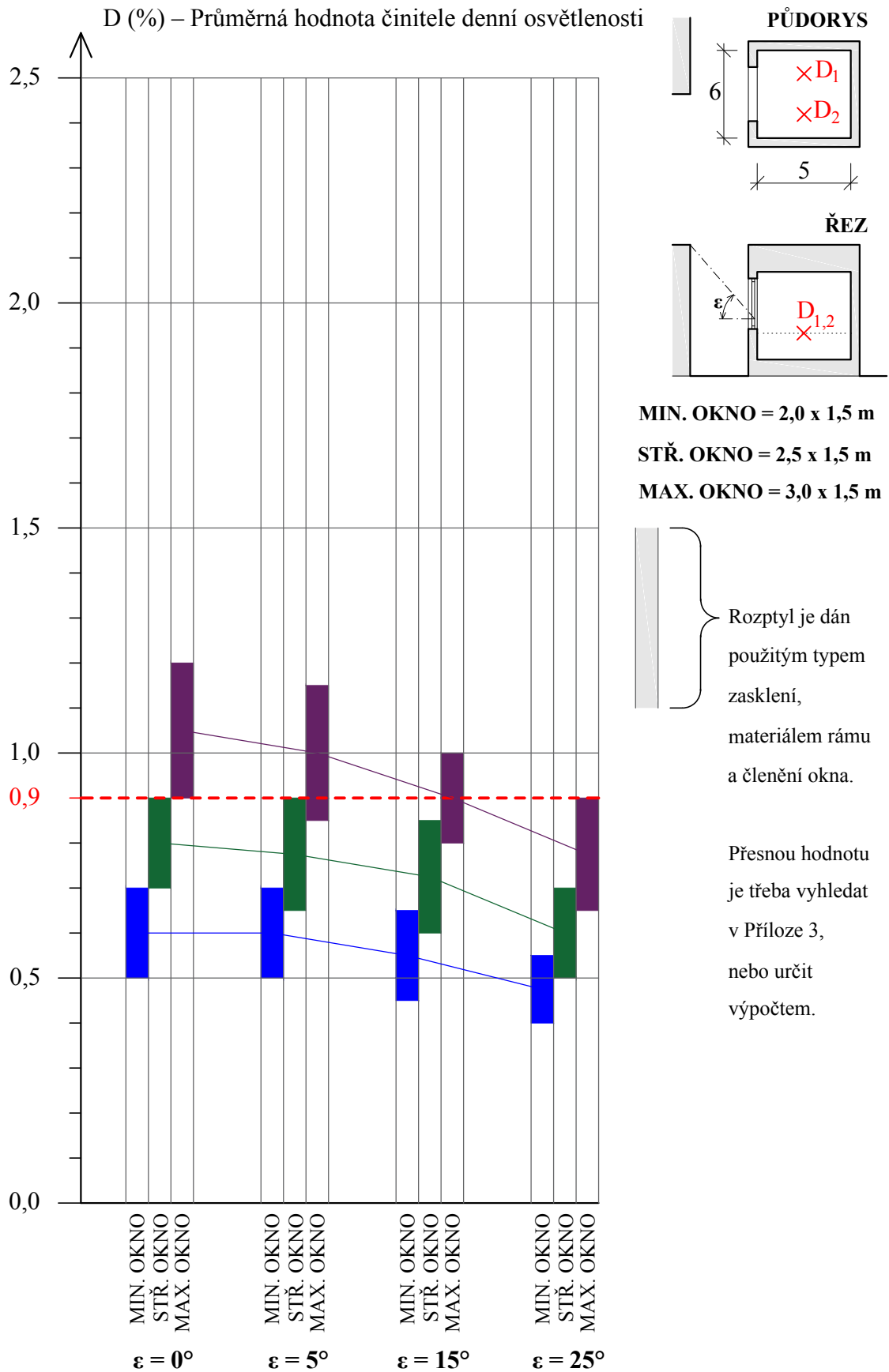
Graf č. 35 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 3 m

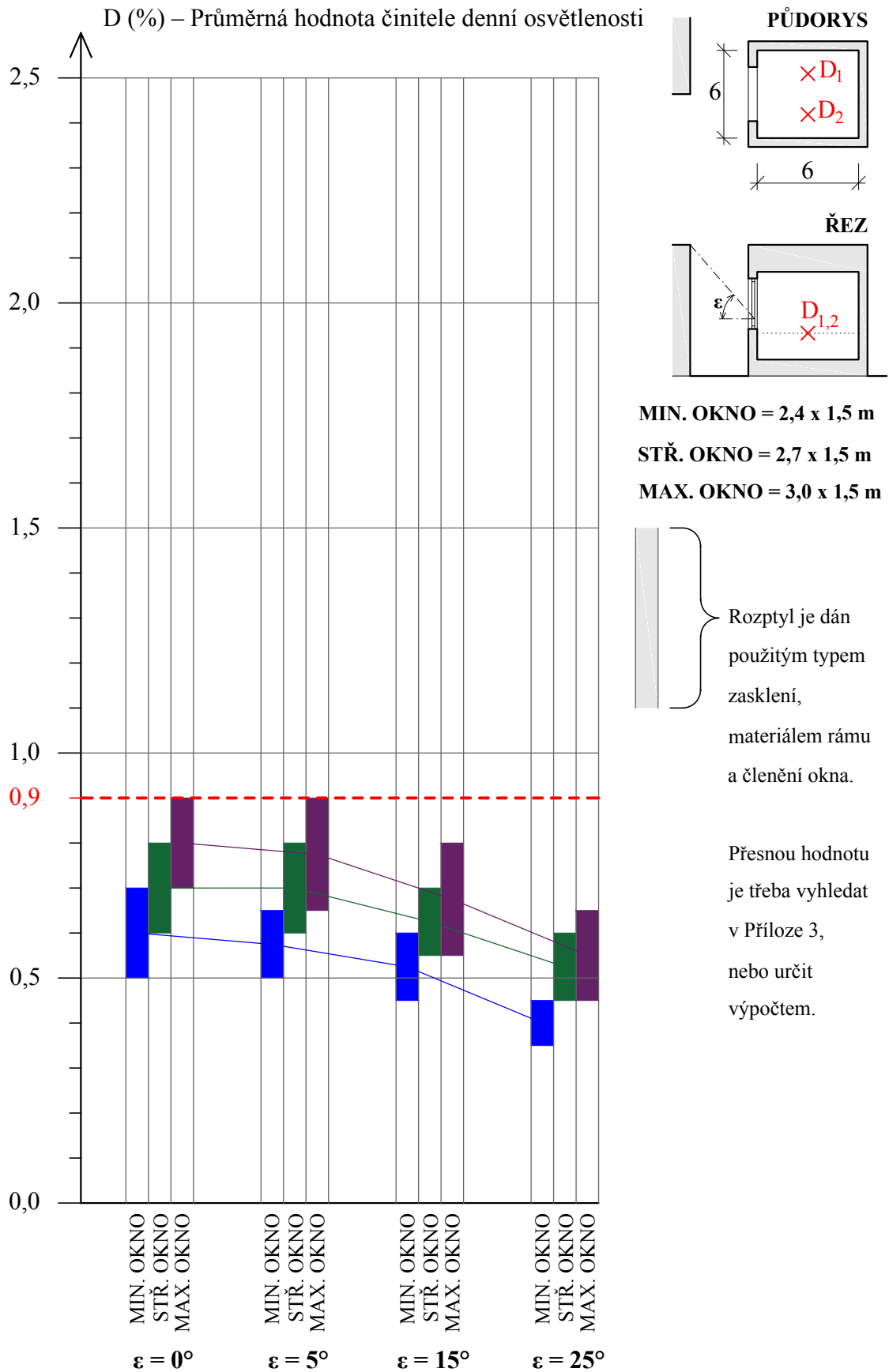


Graf č. 36 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 4 m



Graf č. 37 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 5 m



Graf č. 38 – Délkově omezená stínící překážka, místnost o rozměrech: A = 6 m, B = 6 m

ZÁVĚR

Zadáním této diplomové práce bylo popsat požadavky, které jsou kladeny na proslunění a denní osvětlení, jenž jsou popsány v první části této diplomové práce, společně s doplňujícími informacemi o světelné technice.

Dále byly v práci stanoveny parametry (okrajové podmínky, jako jsou parametry místnosti, okna a stínících překážek), ovlivňující výsledky světelné techniky. Následně proběhly za pomoci programu Světlo+ [19] výpočty všech modelových stavů proslunění a denního osvětlení. Celkový počet výpočtů proslunění byl 740 a výpočtů denního osvětlení dokonce 7776. Zejména kvůli své nadměrné velikosti nebyly uloženy ve standardních přílohách této práce, ale jsou součástí přiloženého DVD.

V závěru práce byla úroveň denního osvětlení na dvou vybraných místnostech s průběžnou stínící překážkou a s několika výškami zastínění posouzena měřením na modelu. Výsledné hodnoty byly následně upraveny o opravné součinitele a porovnány s vypočtenými situacemi.

Výstupem diplomové práce jsou grafy pro určování doby proslunění a hodnoty činitele denní osvětlenosti, pomocí kterých lze předběžně posoudit místnost, bez nutnosti výpočtu. Celkový počet těchto výsledných grafů je 36, konkrétně se jedná o 4 grafy pro proslunění a zbylých 32 je určeno pro denní osvětlení. Mohly by je užívat jak osoby, které chtějí vědět, zda je jejich místnost dostatečně prosluněna či osvětlena, tak stavební úřady či firmy. Velkou výhodou těchto grafů je, že jsou oproti běžným výpočetním postupům o dost jednodušší a také rychlejší.

Pokračováním této práce by mohlo být rozšíření měření i výpočtu, například při různých stavech stínění, barevnostech interiérů, odrazivostech stínících překážek či členění oken. Dalšími možnostmi je také rozšíření množství velikostí místností, osvětlení více okny v průčelní fasádě, nebo dokonce boční osvětlení či různé velikosti oken. Těmito alternativními možnostmi by zajisté došlo k obsáhnutí většího množství reálných místností.

ZDROJE

[01]

PLCH, Jiří., SUCHÁNEK, Petr., MOHELNÍKOVÁ, Jitka. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. Brno: ERA group, 2004. ISBN 80–86517–82–9.

[02]

KUPKA, František., GRUS, Pavel. *Osvětlovací sklo a svítidla v interiéru*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987.

[03]

JANDORA, Radek. *Základní poznatky kvantové fyziky*. [online]. Dostupné z: <http://radek.jandora.sweb.cz/f20.htm#fotony>.

[04]

ČECHURA, Jiří., WEIGLOVÁ, Jiřina. *Stavební tepelná technika, akustika a denní osvětlení, 2. Díl: Denní osvětlení a stavební akustika*. Praha, Nakladatelství ČVUT 1984.

[05]

HALAHYJA, Martin. *Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie: celoštátna vysokoškolská učebnica pre stavebné fakulty vysokých škôl*. Bratislava: Alfa, 1985. Edícia stavebníckej literatúry (Alfa).

[06]

VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika: cvičení*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978–80–01–058–58–9.

[07]

ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: ÚNMZ. Říjen 2012.

[08]

WEIGLOVÁ, Jiřina, Daniela BOŠOVÁ a Jan KAŇKA. *Stavební fyzika 1*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80–01–03392–9.

[09]

KAŇKA, Jan. *Denní osvětlení obytných místností*. In: <http://www.odbornecasopisy.cz/> [online]. Created&designed by Residit s.r.o. [vid. 2010_01]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/denni-osvetleni-obytnych-mistnosti—15411](http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/denni-osvetleni-obytnych-mistnosti-15411).

[10]

ČSN 73 0580 – 1 a 2. *Denní osvětlení budov – Část 1 a 2: Denní osvětlení budov*. Praha: ÚNMZ. Červen 2007.

[11]

Výrobce oken VEKRA. In: <https://www.vekra.cz/> [online]. Window Holding a.s. [vid. 2015]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/sortiment/okna-dvere/okna/>.

[12]

Výrobce oken TOP WOOD WINDOWS. *Dřevěná okna a dveře 2. vydání*. Výroba a obchodní oddělení TWW – Zašová, 2013–2014.

[13]

RYŠÁNEK, Antonín., ZAMAZAL, Petr., BOUCHAL, Martin. *Profilace oken ALBO*. Albo – Osek nad Bečvou, 2009.

[14]

Výrobce oken OTHERM. In: <https://www.otherm.cz/> [online]. Window Holding a.s. Dostupné z: <http://www.otherm.cz/1087-plastova-okna-profilove-systemy.html>.

[15]

Výrobce oken HEROAL, In: <https://www.heroal.eu/> [online]. Heroal [vid. 2016].

[16]

Výrobce oken OKNA.EU, *Technická knihovna*. In: <http://www.okna.eu/> [online].
Dostupné z: <http://www.okna.eu/technicka-knihovna/>.

[17]

IZOLAČNÍ SKLA s.r.o., *katalog*, Brno.

[18]

KOVÁČ. *Základní škála skel a parametry*. Dubnica nad Váhom: AGC Glass Europe.

[19]

KAŇKA, Jan., SLEZÁK, Jiří., VLASÁK, Emil., POLÁŠEK, Jaroslav. *Světlo+* [software]. Dostupné z: <http://www.svetloplus.cz/index.php?p=uvod>. Požadavky na systém: operační systém Windows, žádné speciální nároky.

[20]

ČSN 36 0011 – 1. *Měření osvětlení prostorů – Část 1: Základní ustanovení*. Praha: ÚNMZ. Únor 2014.

[21]

ČSN 36 0011 – 2. *Měření osvětlení prostorů – Část 2: Měření denního osvětlení*. Praha: ÚNMZ. Únor 2014.

[22]

RYBÁR, Peter. *Denní osvětlení a oslunění budov*. Brno: ERA, 2002. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-86517-33-0.

PŘÍLOHY:

PŘÍLOHA 1

PROSLUNĚNÍ – Výstupy z výpočetního programu

PŘÍLOHA 2

DENNÍ OSVĚTLENÍ – PRŮBĚŽNÁ STÍNÍCÍ PŘEKÁŽKA – Výstupy z výpočetního programu

PŘÍLOHA 3

DENNÍ OSVĚTLENÍ – DÉLKOVĚ OMEZENÁ STÍNÍCÍ PŘEKÁŽKA – Výstupy z výpočetního programu

POZNÁMKA:

- Přílohy jsou umístěny na přiloženém DVD.