

## DIE WARME HANGZONE IM GEBIET VON PAVLOVSKÉ VRCHY—BERGE

P. Prošek

Katedra geografie přírodovědecké fakulty,  
Brno, Kotlářská 2, ČSSR

Došlo: červenec 1974



### SHRNUTÍ

Tento článek těsně navazuje na předchozí autorovu práci: Nepravidelný průběh nočního ochlazování v západní části Pavlovských vrchů (P. Prošek, 1972, 332—344) — ve které je popsána i metodika terénních klimatických měření a výběr zpracovávaného materiálu.

V předkládané práci je pojednáno nejprve o teorii vzniku teplé svahové zóny a jsou hodnoceny názory některých autorů, zabývajících se uvedenou problematikou (R. Geiger, 1961, 451—458; H. Berg, 1951, 229—235; E. Pelzl, 1957, 89—93; H. G. Koch, 1961, 151—171).

Na příkladech rozložení minimálních teplot ve vybraných jasných a klidných nocích je poukazováno na závislost mezi vznikem teplé svahové zóny a úhlem sklonu svahu. S přihlédnutím k tomu, zda bylo nebo nebylo možno určit počátek a konec trvání teplé svahové zóny a vzhledem ke kontinuitě jejího trvání byla provedena typizace teplé svahové zóny a statisticky byly zpracovány termíny počátku, konce a délky trvání teplé svahové zóny a dále hodnoty maximálních diferencí teploty při výskytu teplé svahové zóny mezi svahovými a úpatními a svahovými a vrcholovými stanicemi NE a SE svahu Děvína a E a W svahu Stolové hory. Korelačními koeficienty byla zjištěna těsnost vztahu mezi délkou trvání teplé svahové zóny a hodnotou maximální difference teploty u dvojic uvedených stanic. Významnost korelačních koeficientů byla hodnocena testováním korelačního koeficientu.

Na základě tohoto rozboru můžeme konstatovat, že teplá svahová zóna na svazích Pavlovských vrchů je velmi výrazná. Čas jejího počátku a délka trvání závisí na ozáření svahů v pozdních odpoledních hodinách a tedy na orientaci svahů. Z rozboru typů teplé svahové zóny je zřejmé, že její výskyt mnohdy úzce souvisí s rozdělením teploty vzduchu na svazích v denních hodinách a že její trvání, eventuálně přerušování, závisí na nepravidelných poklesech teploty v noci.

Podle času výskytu maximální difference teploty mezi svahovými a úpatními a svahovými a vrcholovými stanicemi můžeme noci s výskytem teplé svahové zóny rozdělit na dvě části: v první studený vzduch stagnuje na vrcholových plošinách vyvýšenin a maximální difference teploty se vyskytují mezi střední a vrcholovou částí svahů; ve druhé, po stoku studeného vzduchu z vrcholových partií reliéfu do okolních sníženin, se maximální difference teploty vyskytují mezi středními a úpatními částmi svahů.

Резюме

### ТЕПЛАЯ ЗОНА СКЛОНА В ОБЛАСТИ ПАВЛОВСКИХ ХОЛМОВ

Павел Прошек

Эта статья имеет тесную связь с предыдущей работой автора — Нерегулярный ход ночного охлаждения в западной части Павловских холмов, в которой описываются также методика полевых климатических измерений и выбор разрабатываемого материала.

В предлагаемой работе дана в первую очередь теория возникновения теплой зоны склона и подвергаются оценке взгляды некоторых авторов, занимающихся указанной тематикой [R. Geiger (1961), H. Berg (1951), E. Pelzl (1957) и H. G. Koch (1961)].

На примерах распределения минимальных температур в избранные ясные и спокойные ночи показана зависимость между образованием теплой зоны склона и углом склона. В зависимости от того, является ли возможным или невозможным определение начала и конца, и с учетом её непрерывности или перерывов в её существовании была проведена типизация теплой зоны склона. Статистически были обработаны, с одной стороны сроки начала и конца а также продолжительность существования теплой зоны склона, с другой стороны — величины максимальных дифференций температуры при появлении теплой зоны склона между станциями, находящимися на склоне и у подошвы, и между станциями, находящимися на склоне и на вершине СВ и ЮВ склонов Девина и В и З склонов Столовой горы. С помощью корреляционных коэффициентов определялась теснота отношения между продолжительностью существования теплой зоны склона и величиной максимального различия температуры между парами приведенных станций. Значение корреляционных коэффициентов оценивалось тестом корреляционного коэффициента.

На основе данного анализа можно определить, что теплая зона склона Павловских холмов резко выделяется. Время её начала и продолжительность её существования зависят от облучения склонов в поздние часы полудня, следовательно, от ориентации склонов. Из анализа типов теплой зоны склона очевидно, что её появление часто приходится в тесной связи с распределением температуры воздуха на склонах во время дня и что её существование или перерывы зависят от нерегулярных падений температуры ночью.

По времени появления максимального различия температуры между станциями, находящимися на склонах и у подошвы и между станциями — на склонах и на вершинах — ночи с появлением теплой зоны склона могут быть разделены на две части: В первой холодный воздух стагнирует на вершинных площадях возвышенностей и максимальные различия температуры встречаются между средней и вершинной частями склона, во второй — после падения холодного воздуха с вершинных частей рельефа в близлежащие низменные места максимальные различия температуры встречаются между средними частями склона и частями, расположенными у подошвы склона.

## 1. EINLEITUNG

Im Jahre 1972 habe ich im Artikel „Nepřavidelný průběh nočního ochlazování v západní části Pavlovských vrchů“ (Der unregelmäßige Verlauf der nächtlichen Abkühlung im westlichen Teil der Pollauer Berge) (P. Prošek, 1972, 322—344) einen Teil der Ergebnisse der Geländeklimamessungen publiziert, die der Lehrstuhl für Geographie an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der UJEP in Brno im Gebiet von Děvín-Berg und Stolová hora-Berg in der Zeit vom 1. 10. 1967 bis 30. 9. 1968 ausgeführt hatte. Diese Arbeit ist mit dem obenangeführten Artikel eng verbunden, weil ich hier die Folgerungen früher beschriebener Hangzirkulation im Laufe der Nacht abkühlung in Pavlovské vrchy (Pollauer Berge) bewerte.

Die Arbeitsmethodik, die Geländeklimastationsverteilung, die Instrumentsausrüstung und die Auswahl des behandelten Materials ist schon im angeführten Artikel beschrieben und deswegen führe ich hier lediglich die schematische Karte von Pavlovské vrchy-Berge an, aus welcher das Geländeklimastationsnetz und im nachstehenden Text benutzte Stationsnummerierung hervorgeht (Abb. 1).

## 2. ENTSTEHUNG DER WARMEN HANGZONE

Die Ansichten über die Entstehung der warmen Hangzone haben sich gleichzeitig mit dem Vertiefen der Kenntnisse über das Herabfließen der Kaltluft aus den Hängen

PRŮJ. Č. UK 393/05		SIGNATURA UK	
3145323816		1975	
LOKALITE: uk-sklaol			
PRŮJ. Č. DK		SIGNATURA DK	

entwickelt. Die ursprüngliche Entstehungstheorie der warmen Hangzone nach *R. Geiger* (1961, 541—548), *H. Berg* (1951, 229—235) oder *E. Pelzl* (1957, 89—93), welche die warme Hangzone als Nachfolge des Kaltluftflusses von den Hängen und des Turbulenzaustausches zwischen dieser Luft und der wärmeren Luft über dem Talboden geschätzt haben, wurde mit den Ergebnissen der detaillierten Temperaturmessungen in verschiedenen Hangprofilen von *H. G. Koch* (1961, 151 bis 171) ergänzt. Im Zusammenhang mit der Dynamik des Kaltluftflusses aus verschiedenen Hangneigungen (*P. Prošek*, 1972, 328—329) wurde festgestellt, daß die Entstehung der warmen Hangzone durch das Herabfließen der relativ warmen Luft aus den stark geneigten Hangpartien bedingt ist, während auf den weniger geneigten Hangabschnitten und auf den Hang- oder Gipfelplateaus, wo die Luft länger stagniert, zu seiner ausgeprägten Erkältung kommt. Auf den Hängen mit der gleichen Neigung bildet sich die warme Hangzone als Auswirkung der Bodeninversionsbildung auf dem Talboden und auf den flachen, oder wenig geneigten Gipfel- oder Hangkammern und des dynamisch bedingten Kaltluftflusses aus den Hängen.

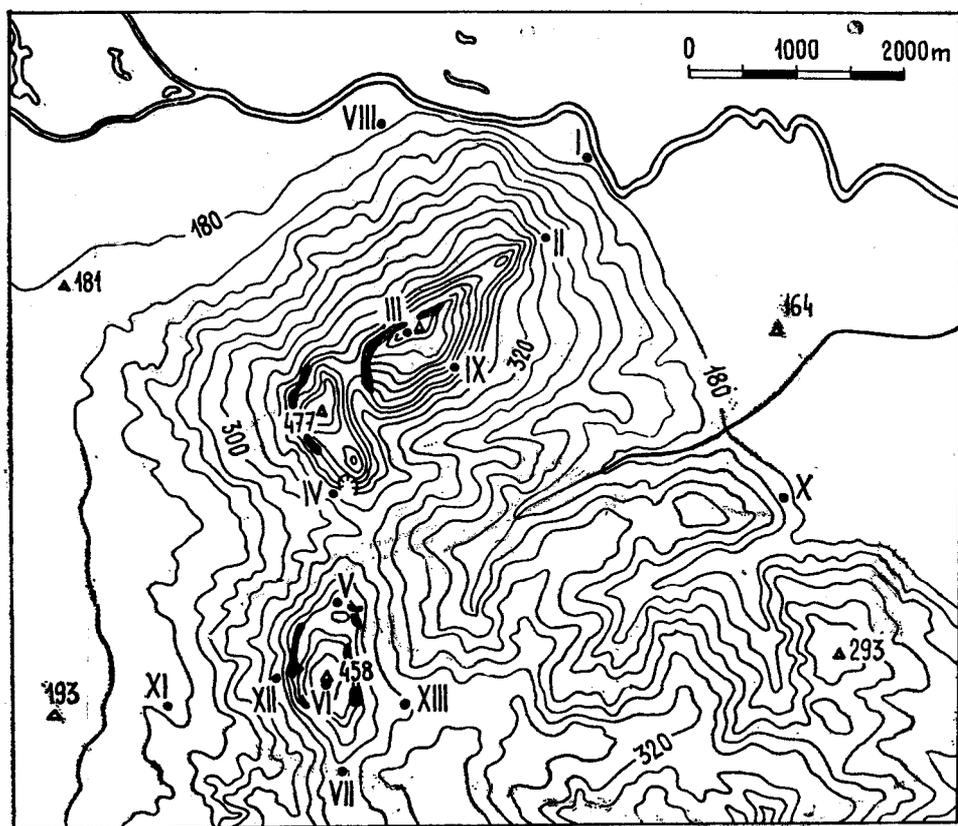
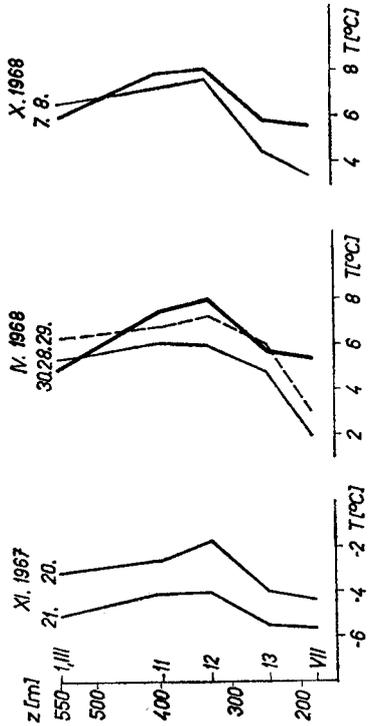
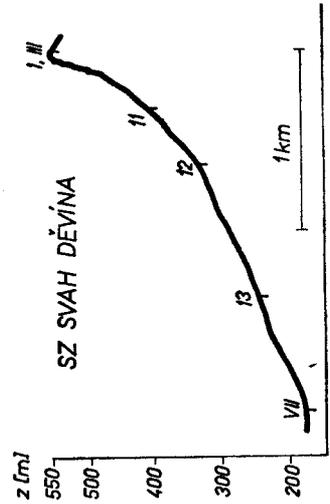
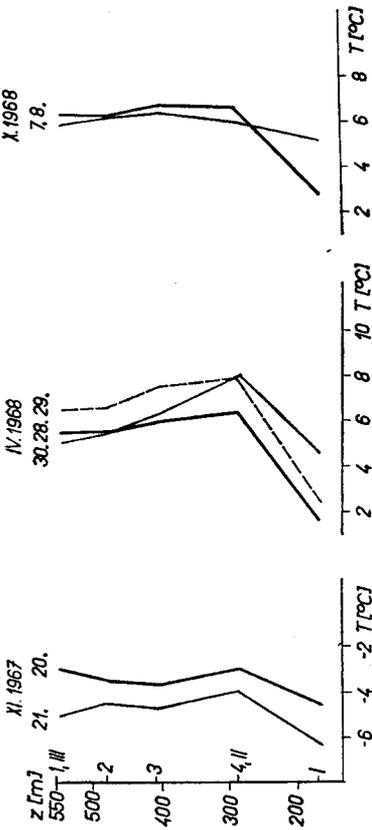
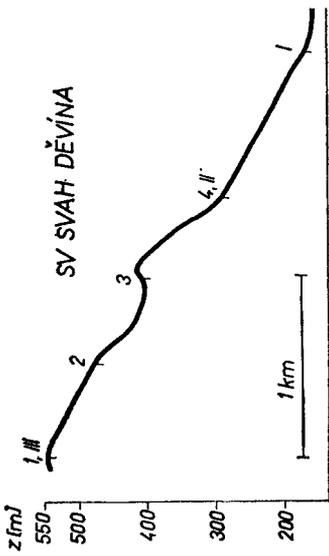


Abb. 1. Das Netz der Geländeklimastationen in dem Gebiet von Pavlovské vrchy-Berge. (Δ — die Höhenpunkte; ● XII — die Geländeklimastationen).



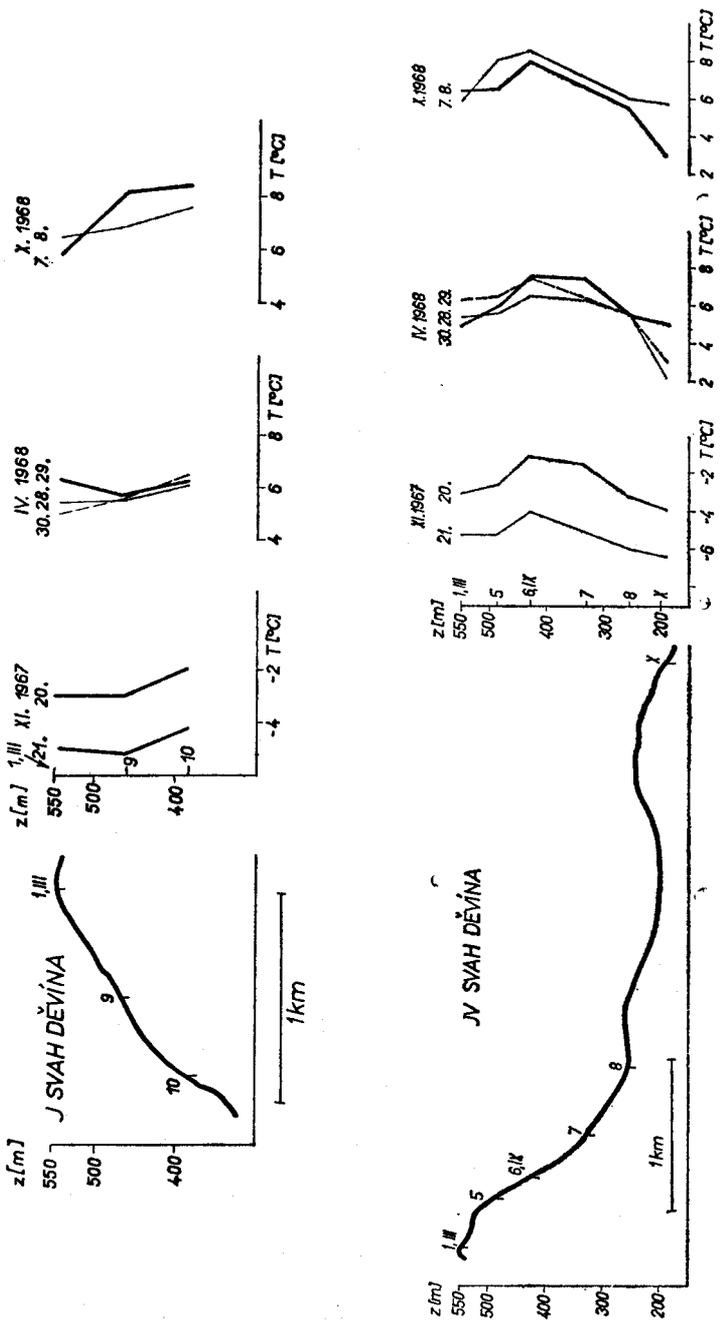


Abb. 2.—5. Minimaltemperaturzerlegung in den NE-, NW-, S- und SE-Hangprofilen von Děvín. Berg in den ausgewählten Tagen der kurzzeitigen Messungen. ( $T(^{\circ}\text{C})$  — die Lufttemperatur;  $z(\text{m})$  — die Höhe ü.d.M.).

Die Hänge mit der veränderlichen Hangneigung kann man in zwei Abschnitte teilen: der kältere — mit der kleinen und der wärmere — mit der ausgeprägten Hangneigung. Auf solchen Hängen gibt es keine kontinuierliche warme Hangzone, sondern die in mehrere, auf die steilen Hangteile gebundene Abschnitte zerfallen ist.

In Übereinstimmung mit *H. G. Koch* (1961, 151—171) kann man behaupten, daß die Temperaturverteilung im Hangprofil in den Nachtstunden knapp mit der Hangneigung der einzelnen Hangpartien zusammenhängt. Diese Abhängigkeit wurde auch im Forschungsgebiet festgestellt und ist in den Abb. 2, 3, 4 und 5 durch die Beispiele der Minimaltemperaturverteilung auf den Hängen von Děvín-Berg während der kurzzeitigen Messungen angeführt. Für die bessere Darstellung der angeführten Abhängigkeit sind an die Kurven der Minimaltemperaturverteilung auf den Hängen die Hangprofile der einzelnen Hänge von Děvín-Berg angeschlossen. Zu den Hangprofilkurven sind mit den römischen Zahlen die Grundstationen und mit den arabischen Zahlen die Stationen der kurzzeitigen Messungen, die in den Tagen 18. bis 22. 11. 1967, 26. 4.—1. 5. 1968 und 4.—9. 10. 1968 durchgeführt wurden, bezeichnet.

Durch das Vergleichen der Temperaturverteilung zwischen den Bergfuß- und Gipfelhangabschnitten in Abb. 2, 3, 4 und 5 kann man feststellen, daß in der Mehrheit der Fälle die höchste Temperatur in den Stationen, die auf der steilsten Hangneigung oder in ihrer Nähe lokalisiert sind, vorkommt. Für die Minimaltemperaturverteilung ist weiter der intensive Temperaturzuwachs von dem Bergfuß zu den mittleren Hangabschnitten charakteristisch. Als typisch ist auch die Temperaturabnahme über dem warmen Hangzonengebiet Richtung Gipfel von Děvín zu schätzen, die mit der Kaltluft auf dem Gipfelsplateau und teilweise offensichtlich mit der allgemeinen Temperaturabnahme mit der Höhe über der Inversionsobergrenze gebunden ist.

Für die Analyse der Temperaturverteilung in der bodennahen Luftschicht zwischen den Bergfuß- und Gipfelhangpartien in den heiteren und ruhigen Nächten, die nach den früher angeführten Kriterien (*P. Prošek*, 1972, 324, 325) den warmen Hangzone auftreten gemäß ausgewählt wurden, habe ich die Messungen der Grundgeländeklimastationen benützt, welche im NO- und SO-Hangprofil von Děvín, W-Profil von Stolová hora-Berg und auf beiden Gipfelstationen untergebracht wurden. Bei dem Feststellen der warmen Hangzone auf dem W-Hang von Stolová hora-Berg wurden die Stationen Nr. XIII und VI und als Bergfußstation die Station Nr. X benützt. Die Angaben der letzten Station sind also gemeinsam für die Bewertung der Temperaturverteilung auf dem SO-Hang von Děvín-Berg und dem O-Hang von Stolová hora-Berg benützt. Die Temperaturverteilung auf den anderen Hängen von Pavlovské vrchy-Berge mit Rücksicht auf die warme Hangzone wurde nicht geschätzt — entweder deshalb, daß in seinem Mittelabschnitt die Geländeklimastationen fehlten (NW-Hang von Děvín-Berg), oder daß diese Hänge nicht Dunajovická sníženina-Senkung oder den Talboden von Dyje (Thaya) bei Dolní Věstonice oder Pavlov erreichen.

Die Größe der nächtlichen Temperaturabnahme und das Bestimmen der Dauer und der Ausprägung der warmen Hangzone wurde nach der Stundenauswertung der Thermographregistrierungen durchgeführt. Dabei hat man festgestellt, daß man die der warmen Hangzone entsprechende Temperaturverteilung im Forschungsgebiet in drei Haupttypen, die weiter mit den römischen Zahlen I, II und III bezeichnet sind (siehe Abb. 6), gliedern kann.

Der warme Hangzontyp I wird gebildet als Ergebnis des nächtlichen, dynamisch bedingten Kaltluftflusses und in den Abend- bzw. frühen Morgenstunden

hängt keinesfalls mit der täglichen Hangtemperaturverteilung zusammen. Dieser Typ dauert ohne Abbruch, während der Typ II durch das Unterbrechen der warmen Hangzone charakteristisch ist. Dieses Unterbrechen ist höchstwahrscheinlich mit früher beschriebenen Unregelmäßigkeiten in dem Nachtabkühlungsprozeß bedingt (P. Prošek, 1972, 322—342).

Der warme Hangzonentyp III ist zwar durch gleiche Prozesse wie die beiden vorstehenden bedingt, bildet sich jedoch durch flüssigen Übergang aus der Temperaturverteilung in den Spätnachmittagstunden, die in diesem Fall durch die höchste Temperatur in der Hangmitte typisch ist. Der letzte warme Hangzonentyp erhält sich manchmal bis zu den Morgenstunden und er kann dann wieder in die Temperaturverteilung, die nach dem Sonnenaufgang wegen intensiver Erwärmung des Mittelhangesabschnittes den ähnlichen Charakter hat, übergehen. Die Bestimmung der Anfangs- und der Schlußzeit, eventuell der beiden charakteristischen Termine der warmen Hangzone bei diesem Typ ist also ausgeschlossen.

Die der warmen Hangzone entsprechende nächtliche Temperaturverteilung ist in dem Forschungsgebiet als typisch zu schätzen. Infolgedessen, daß die Abhängigkeit der weiter geschätzten Zeit- und Temperaturcharakteristiken der warmen Hangzone von der Jahreszeit nicht festgestellt wurde, habe ich den ganzen untersuchten Zeitabschnitt mit der Ausnahme der nicht verarbeiteten Wintermonate im Block eingeschätzt. Der Überblick über die Fallanzahl der warmen Hangzone auf den angeführten Hängen von Pavlovské vrchy-Berge gibt die Tabelle 1.

Tab. 1. Die Anzahl der warmen Hangzonentypen an den Hangstationen von Pavlovské vrchy-Berge und ihr prozentueller Anteil von der gesamten Anzahl von 110 bearbeiteten heiteren und ruhigen Nächten

Station Nr.	II		IX		XIII		XII	
	Anzahl der Fälle	%						
Typ I	51	46,4	47	42,7	41	37,3	29	26,4
Typ II	35	31,8	23	20,9	32	29,1	36	32,7
Typ III	5	4,5	2	1,8	9	8,2	38	34,5
alle Typen	91	82,7	72	65,4	82	74,6	103	93,6

Aus den tabellierten Werten geht hervor, daß auf dem NO-Hang und SO-Hang von Děvín-Berg und auf dem O-Hang von Stolová hora-Berg deutlich die Typen I und II überwiegen, während der Typ III lediglich auf dem W-Hang von Stolová hora-Berg ausgeprägter vertreten ist.

Das erhöhte Auftreten dieses Types auf dem W-Hang von Stolová hora-Berg ist wahrscheinlich durch die Hangsorientierung und durch den beträchtlichen Hangneigungswinkel (16—17°) bedingt. Dank dieser Exposition nimmt die Hangoberfläche in den Nachmittagsstunden wesentlich größere Strahlungsmenge an als andere Hänge, die bodennahe Luft erwärmt sich intensiver und der Mittelabschnitt des W-Hanges von Stolová hora-Berg ist deswegen wärmer als der Bergfuß- und Gipfelabschnitt. Diese Temperaturverteilung kann man bis zum Anfang des Abendkalt-

luftflusses die Hänge entlang erhalten, und sie kann also flüssig in die warme Hangzone übergehen.

Bei der folgenden Analyse der warmen Hangzone habe ich lediglich das Auftreten des warmen Hangzontypen I verarbeitet. Von der Verarbeitung der Typen II und III habe ich einerseits mit Rücksicht auf ziemlich große Veränderlichkeit in der Anzahl der unterbrechenden warmen Hangzonen in einer Nacht (Typ II), andererseits infolge der Unmöglichkeit ihren Anfang oder Schluß zu bestimmen (Typ III), abgesehen.

### 3. DIE ZEITLICHEN CHARAKTERISTIKEN DER WARMEN HANGZONE

Die statistische Verarbeitung der charakteristischen Auftretentermine der warmen Hangzone, d. h. ihres Anfangs und ihres Schlusses, wurde mit Hilfe der Häufigkeitsgruppenverteilung durchgeführt, aus welcher dann die Mittelwerte und die Standardabweichungen gageschätzt wurden. Bei der Zusammensetzung der Häufigkeitstabellen der Anfangs- und Schlußtermine der warmen Hangzone habe ich unter

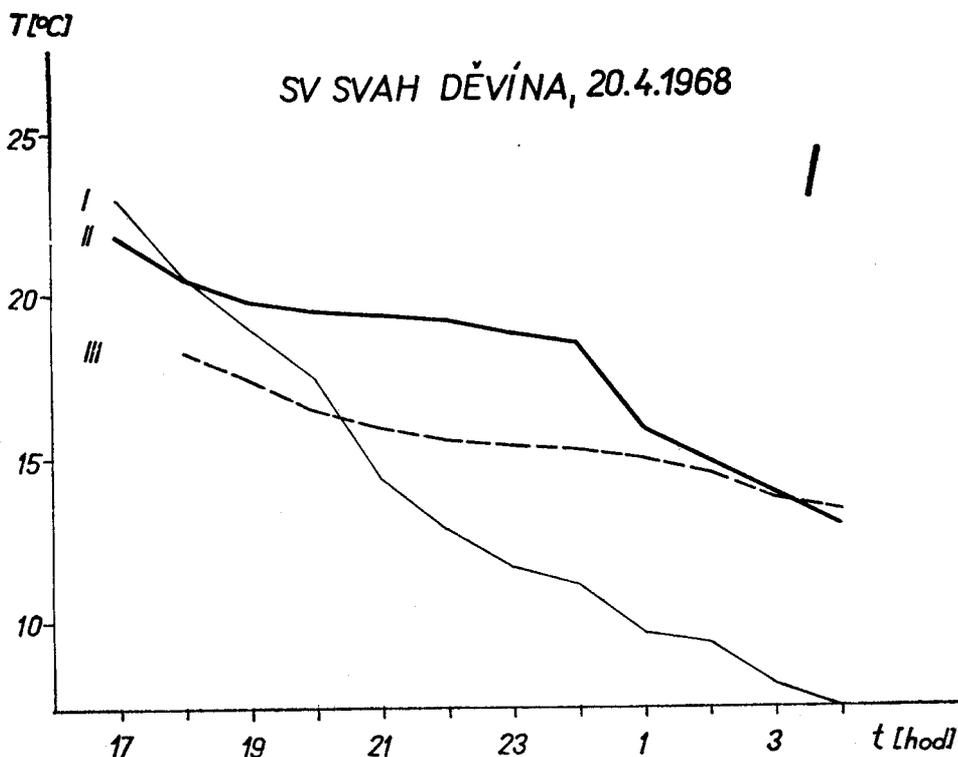
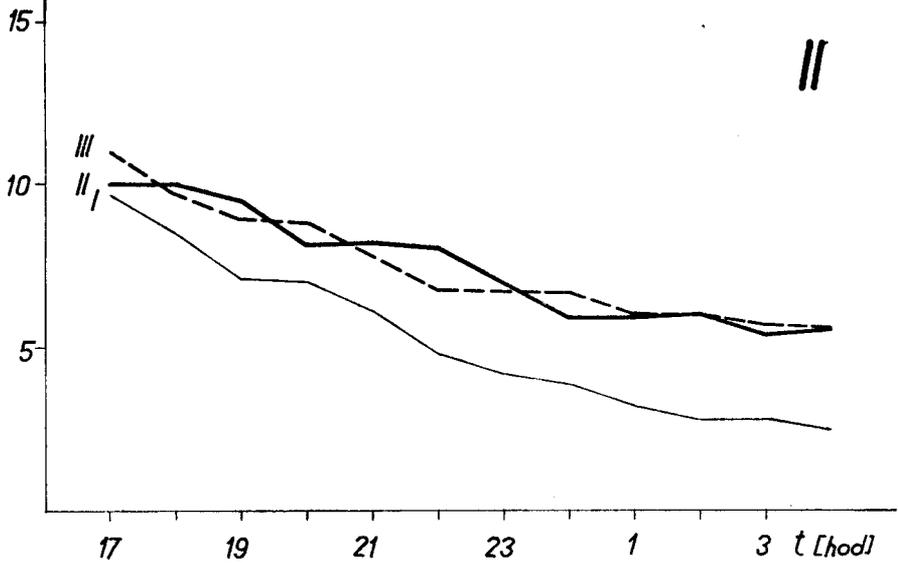


Abb. 6. Drei Haupttypen der warmen Hangzone auf dem NE-Hang von Dėvín-Berg (Die Geländeklimastation Nr. I, II und III). ( $T(^{\circ}\text{C})$  — die Lufttemperatur;  $t(\text{hod})$  — die Zeit).

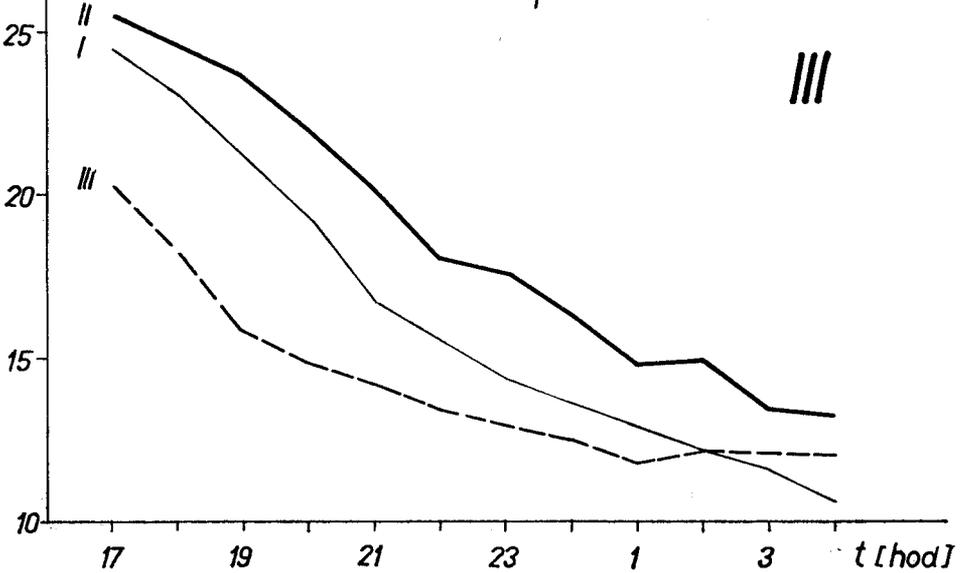
T [°C]

SV SVAH DĚVÍNA, 26.9.1968



T [°C]

SV SVAH DĚVÍNA, 5.6.1968



Berücksichtigung des Unterlagematerials — der Stundenauswertung der Thermographstreifen — die beiden charakteristischen Termine in ganzen Stunden festgestellt. Die statistischen Kollektive beider Termine können wir also als diskrete Kollektive schätzen.

Die Häufigkeitsverteilung der Anfangs- und Schlußtermine der warmen Hangzone führe ich in der Arbeit nicht an. Man kann sie jedoch als sehr unausgeglichene schätzen und mit der Ausnahme der Station Nr. II zeigt sie keine ausgeprägte Konzentration um bestimmten Wert herum. Die Mittel- und Standardabweichungswerte beider Charakteristiken sind in der Tabelle 2 angeführt.

Tab. 2. Die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Anfangstermine ( $\bar{i}_1, s_1$ ) der Schlußtermine ( $\bar{i}_2, s_2$ ) und der Dauer ( $\bar{i}_3, s_3$ ) der warmen Hangzone in der Mitte des NO-Hanges von Dėvín-Berg (Stat. Nr. II), des SO-Hanges von Dėvín-Berg (Stat. Nr. IX), des W-Hanges von Stolová hora-Berg (Stat. Nr. XII) und des O-Hanges von Stolová hora-Berg (Stat. Nr. XIII)— in Stunden und Minuten

Station Nr.	II	IX	XII	XIII
$\bar{i}_1$	19 <sup>35</sup>	20 <sup>28</sup>	21 <sup>02</sup>	20 <sup>32</sup>
$s_1$	02 <sup>06</sup>	02 <sup>25</sup>	02 <sup>53</sup>	01 <sup>57</sup>
$\bar{i}_2$	02 <sup>52</sup>	04 <sup>23</sup>	01 <sup>06</sup>	03 <sup>29</sup>
$s_2$	03 <sup>25</sup>	03 <sup>00</sup>	03 <sup>05</sup>	02 <sup>16</sup>
$\bar{i}_3$	7 <sup>17</sup>	7 <sup>27</sup>	4 <sup>25</sup>	7 <sup>23</sup>
$s_3$	3 <sup>59</sup>	4 <sup>01</sup>	2 <sup>59</sup>	2 <sup>55</sup>

Aus den Mittelwerten der Anfangstermine der warmen Hangzone geht hervor, daß diese Temperaturverteilung am spätesten auf dem zum Westen geneigten Hang entsteht. Hier spielt wahrscheinlich wieder eine Rolle die Hangerwärmung in den Spätnachmittagsstunden, die auch die Verspätung des Kaltluftflusses von den Hängen, an welche auch die warme Hangzone gebunden ist, bedingt. Auf dem zum NO orientierten Hang entsteht die warme Hangzone am frühesten. Die Hangexposition bedingt in diesem Fall keine Einstrahlung in den Spätnachmittagsstunden und dadurch auch das frühere Aufkommen der Nachthangzirkulation. Der Mittelwert des Schlusses der warmen Hangzone zeigt keine Abhängigkeit von der Hangorientierung.

Der Untergang der warmen Hangzone ist offensichtlich an die unregelmäßigen Nachtabkühlungen, die sehr veränderliche Auftretenzeit haben und dadurch auch ihren unregelmäßigen Abschluß bedingen, gebunden.

#### 4. DIE TEMPERATURCHARAKTERISTIKEN DER WARMEN HANGZONE

Von den Temperaturcharakteristiken der warmen Hangzone habe ich mich mit den Werten der Maximaltemperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfustationen und den Hang- und Gipfelstationen beschäftigt. Die höchste Temperaturdifferenzen und die Mittelwerte der Maximaltemperaturdifferenzen sind in der Tabelle 3 angeführt.

Tab. 3. Die Höchst- und Mittelwerte der maximalen Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußstationen und den Hang- und Gipfelstationen bei dem Vorkommen der warmen Hangzone in den Mittelabschnitten der Hänge

	NO-Hang von Děvín-Berg		SO-Hang von Děvín-Berg	
Temperaturdifferenzen zwischen den Stationen Nr.	II—I	II—III	IX—X	IX—III
Höchstwerte der maximalen Temperaturdifferenzen	9,8 °C	8,4 °C	7,7 °C	8,2 °C
Mittelwerte der maximalen Temperaturdifferenzen	3,7 °C	3,4 °C	3,3 °C	3,8 °C
	W-Hang von Stolová hora-Berg		O-Hang von Stolová hora-Berg	
Temperaturdifferenzen zwischen den Station Nr.	XII—XI	XII—VI	XIII—X	XIII—VI
Höchstwerte der maximalen Temperaturdifferenzen	9,2 °C	9,5 °C	7,7 °C	9,1 °C
Mittelwerte der maximalen Temperaturdifferenzen	2,6 °C	3,1 °C	3,5 °C	4,1 °C

Aus den Werten in der Tabelle 3 geht hervor, daß die warme Hangzone im Forschungsgebiet sehr ausgeprägt ist. Die Abhängigkeit der maximalen Temperaturdifferenz zwischen einzelnen Stationen von dem Höhenunterschied der Stationen wurde im Forschungsgebiet nicht festgestellt.

Die kleinsten Mittelwerte der maximalen Temperaturdifferenzen zwischen der Hang- und Bergfußstation und zwischen der Hang- und Gipfelstation kommen auf dem W-Hang von Stolová hora vor, was, wie weiter gezeigt ist, mit der relativ kurzen Dauer der warmen Hangzone auf diesem Hang zusammenhängt (siehe Tab. 2). Mit der Ausnahme des NO-Hanges von Děvín-Berg finden wir auf allen anderen behandelten Hängen größere Mittelwerte der Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Gipfelstationen als zwischen den Hang- und Bergfußstationen. Die größere Temperaturdifferenzen zwischen den Mittelhang- und Gipfelabschnitten sind offenbar an die Kaltluft gebunden, die auf den Gipfelplateaus von Děvín-Berg und Stolová hora-Berg stagniert, und sie erhalten sich bis zum Anfang des Kaltluftflusses von diesen Hangabschnitten. Nach der Kaltluftverlegung aus den Gipfelpartien zu ihrem Bergfuß wachsen die Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußabschnitten und erreichen in dieser Zeit ihren Höchstwert. Im Hinblick auf höhere Temperatur an den Bergfußstationen vor dem Kaltluftfluß überragen jedoch diese Differenzen (mit Ausnahme des NO-Hanges von Stolová hora-Berg) in keinem Fall die Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Gipfelstationen. Die maximalen Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Gipfelstationen müssen dieser Auffassung nach im Durchschnitt früher vorkommen, als die Maximaltemperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußstationen. Diesem Schluß entsprechen auch die Mittelwerte der Maximaltemperaturdifferenzen zwischen den in gleichem

Tab. 4. Die durchschnittliche Zeit der maximalen Temperaturdifferenz zwischen den Hang- und Bergfußstationen und den Hang- und Gipfelstationen (in Stunden und Minuten) in den Nächten mit der warmen Hangzone

Station Nr.	II—I	II—III	IX—X	IX—III
Durchschnittliche Zeit der max. Temperaturdifferenz	05 <sup>16</sup>	03 <sup>14</sup>	02 <sup>14</sup>	23 <sup>34</sup>
Station Nr.	XII—XI	XII—VI	XIII—X	XIII—VI
Durchschnittliche Zeit der max. Temperaturdifferenz	23 <sup>35</sup>	22 <sup>20</sup>	01 <sup>43</sup>	23 <sup>41</sup>

Hangprofil stehenden Hang- und Gipfelstationen und den Hang- und Bergfußstationen in der Tabelle 4.

Bei dem Vergleich von Mittelwerten der Maximaltemperaturdifferenzen zwischen einzelnen Stationen (Tab. 3) mit der durchschnittlichen Dauer der warmen Hangzone (Tab. 2) stellen wir fest, daß die Werte der durchschnittlichen Temperaturdifferenzen einigermaßen mit der durchschnittlichen Dauer der warmen Hangzone zusammenhängen.

Die Beziehungsenge zwischen den maximalen Temperaturdifferenzen und der Dauer der warmen Hangzone bei den angeführten Stationspaaren wurde mit dem Korrelationskoeffizienten ( $r_{xy}$ ) überprüft. Für die Schätzung des Korrelationskoeffizienten habe ich die vereinfachte Formel benützt, die *M. Nosek* (1972, 219, 220) anführt. Die geschätzten Werte des Korrelationskoeffizienten wurden mittels zweier Kriterien bewertet — durch den Korrelationskoeffiziententest (siehe *M. Nosek* 1972, 222, 223) und durch die Bewertung nach *J. Janko* (siehe *M. Nosek*, 1972, 212). Der Korrelationskoeffiziententest wurde bei der Hypothese  $\rho = 0$  (wo  $\rho$  der Korrelationskoeffizient der zugehörigen Grundgesamtheit ist) und mit der Signifikanzzahl  $p = 0,05$  durch das Bestimmen des dem Korrelationskoeffizienten der zugehörigen Grundgesamtheit entsprechenden kritischen Wertes ( $r_p$ ) durchgeführt. Die Korrelationskoeffizientenwerte zwischen den Stationspaaren ( $r_{xy}$ ) mit den kritischen Werten  $r_p$  und mit der Bewertung nach *J. Janko* enthält die Tabelle 5.

Aus den Testergebnissen folgt, daß in allen Fällen die Ungleichheit  $r_{xy} > r_p$  erfüllt ist, was bedeutet: die Hypothese  $\rho = 0$  wird verworfen und die Beziehung zwischen den Variablen halten wir bei der Signifikanzzahl  $p = 0,05$  als erwiesen.

Lediglich bei den Hang- und Gipfelstationen (besonders bei den Stationen Nr. II—III und XIII—VI) soll man die Beziehungsenge zwischen den Variablen als nicht zu eng schätzen. Aus den Werten der Korrelationskoeffizienten geht weiter hervor, daß die Abhängigkeit der maximalen Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußstationen von der Dauer der warmen Hangzone wesentlich enger ist, als im Falle der Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Gipfelstationen. Das hängt offenbar wieder mit der Hangzirkulation zusammen. Wie ich schon angeführt habe, sind die maximalen Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Gipfelstationen an den Zeitraum gebunden, wann die Kaltluft auf den Gipfelplateaus stagniert; sie treten also früher auf als die maximalen Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußstationen. Nach der Verschiebung der Kaltluft zum Bergfuß nehmen die Temperaturdifferenzen zwischen dem Mittel- und Gipfelabschnitt ab,

selbst wenn auch die Temperaturverteilung, die für die warme Hangzone typisch ist, aufbewahrt bleibt. Da die maximalen Temperaturdifferenzen in diesem Hangabschnitt an die Anfangsstunden der warmen Hangzone gebunden sind, kann diese Temperaturverteilung auch trotz verschiedener Dauer der warmen Hangzone durch gleiche Temperaturdifferenz charakteristisch sein, was auch eine wesentliche Beziehungsfreiheit der beiden Charakteristiken der warmen Hangzone bedingt.

Tab. 5. Die Korrelationskoeffizientwerte ( $r_{xy}$ ), die kritischen Werte der Korrelationskoeffizienten ( $r_p$ ) und die Stufe der Beziehungseuge der Dauer der warmen Hangzone zur maximalen Temperaturdifferenz (nach J. Janko) zwischen den Hang- und Bergfuß- und den Hang- und Gipfelstationen

	Hang- und Bergfußstationen			
Station Nr.	II—I	XI—X	XII—XI	XIII—X
$r_{xy}$	0,5600	0,7900	0,5500	0,6500
$r_p$	0,2702	0,2875	0,3689	0,3084
Beziehungseuge	bedeutende Beziehungseuge	hohe Stufe der Beziehungseuge	bedeutende Beziehungseuge	bedeutende Beziehungseuge
	Hang- und Gipfelstationen			
Station Nr.	II—III	IX—III	XII—VI	XIII—VI
$r_{xy}$	0,2800	0,4600	0,4600	0,3900
$r_p$	0,2702	0,2875	0,3689	0,3084
Beziehungseuge	mäßige Stufe der Beziehungseuge			

Durch gleiche Prozesse ist wahrscheinlich auch die Beziehungseuge der Dauer der warmen Hangzone und der maximalen Temperaturdifferenz zwischen den Hang- und Bergfußstationen bedingt. Bis zum Anfang des nächtlichen Kaltluftflusses von den Hängen hängt der Temperaturunterschied zwischen den Mittel- und Bergfußhangabschnitten lediglich von verschiedener Abkühlungsintensität dieser Hangpartien ab, die durch den Charakter der aktiven Oberfläche in der Stationsumgebung und durch die Inversionsbildung in den Niederungen beeinflusst wird. Weitere Abkühlung der Bergfußhangabschnitte ist noch dazu auch durch den Kaltluftfluß von den oberen Hangpartien zum Bergfuß bedingt, was noch zur Vergrößerung der Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußstationen führt. Im oberen Hangabschnitt ist also die Abhängigkeit zwischen den Temperaturdifferenzen und der Dauer der warmen Hangzone enger, was sich auch in höheren Werten der Korrelationskoeffizienten widerspiegelt.

Die Korrelationsabhängigkeit zwischen der Auftretenzeit und dem Wert der maximalen Temperaturdifferenz wurde im Forschungsgebiet nicht festgestellt.

## 5. DIE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Auf Grund der vorigen Analyse der warmen Hangzone kann man feststellen, daß die warme Hangzone im Forschungsgebiet sehr ausgeprägt ist. Ihre Anfangszeit und ihre Dauer hängt von der Hangbestrahlung in den Spätnachmittagsstunden — das heißt von der Hangexposition ab. Aus der Analyse geht hervor, daß das Auftreten der Typen der warmen Hangzone knapp mit der Temperaturverteilung auf den Hängen in den Tagesstunden zusammenhängt und daß ihre Dauer, eventuell ihr Unterbrechen von den unregelmäßigen Nachtabkühlungen abhängt.

Nach der Auftretenzeit der maximalen Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußstationen und den Hang- und Gipfelstationen können wir die Nächte mit der warmen Hangzone in zwei Teile gliedern: in dem ersten bleibt die bodennahe Kaltluft auf den Gipfelplateaus und die maximalen Temperaturdifferenzen kommen zwischen den Hang- und Gipfelstationen vor. In dem zweiten Teil, nach dem Kaltluftfluß von den Gipfelplateaus nach den Niederungen in der Umgebung kommen die maximalen Temperaturdifferenzen zwischen den Hang- und Bergfußstationen vor.

### LITERATURA

- Berg H. (1951): Kleinmeteorologische Messungen im Hohen Venn. Zeit. f. Met., Bd. 5.  
Geiger R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1961.  
Koch H. G. (1961): Die warme Hangzone. Zeit f. Met., Bd. 15.  
Nosek M. (1972): Metody v klimatologii. Academia, Praha 1972.  
Pelzl E. (1957): Geographie — Gelände und Mikroklimatekunde. Lehrbriefe für das Fernstudium der Oberstufenlehrer, Hochschule Potsdam 1957.  
Prošek P. (1972): Nepravidelný průběh nočního ochlazování v západní části Pavlovských vrchů. Sbor. čs. spol. zem., roč. 1972, č. 2, sv. 77.

#### *Texty k obrázkům:*

- Obr. 1. Rozmístění topoklimatických stanic v oblasti Pavlovských vrchů ( $\Delta$  — výškové body;  $\bullet$  XII — topoklimatické stanice).  
Obr. 2.—5. Rozložení minimálních teplot v profilu NE, NW, S a SE svahu Děvína ve vybraných dnech krátkodobých měření ( $T(^{\circ}\text{C})$  — teplota vzduchu;  $z(\text{m})$  — nadmořská výška).  
Obr. 6. Tři základní typy teplé svahové zóny na NE svahu Děvína (stanice č. I, II a III). ( $T(^{\circ}\text{C})$  — teplota vzduchu;  $t(\text{hod})$  — čas).

#### *Примечания к рисункам:*

- Рис. 1. Размещение топоклиматических станций в области Павловских холмов ( $\Delta$  — высотные точки,  $\bullet$  XII — топоклиматические станции).  
Рис. 2. Распределение минимальных температур в профиле СВ, СЗ, Ю и ЮВ склона Девина в избранные дни краткосрочных измерений.  
Рис. 3. Примеры трёх основных типов тёплой зоны склона в области Павловских холмов на СВ склоне Девина (станция № I, II и III). ( $T(^{\circ}\text{C})$  — температура воздуха;  $t(\text{hod.})$  — время).